Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН
Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ)
Департамент промышленности, инноваций и предпринимательства мэрии города Новосибирска
Новосибирский государственный технический университет
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный политехнический университет
Алтайский государственный технический университет
Иркутская государственная сельскохозяйственная академия
ООО «Экодом»
Журнал «Коммунальщик» ("Стройиздат")-информационная поддержка



II Всероссийская научная конференция с международным участием «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий»

24 – 26 марта 2015 г.

Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Новосибирск 2015

УДК 620.97; 691

Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Матер. науч. конф.с международным участием, Новосибирск, 24 – 26 марта 2015 г. – Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН, 2015. – 501 с. докл.

ISBN 978-5-89017-041-5

Электронное издание докладов производилось с авторских листов участников конференции. За возможные ошибки и опечатки издательство ответственности не несет.

ISBN 978-5-89017-041-5

© Институт теплофизики СО РАН, 2015 г.

Содержание

Секция 1. Энергоэффективные малоэтажные здания

- ***Ажичаков Ю.В.***
  Экодом "нулевого потребления"
  Индивидуальный предприниматель, г. Северобайкальск,Республика Бурятия

- ***Зырянов В.В.***
  Полуавтономный энергоэффективный экодом в Каменушке вблизи Академгородка
  Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск
- ***Казанцев П.А.***
  Пассивные солнечные дома (проекты и постройки 2012-2014 гг.)
  Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
- ***Кузнецов В.А., Пшеничников М.В.***
  Создание энергосберегающей, комплексной промысловой усадьбы для отдаленных и труднодоступных территорий
  Охотоведческое подворье, г. Иркутск
- ***Мелех Р.А., Ганжа С.Д.***
  Развитие энергоэффективного строительства в г. Красноярске и его окрестностях
  Новосибирская Архитектурно-художественная академия
- ***Местников А.Е., Кардашевский А.Г.***
  Энергоэффективное малоэтажное строительство в Якутии
  Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Амосова, г. Якутск
- ***Пахомов А.А., Чомчоев А.И.***
  Инновационное благоустройство сельского дома
  Якутский научный центр СО РАН, г. Якутск
- ***Прелов С.А.***

Строительство быстровозводимых жилых и социальных объектов в рамках
концепции «архитектура ноосферы» под брендом «ЛотосДом»
ООО «ЛотосДом», г. Москва

- ***Титов М.М., Комягина М.В.***
  Технология возведения энергоэффективного малобюджетного загородного жилья
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Чигарских В.В.***
  Солнечный дом. Первый опыт
  Индивидуальный предприниматель, г. Новокузнецк
- ***Чунтонов В.С.***
  Экодом – выбор эффективных решений
  ООО Экодом-проект, г. Новосибирск
- ***Шефер Ю.В., Романенко С.В., Кагиров А.Г., Ордобаев Б.С.***
  Технология строительства малоэтажных каркасных зданий с применением монолитного полистиролбетона
  Национальный исследовательский Томский политехнический университет
  Кыргызско-Российский славянский университет,г. Бишкек,Киргизия

Секция 2. Ограждающие конструкции зданий, энерго- и ресурсосбережение

- ***Гныря А.И., Коробков С.В., Мокшин Д.И., Кошин А.А., Терехов В.И.***
  Интегральный теплообмен тандема моделей зданий при малых расстояниях между ними и вариации их расположения
  Томский государственный архитектурно-строительный университет
  Институт теплофизики Сибирского отделения РАН,г. Новосибирск

- ***Гныря А.И., Коробков С.В., Мокшин Д.И., Кошин А.А., Терехов В.И.***
  Ветровое давление в тандеме моделей зданий при их нелинейном расположении
  Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск
  Институт теплофизики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск
- ***Григорьев Д.А., Местников А.Е.***
  Экономичные виды фундаментов для малоэтажного строительства в условиях центральной Якутии
  Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск
- ***Гусакова Н.В., Гусаков А.М., Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Жарова Е.А.***
  Выбор оптимальных организационно-технологических решений при строительстве малоэтажного жилого здания блокированного типа в условиях Сибири
  Томский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Игнатьев В.С., Иванов В.А.***
  Ставни в окнах – современно
  Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск

- ***Козлобродов А.Н., Иванова Е.А., Козлобродов В.А.***
  Численное исследование влияния теплонапряженных элементов на тепловое состояние ограждающих конструкций в малоэтажном домостроении
  Томский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Лебединская А.Р.***
  Энергосберегающие мероприятия в малоэтажном строительстве
  Академия архитектуры и искусств Южного Федерального Университета,г. Ростов на Дону
- ***Солдатов В.П., Сапелин Н.А., Сапелин А.Н., Щетинин П.В.***
  Модуль комплексного физико-технического качества стеновых материалов и ограждающих конструкций
  г. Москва
- ***Стерлягов А.Н., Низовцев М.И.***
  Теплотехнические особенности наружных стен малоэтажных зданий
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Пуговкин А.В., Петрова Н.И., Купреков С.В., Абрамчук С.И.***
  Мониторинг теплового режима отдельных помещений
  Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
- ***Трофимов К.Д., Немова Т.Н.***
  Методика экспресс - обследования помещений с помощью ИК – пирометров
  Томский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Щеклеин С.Е.***
  К проблеме оптимальной тепловой защиты зданий
  Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
- ***Щеклеин С.Е., Велькин В.И., Матвеев А.В.***
  Опыт снижения энергетических затрат в строительстве путем реконструкции здания
  Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Секция 3.Отопление и кондиционирование воздуха

- ***Бородулин В.Ю.,Низовцев М.И.***
  Расчет регенеративного воздушного теплообменника с промежуточным теплоносителем
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

- ***Карелин В.А., Горев В.Н.***
  Определение коэффициентов сопротивления нановолокон в гибридных фильтрах на переходных режимах обтекания
  Новосибирский государственный университет
  АО «ТИОН Инжиниринг».
- ***Ким К.К., Спичкин Г.Л., Колоколов П.Э.***
  К вопросу создания «свежего» воздуха в жилых помещениях
  Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург
- ***Кисляк С.М., Сеначин П.К.***
  Экспресс-метод оценки использования напольного отопления в

малоэтажном строительстве
Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул

- ***Мансуров Р.Ш., Мансуров А.Р.***
  Децентрализованные приточно-вытяжные системы вентиляции
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Низовцев М.И., Бородулин В.Ю., Летушко В.Н.***
  Вентиляция помещений с регенерацией тепла при периодическом изменении направления воздушного потока
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Низовцев М.И., Бородулин В.Ю., Летушко В.Н.***
  Определение тепловых характеристик и энергопотребления электрического теплого пола «греющий кабель»
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Терехов В.И., Кхафаджи Х.К., Горбачев М.В.***
  Возможности методов испарительного охлаждения для применения в системах кондиционирования воздуха
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
  Новосибирский государственный технический университет

Секция 4. Возобновляемые источники энергии

- ***Арсатов А.В., Ощепков М.Ю., Фрид С.Е., Сулейманов М.Ж.***
  Технические решения для массового производства солнечных водонагревательных установок
  ООО «Политермо», г. Москва
  ОИВТ РАН, г. Москва

- ***Ачитаев А.А., Пустовая А.С., Удалов С.Н.***
  Определение потенциала ветровой энергии для ветроустановки, работающей в составе системы электроснабжения автономного дома
  Новосибирский государственный технический университет
- ***Гранин Б.Г., Крауиньш П.Я.***
  Применение геотермальной энергии для малоэтажного строительства в сибирском регионе
  Национальный исследовательский Томский политехнический университет
- ***Джелайни А.Т., Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.***
  Исследование производительности фотоэлектрической установки малой мощности в климатических условиях Екатеринбурга
  Александрийский университет, г. Александрия (Египет)
  Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
- ***Елистратов С.Л., Елистратов Д.С.***
  Особенности разработки теплонасосных установок
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Манусов В.З., Бойко К.Н.***
  Прогнозирование мощности ветроэнергетической установки с учётом климатических факторов
  Новосибирский государственный технический университет

- ***Матюхин М.В., Провоторов Е.Б., Грибов М.А.***
  Ресурсосберегающее отопление и ГВС экодома
  ООО «Дк-Сибирь», г. Новосибирск
- ***Никитин А.А., Крылов В.А., Чурашов О.С.***
  Энергоэфективность теплонасосных систем отопления в коттеджном строительстве
  «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
  механики и оптики» «институт холода и биотехнологий», г. Санкт-Петербург
- ***Савельев Е.Г., Рохлецова Т.Л.***
  Опыт применения солнечной энергии и грунтового аккумулятора в климатических условиях Новосибирской области
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Согоконь А.Б.***
  Перспективы использования солнечных концентраторов для энерго- и жизнеобеспечения малоэтажных домовладений
  НПМП «Syneko», г .Харьков
- ***Фомичев В.К., Церегородцева И.В.***
  Использование оборудования, работающего на возобновляемых источниках энергии (солнце и ветре) в условиях Сибирского региона
  ООО научно-производственная фирма «Энергия»,г. Новосибирск
- ***Фрид С.Е., Артемов В.И., Колобаев М.А.***
  Моделирование и испытания солнечных водонагревателей
  ОИВТ РАН, г. Москва
  МЭИ (ТУ), г. Москва
- ***Цветков Н.А., Кривошеин Ю.О.***
  Автономное теплоснабжение малоэтажных зданий в республике Саха Якутия (п. Жатай) с использованием газовых котлов и энергии солнца
  Томский государственный архитектурно-строительный университет

Секция 5. Проблемы тепло- и энергосбережения

- ***Алексеева Е.Г., Лежнёва Ю.А., Немова Т.Н.***
  Расчёт тепловых потерь с помощью программого пакета «teplorotor-2»
  Томский государственный архитектурно-строительный университет

- ***Будяк Д.В.***
  Электроэнергия из теплоаккумулятора
  г. Москва
- ***Велицко В.В., Прохоров А.И.***
  Автономные энергоустановки на местных видах горючих и возобновляемых источниках энергии, базирующиеся на адаптивном термодинамическом цикле и системе безнагнетательной циркуляции рабочего тела
  ООО «ОЦР Технологии», г. Москва, Российская Инженерная академия, г. Москва
- ***Горбачева Н.В., Смирнов Д.С.***
  Экономическая оценка и технологические параметры отечественной разработки когенерационной установки на базе двигателя с внешним

подводом теплоты
для внедрения децентрализованной системы электро – и теплоснабжения малоэтажного поселка в Сибирских условиях
Сколковский институт науки и технологий, г. Москва

- ***Кисляк С.М., Сеначин П.К.***
  Потенциал энергосбережения на предприятиях молочной промышленности алтайского края
  Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул
- ***Ким К.К., Иванов С.Н., Карпова Н.С., Просолович А.А.***
  Теплогенератор для отопления малоэтажных жилых зданий
  Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург
- ***Козлов И.М.***
  Как повысить эффективность энергоблока или что такое А++
  г. Новосибирск
- ***Мальцев Л.И., Кравченко И.В., Лазарев С.И., Лапин Д.А.***
  Вопросы теплоснабжения поселений
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
  ЗАО « ПРОТЭН – ВУТ», г. Новосибирск
  ОАО «СКЭК», г. Кемерово
- ***Мамонов В.Н., Назаров А.Д., Серов А.Ф.***
  Многоканальный прибор учета и регулирования теплосчетчик-регулятор «тритон-м»: опыт и перспективы
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Никишанин М.С., Пузырев Е.М., Сеначин П.К.***
  Брикетирование местных топлив для систем энергообеспечения в сельской местности
  ООО «Брикетные технологии», г. Барнаул
  ООО «ПроЭнергоМаш-Проект», г. Барнаул
  Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул
- ***Овчинников Ю.В., Бойко Е.Е.***
  Оценка методов сжигания водоугольного топлива – искусственного композиционного жидкого топлива
  Новосибирский государственный технический университет
- ***Щинников П.А., Синельников Д.С.***
  Энергоснабжение малоэтажного строительства в отсутствии инфраструктуры при помощи микро-тэс на базе двс с воздушным охлаждением и когенерацией
  Новосибирский государственный технический университет

Секция 6. Новые технологии и материалы

- ***Аристов Ю. И.***
  Умные адсорбционные технологии для домов будущего
  Институт катализа СО РАН, Новосибирск
  Новосибирский государственный университет

- ***Васильев О.В.***
  Концепция безопасного электричества

ООО «Изобретатель Олег Васильев и партнеры», г. Москва

- ***Гныря А.И., Гаусс К.С.***
  Влияние температурного градиента на физико-механические свойства бетона
  Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск
- ***Махмудов А.А.***
  Неавтоклавный термогазобетон
  ООО «Аль – Зер», г. Москва
- ***Полубояров В.А., Коротаева З.А., Волоскова Е.В., Жданок А.А., Булгаков В.В., Гусев К.П.***
  Жидкое стекло как вяжущее в строительных материалах
  Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск
  Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
- ***Таусенев Е.М., Кох К.В., Глущенко Г.А., Свистула А.Е.***
  Оценка эффективности жидкого теплоизоляционного полимерного покрытия
  Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул
- ***Титов М.М., Борисов И.А.***
  Совершенствование электротермообработки узлов сопряжения сборно-монолитных каркасов зданий
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск
- ***Титов М. М., Шульгин Д.В.***
  Применение пластифицирующих добавок на основе эфиров поликарбоксилатов совместно с тепловой обработкой бетона
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск
- ***Токарев М.М., Грекова А.Д., Гордеева Л.Г., Аристов Ю.И.***
  «Тепло из холода» - новый метод альтернативного энергообеспечения малоэтажного жилья
  Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск
- ***Черепанов К.А., Черепанова В.К.***
  Энергосберегающие технологии на основе использования дисперсного связующего
  Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк, Кемеровская область
  Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
  Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, г. Новосибирск.

<u>Секция 7. Новые подходы в агротехнологиях, экология окружающей среды, утилизация отходов</u>

- ***Егоров О. Б.***
  Современные теплицы
  ООО «ЭПК» г. Омск

- ***Елистратов С.Л., Елистратов Д.С.***

Сравнительная энергетическая и экологическая эффективность теплоисточников малой мощности
Новосибирский государственный технический университет
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

- ***Жуков Б.Д., Шамирзаев В.Т., Жуков А.Б., Краснов А.В.***
  Проблемы и перспективы вторичного использования компонентов очищенного бытового стока
  Новосибирский государственный технический университет
  ООО «Сибирские Водные Технологии», г. Новосибирск
- ***Казаков П.Н.***
  Опыт внедрения экологических подходов в Сибири
  ООО «Энергетическая промышленная компания», г. Омск
- ***Кандыба А. Н.***
  Многопрофильное оборудование для утилизации и переработки фекальных отходов человека, птицы, животных для частного дома, дачи, сто и других малых объектов
  ИП Кандыба А.Н., г. Новосибирск
- ***Любарский С.Е.***
  Семейный экодом как элементарная единица (система низшего уровня) системы территорий устойчивого развития и некоторые технологии его жизнеобеспечения
  Казанский (приволжский) федеральный университет, г. Казань
- ***Назаров А.Д., Серов А.Ф., Тарарин В.Н.***
  Об опыте применения диэлькометрического метода определения степени загрязнения артезианской воды
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Огородников И.А., Огородникова В.И., Степнов А.А.***
  Возрождение планеты земля лесом
  Институт теплофизики СО РАН,г. Новосибирск
  ООО «Экодом», г. Новосибирск
- ***Савватеев И. В.***
  Использование мотоблока для неглубокой обработки почвы без её уплотнения
  Новосибирский государственный педагогический университет
- ***Тен Д. С.***
  Центр экотехнологий крестьянского хозяйства экофермер
  Индивидуальный предприниматель «Крестьянское Хозяйство ЭкоФермер», Алматы
- ***Чумаков А.Н., Велицко В.В.***
  Система автономного функционирования экопоселений с использованием биоотходов
  МЭОО «Зелёный Крест», г. Москва
  ООО «ОЦР Технологии», г. Москва
- ***Шапиро В.А.***
  Промышленные технологии ХБО для освоения земель с экстремальным климатом
  г. Москва

Секция 8. Общие вопросы экологического домостроения и жизнеобеспечения

- ***Велицко В.В.***

Ресурсосберегающая инфраструктура как условие сохранения населённых пунктов в условиях природных катаклизмов и террористических угроз
ООО «ОЦР Технологии», г. Москва

- ***Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Гусакова Н.В., Гусаков А.М., Жарова Е.А.***
  Формирование региональной модели управления процессами повышения
  энергоэффективности малоэтажного жилищного строительства
  Томский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Огородников И.А.***
  Массовое строительство экологического жилья – один из механизмов устойчивого развития населенных пунктов
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Огородников И.А.***
  Глобальные экологические проблемы и жилье
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Огородников И.А.***
  Экодома-учебники для организации массового экологического индивидуального домостроения в России
  Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
- ***Халидуллин О.Х., Нурушев М.Ж.***
  Антропогенное воздействие на климат планеты
  РГП на ПХВ Евразийский национальный университет, г. Астана

Секция 9. Информационное проектирование и моделирование, умный дом

- ***Гришина Н.А., Захаров А.А., Сычева Н.С., Талапов В.В., Тюлюпина Д.В.***
  Опыт использования bim при проектировании экодомов
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

- ***Беленький И.А., Буров И.О.***
  Многопараметрическое семейство одноэтажного цеха
  ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск
- ***Ивановский А.В., Кулаков Д.С., Савватеев А.С., Тюмин М.П.***
  Особенности организации совместной работы при построении комплексной информационной модели здания
  ОАО «Иркутскжелдорпроект», г. Иркутск
  ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск
- ***Козлов И.М.***
  Домашняя автоматизация или еще раз про «умный дом»
  г. Новосибирск
- ***Козлов И.М.***
  Информационная модель коттеджа из блоков несъемной опалубки
  г. Новосибирск
- ***Козлова Т.И.***
  О некоторых особенностях информационного моделирования Зашиверской церкви
  ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск

- ***Оселедец Е.Ю., Беспалов М.С., Петрова Е.А.***
  Применение информационных моделей для расчета теплообмена в промышленных зданиях
  ООО Проектное бюро "Центр Экологических Инициатив", г. Москва.
- ***Куликова С.О.***
  «Интеллектуальные» элементы для информационного моделирования памятников деревянного зодчества
  ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск
- ***Палкин О.А.***
  Сметная документация с применением технологий информационного моделирования
  ООО "ГосСтройСмета-Алтай", г. Барнаул
- ***Панчуков Н.А.***
  О применении пространственных конструкций с сотовой структурой в индивидуальном строительстве
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Талапов В.В.***
  Технология bim – мостик между культурами разных эпох
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
- ***Чжан Гуаньин (Zhang Guanying)***
  Технология bim и памятники архитектуры древнего Китая
  Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

УДК. 69.001.5:697.7:697.329

ЭКОДОМ «НУЛЕВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ»

Ажичаков Ю.В.
Индивидуальный предприниматель, г. Северобайкальск

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Экспериментальный экодом с автономными системами жизнеобеспечения.

Место строительства – экологическое поселение «Келисна», в городе Северобайкальск.

Географические координаты: E 109° 16` 11,00``; N 55° 36` 31,20``

Климат – район строительства (трасса БАМ) приравнивается к районам Крайнего Севера. Среднегодовая температура наружного воздуха – минус 3,2°С. Наличие вечномерзлотных линз в почве. Продолжительность отопительного периода – 260 суток. Градусо-сутки отопительного периода – 7722.

Сейсмичность района строительства – 9 баллов.

Одноэтажное здание с шатровой крышей и световым фонарём при вершине. В плане дом представляет собой 8-ми угольник с пристроями.

Отапливаемая площадь – 96 м^2.

Под домом расположен неотапливаемый цокольный этаж.

Конструкция стен – деревянный каркас с утеплителем. Внутренняя отделка: дерево и гипсокартон, наружная – блок-хаус.

Конструкция окон – двойные деревянные рамы с однокамерными стеклопакетами в каждой раме.

Утепление крыши, стен и пола – арболит + эковата (переработанная макулатура).

Покрытие крыши – мягкая черепица.

Отопление – водяное напольное.

Вентиляция – механическая с рекуператором тепла вытяжного воздуха (в холодный период) и естественная (в тёплый период).

Освещение всех помещений в дневное время – естественное через окна, атриум, световой фонарь и световые трубы.

Форма строительства – самострой. Проектом предусматривается максимальное использование местных материалов.

План, фасады и разрезы экспериментального экодома представлены в Приложении.

КОММУНИКАЦИИ

Экодом «нулевого потребления» предполагает не только «нулевое» тепло- и электропотребление. Дом также имеет «нулевое» потребление воды, и «нулевое» производство отходов.

По этой концепции, строящийся экспериментальный дом будет полностью автономным.

Электроснабжение

Дом подключен к электрической поселковой сети (220 В, 10 кВт) с последующим замещением электричества автономными источниками (солнечные батареи). В доме будут использоваться энергосберегающие бытовые приборы и светодиодное освещение, а также, система автоматического управления.

После окончания строительства дома и начала его эксплуатации, планируется установка солнечных батарей (на поворотных опорах). Избыток получаемой электрической энергии в летнее время будет сбрасываться обратно в поселковую сеть.

Других коммуникаций к дому нет.

Отопление

Дом имеет высокое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций: стен – 11,2; пола – 14,2; шатровой кровли – 18,5 $м^2 \times С°/Вт$. В проекте дома предусмотрено комплексное решение теплосбережения корпуса дома. Форма дома – восьмиугольник с пристроями. Кровля – шатровая без потолочного перекрытия. Показатель компактности дома – 0,89.

Кроме низких тепловых потерь корпуса дома его архитектурный облик предусматривает пассивное солнечное отопление через два окна с юго-восточной и юго-западной стороны, пристроенный с южной стороны атриум и световой фонарь, расположенный на вершине шатровой кровли. С северо-запада и северо-востока пристроены не отапливаемые буферные зоны: входные сени, гараж и хозяйственный тамбур. С запада к дому пристроена терраса. К цокольному этажу с юго-востока, юга и юго-запада пристроен био-вегетарий.

Кроме пассивной солнечной архитектуры в доме предусмотрена и активная солнечная система – водяные солнечные коллекторы ($4 \times 1,9 м^2 = 7,6 м^2$). Для эффективной работы в холодное время года солнечные коллекторы встроены в конструкцию атриума и имеют дополнительное остекление.

В качестве дополнительного (резервного) источника тепла в доме запроектирован котёл-камин с водяной рубашкой.

Отопление дома полностью автономное. Девять месяцев в году в системе отопления и приготовления горячей воды не требуется никакого обслуживания. Только в самый холодный период года (90 дней из 260 дней отопительного периода) требуется топка котла-камина. При этом, максимальное суточное потребление дров (в самую холодную пятидневку – минус 33°С) не будет превышать 20 кг.

Вся тепловая энергия от водяных солнечных коллекторов и котла-камина аккумулируется в тепловом баке-аккумуляторе (объём 5 $м^3$). Отсюда теплоноситель автоматически разносит тепло в бойлер для приготовления горячей воды и (при необходимости) в низкотемпературную систему тёплых водяных полов.

Водоснабжение

Водоснабжение автономное с использованием оборотной технической воды получаемой биологическими и физическими методами очистки «серых» стоков (от умывальника и душа).

Также предусмотрено накопление и использование дождевой воды с крыши.

Питьевая вода привозная (3-6 л/сутки).

Приготовление горячей воды – в бойлере от солнечных коллекторов (7,6 $м^2$) и от бака аккумулятора тепловой энергии.

Канализация и бытовые отходы

Туалет безводный «Clivus Multrum», в котором перерабатываются все органические отходы дома. Образующийся компост используется в качестве органического удобрения на участке и био-вегетарии. Неорганические отходы: стекло, метал, пластик собираются раздельно и вывозятся для переработки и утилизации.

Стоки из кухни очищаются в установке «Сток-1» и используются в дальнейшем для полива сада, огорода и био-вегетария.

Стоки от умывальника, стиральной машины и душа – очищаются в установке «Сток-2», а так же, водными гиацинтами в атриуме до уровня пригодными для сбрасывания в водоёмы рыбохозяйственного назначения. Обеззараженная очищенная вода будет использоваться для горячего и холодного водоснабжения в хозяйственных целях.

Вентиляция

Вентиляция – рекуператор вытяжного воздуха с системой автоматики (в холодный период года) и естественная вентиляция (в тёплый период года).

РАСЧЁТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Расчёт энергопотребления проводился как по Своду Правил и СНиП, так и по авторской программе в Excel согласно климатическим подекадным данным в городе Северобайкальск и солнечной инсоляции в этом районе.

Согласно, укрупнённому расчёту по СП 50.13330.2012 и СНиП 23-02-2003:

- Годовое потребление тепловой энергии на отопление составляет – 9354 МДж (2600 кВт-ч; 2,24 Гкалл).
- Расчётный удельный расход тепловой энергии на отопление здания в сутки – 12,6 кДж/($м^2$·°С·сут) (3,5 Вт/($м^2$·°С·сут)).
- Потребление тепловой энергии на отопление из вне (дрова) в год, – 27 кВт-ч/$м^2$ год. (Пассивный дом – 15÷25 кВт-ч/$м^2$ год).

Согласно, уточнённому расчёту подекадно:

- Максимальная нагрузка на отопление в самую холодную пятидневку (минус 33°С) составляет – 2,18 кВт.
- Годовое потребление тепловой энергии на отопление составляет – 24024 МДж (6676 кВт-ч; 5,74 Гкалл).
- Потребление тепловой энергии на отопление из вне (дрова) в год, – 10 кВт-ч/$м^2$ год. (Пассивный дом – 15÷25 кВт-ч/$м^2$ год).
- Коэффициент замещения используемой солнечной энергии годовой тепловой нагрузки на отопление и горячее водоснабжение составляет – 65%.
- Недостающее тепло компенсируется бытовыми тепловыделениями – 27%
- и дровяным котлом-камином – 8%.

Использование котла-камина будет необходимо только в течение 3-х самых холодных месяца – со второй декады ноября по первую декаду февраля. Со второй декады февраля надобность в дополнительном обогреве камином отпадает – солнечная энергия будет покрывать 100% нагрузки на отопление и горячее водоснабжение.

Результаты уточнённого расчёта приведены в двух диаграммах: «Выработанное тепло и расчётная потребность» и «Процент замещения используемого тепла от расчётной нагрузки». Диаграммы представлены в Приложении.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

Проект находится в стадии реализации. Ниже представлены фотографии, на которых отображены некоторые эпизоды строительства экодома «нулевого потребления».

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА (фрагменты строительства)



Планировка площадки



Конструкция фундамента



Монтаж теплового бака-аккумулятора



Сварка оболочки ёмкости 20 м^3



Бетонирование основания под водяные ёмкости



Монтаж оболочек водяных ёмкостей



Основание цокольного этажа



Монтаж сейсмостоек



Стены цокольного этажа



Гидроизоляция и перекрытие цокольного этажа

УДК. 728.1

СОЛНЕЧНЫЙ ДОМ. ПЕРВЫЙ ОПЫТ

Чигарских В.В.

При строительстве дома с солнечным отоплением было намечено три направления совершенствования его эксплуатационных параметров. Вот что сделано в этих направлениях.

Коллектор воздушный настенный (в дальнейшем коллектор). Выполнение черным изоспаном светоприемной поверхности коллектора выявило полную непригодность этого материала. Он расплавился. Температура внутри коллектора превышает 70°С почти в каждый солнечный день. Это предел измерений применяемых полупроводниковых термометров. Приёмная поверхность, выполненная из ДВП (толщиной 4 мм) и окрашенная термостойкой эмалью, позволила пользоваться коллектором один сезон. Летом было обнаружено коробление ДВП до 50 мм, что привело к почти полному перекрытию рабочего воздушного зазора, тем самым к снижению производительности коллектора. Решено сделать светоприёмную поверхность из оцинкованного железа.

Ограждения. Прозрачное ограждение из поликарбоната толщиной 10 мм на юго-западном коллекторе стоит хорошо третий год. Юго-восточный коллектор, выполненный из 4-х миллиметрового поликарбоната, ежегодно повреждается ветром из-за несовершенства монтажа и крепления листов. Как вариант возможна замена поликарбоната на стекло. Удалось разработать простую раму практически не дающую тень. По рассчитанному объёму крыльчатки вентилятора 2,9 л, измеренной частоте 980 об./мин и разнице 60°С на входе и выходе коллектора, мощность его 3,7 кВт при уличной температуре –17 °С. Площадь одного коллектора 16 кв. м.

Тепловые потери дома, согласно расчету и измерению, составляют Вт/град всех элементов, кроме пола – 21, пола-156. Ясно, что климат в доме зависит от температуры под полом в накопителе. Низкая теплоинерционность каркасного дома проявляется в необходимости небольшого, но постоянного источника тепла. Решено стены, на которых размещены коллекторы, утолщить с 20 см до 30, а северные – до 40 см, потолок довести также до 40 см. Кроме этого, будет выделено помещение для сна площадью 5,5 кв. м, без окон и с одной межкомнатной прозрачной дверью, что позволит ночью отапливать только эту небольшую площадь, с малыми потерями тепла.

Накопитель. Остывание происходит через нижнюю поверхность в грунт (толщина теплоизоляции – 20 см). Накопитель очень полезен, когда дома никого нет, тогда он заметно замедляет охлаждение дома при приближению к нулю. Замерзание накопителя начинается в октябре и заканчивается в декабре. В январе начинается оттаивание. Накопитель является важным элементом солнечного дома и поскольку наблюдается довольно много дней с перегревом, работы по совершенствованию накопителя продолжаются. Сделана водонаполненная стенка длиной 155, толщиной 55 см между спальней и душевой. Эффективность накопителя повышена тем, что он же используется для накопления тепла от печи. Железная печь длиной 125 см окружена кожухом и установлена в западной галерее ниже уровня пола. Воздух подаётся из кожуха в подпольный накопитель. Тепло печи поступает в дом через пол, что очень приятно. Плюс 40 в накопителе обеспечивает +20 в доме при -12 на улице.

Электроснабжение. В прошлую зиму отопление осуществлялось солнцем и электричеством, что означало большие траты последнего. В этом сезоне наличие печи позволило ввести лимит потребления до 900 кВт/час в месяц для двух самых

несолнечных месяцев. Идёт программа вытеснения сетевой электроэнергии. Изготовлены две физические модели солнечной электростанции, получены исходные данные для изготовления третьей модели.

Энергия ветра. В долине, где находится дом, ветер почти всегда одного направления, это решено использовать. Крыша дома будет развёрнута скатом в сторону ветра. Она будет играть роль концентратора ветрового потока, а преобразователи будут размещены на коньке.

Водоснабжение. Собирается вода с крыши и хранится внутри дома, используется для стабилизации температуры и расходуется по мере необходимости, для пищи фильтруется бытовым фильтром. Снег на крыше тает и зимой, поэтому решается проблема сбора талого снега зимой.

УДК 711:577.4.

ЭКОДОМ – ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Чунтонов В.С.
ООО Экодом-проект, г. Новосибирск

Эффективность

Эффективность - характеристика и критерий качества функционирования субъект-объектной системы.

Экономическая эффективность - результат в системе достигается минимальными средствами.

Например, больше выпущенных продуктов за меньшие ресурсы. По иному - продал дороже, чем истратил, получил доход, на который можешь удовлетворить больше потребностей. И т.д., все больше и больше потребностей, и все больше и больше удовлетворяешь - это эффективность рационального эгоизма, логического просчета максимальной финансовой выгоды.

Некоторые другие виды рациональной эффективности:

Коэффициент полезного действия (КПД) - распространенный, количественный показатель эффективности. Это производный случай от "эффективности рационального эгоизма", отнесенный только к объекту, который позволяет получить максимальную выгоду субъекту.

Есть и другая линия эффективного поведения - можно существенно снизить потребности, например, уехав в тайгу, надеть косоворотку и жить весьма скромной, почти первобытной жизнью.

Оптимальность воздействия на среду – субъект, в процессе своего совершенствования, не приносит среде (окружению) дополнительного вреда, не паразитирует на окружении. Очень близкое понятие – «эффективность по Парето» - такое состояние системы, при котором значение каждого частного показателя, характеризующего систему, не может быть улучшено без ухудшения других.

Часть людей начинает подозревать, что у природы все-таки есть механизмы сопротивления человеческому "паразитизму" поэтому появляются «Римский клуб», «ООН-Хабитат», довольно мощное движение «Зеленых» и в целом экологическое движение.

Эффективность поведения в экстремальных ситуациях - противоположность оптимальности воздействия на среду. Среда не всегда благоприятна. Преодоление экстремальной ситуации в этом смысле - способность сопротивляться воздействиям среды, иногда - это агрессивные воздействия, вызовы, бури, ураганы, нападения, войны, в которых надо умудриться выжить. Систему, преодолевающую экстремальные ситуации можно считать эффективной.

Эффективные системы подобного рода связаны с необходимостью проведения упреждающих мер безопасности. Например, пожарной безопасности, санитарно-гигиенической безопасности, антивандальной безопасности, обеспечения надежности конструкций, бесперебойности и надежности работы системы отопления и др.

Проблемная ситуация – разновидность экстремальных ситуаций, связана с пониманием происходящего, выработкой адекватных мер преодоления проблемной ситуации.

На наш взгляд, эффективность - почти синоним гармонии в субъект-объектно-средовой системе.

Выбор

В процессе решения практических задач всегда возникает несколько вариантов концептов, или вариантов отдельных решений, или вариантов пути развития. Это происходит иногда случайно, иногда из-за неоднозначности и неопределенности разных факторов, иногда целенаправленно, для поиска лучшего результата.

Приведу некоторые примеры вариативности концептов и разного выбора пути при решении задач создания экодома: пассивный дом, активный дом, солнечный дом, низкоэнергетический дом, автономный дом, дом с нулевым потреблением энергии, дом с нулевым выбросом углерода, дом из натуральных материалов.

Выбираемое решение, всегда взаимосвязано с конкретной личностью или группой людей, которые заинтересованы в решении проблемы или задачи, берут на себя ответственность за принятые решения или выбранный путь.

Чаще всего, выбор основывается на опыте и знаниях эксперта, на экспертных оценках, на обосновывающих решение рассуждениях и умозаключениях (логических построениях), а также расчетов разного рода.

Экодом не должен быть «ноевым ковчегом» для энергетических систем

Очень распространенный способ создания концепций и выбора решений для экодома – свалить все в кучу. В одном «флаконе» и пассивный дом, и активный дом, и солнечный дом, и низкоэнергетический дом, и автономный дом, и дом с нулевым потреблением энергии, и дом с нулевым выбросом углерода, и дом из натуральных материалов. Боюсь что это не самый лучший метод.

С инженерной точки зрения, сваливается в кучу весь «джентльменский набор» инженерных систем - солнечные фотоэлектрические панели, ветрогенераторы, солнечные водяные коллекторы, тепловые насосы, рекуператоры, бойлеры, аккумуляторы, и т.п.

Множественность энергетических систем существенно повышает стоимость всей энергетической системы экодома. Такие инженерные системы становятся неподъемными для населения среднего класса, а для богатых «энергетический Ноев ковчег» превращается в дорогую игрушку.

Сочетание традиций и инноваций

На мой взгляд, один из путей выбора решений – это сверка или увязка, или встраивание, надстраивание, или сопоставление инновационных решений с традиционными решениями.

Правда есть проблема разрыва традиций. В Советском союзе частная собственность была, как известно не в почете. Начиная с 20-х годов 20 века, эволюция индивидуального частного дома практически остановилась. В 21 веке, уже в России, частная собственность была восстановлена. Индивидуальные частные дома стали строить, но путем переноса решений квартиры многоэтажного жилого дома. Получался коттедж-квартира только в 3–5 раз больше чем квартира в многоэтажке.

При создании экодома стоит развивать, именно развивать, а не только учитывать решения, принятые в традиционном жилище. Некоторые направления такого развития:

- «Изба-сени-клеть», или, сочетание теплых, промежуточных и хозяйственных помещений.
- «Изба-горница», или, сочетание отапливаемых и не-отапливаемых помещений, летних и зимних помещений, холодных – теплых – промежуточных устроиств или сооружений.

- «Изба - клеть (подклет, чулан)», или, сочетание жилых и хозяйственных помещений с разной функциональной нагрузкой.
- «Ледник, погреб». Использование зимнего холода летом, использование тепла земли.
- «4 – 5 – 6 стенок» дифференциация стен по их назначению.
- «Окно – красное окно – волоконное окно». Проемы в стене разного назначения.
- «Ставни» и введение дневного – ночного режима их функционирования.
- «Печь» как климатическая система.
- «Завалинка» – и использование снега для утепления фундамента и цоколя, а возможно и для утепления кровли.

Таблица 1. Сравнение ресурсной базы строительства экодома в России и Германии

	Ед измерения	Россия	*Германия*
Стоимость газа	руб/евро	5	*33,9/0,97*
Стоимость электроэнергии	руб/евро	2-4	*11/0,24*
Стоимость холодной воды	руб/евро	10-14	*90/2*
Стоимость бензина	руб/евро	30	*68/1,3-1,5*
Стоимость участка с коммуникациями	т руб/сотка	50 - 100	*315-675*
	т евро/сотка		*7-15*
Средняя зарплата	руб/евро	26000	*108000/2400*
Количество природного газа доступного на среднюю зарплату	м3	5252	*3188*
Толщина утеплителя и стоимость м2 утеплителя при нормируемом значении сопротивления теплопередаче, R_req = 3.71 м²·°С/Вт. (Новосибирск) и R_req = 2.332 м²·°С/Вт (допущение для Германии или средне-европейских стран)	мм/руб	149/626	*91/360*
Количество м2 утеплителя с эквивалентным приведенным сопротивлением теплопередаче доступного на среднюю зарплату	*мм/м2*	*149/41*	*91/300*

Данные – на лето 2014 года, приведены к рублю, евро принят = 45 руб

Выводы

В России можно купить газа на среднюю зарплату в 1,5 раза больше чем в Германии на их среднюю зарплату, а минераловатной плиты Роквул в 6 раз меньше.

Получается, что в Германии экономят дорогой ресурс за счет дешевого, а в России пытаются экономить дешевый ресурс (газ, тепло) за счет дорогого ресурса (минплита).

Высокая цена минераловатной плиты в России – следствие неразвитости промышленного производства, или аппетита бизнесменов, или особенностей налоговой системы и бизнес среды в целом.

Если к дому подведен газ, то тщательные мероприятия по энергоэффективности не особо нужны.

Пределы роста цены газа в России – примерно половина цены в Германии (Европе). Примерно 15 – 16 р/м3.

Многие решения принятые в иных условиях, например в Германии неприемлемы для создания экодома в Сибири и в большинстве районов России.

Печь как исходный пункт эволюции энергетической системы частного дома



Рис 1. Система энергообеспечения индивидуального частного дома.

Краткое описание энергетической системы по схеме (рис.1). В основе системы печь – самая надежное и безотказное изобретение, обеспечивающее безопасность практически в любых условиях.

Недостатки периодической системы отопления нивелируются тем, что используется пиролизный принцип сгорания топлива. Повышается КПД извлечения энергии в процессе сгорания. Дрова закладываются один раз в день. Пепел собирается один раз в несколько дней или даже один раз в неделю. Выравнивание использования тепла достигается введением емкостных водяных аккумуляторов, они же выполняют функцию гибкого регулирования температуры в помещениях.

Потребителем аккумулированного тепла является низкотемпературная поверхностная система отопления в виде теплого пола, перегородок, плинтусов, подоконников.

Другим потребителем тепла является подсистема подготовки горячей воды, например, в виде бойлера от аккумулятора тепла, возможно, с дополнительным подогревом.

Подсистема выработки электричества (двигатель внешнего сгорания – электрогенератор - электроаккумулятор – потребители электричества).

Естественно протекание всех процессов в энергосистеме должны быть автоматизированы. Должны быть установлены обратные и перекрестные связи в системе.

Один из вариантов подобной энергетической системы приведен ниже (рис.2.)

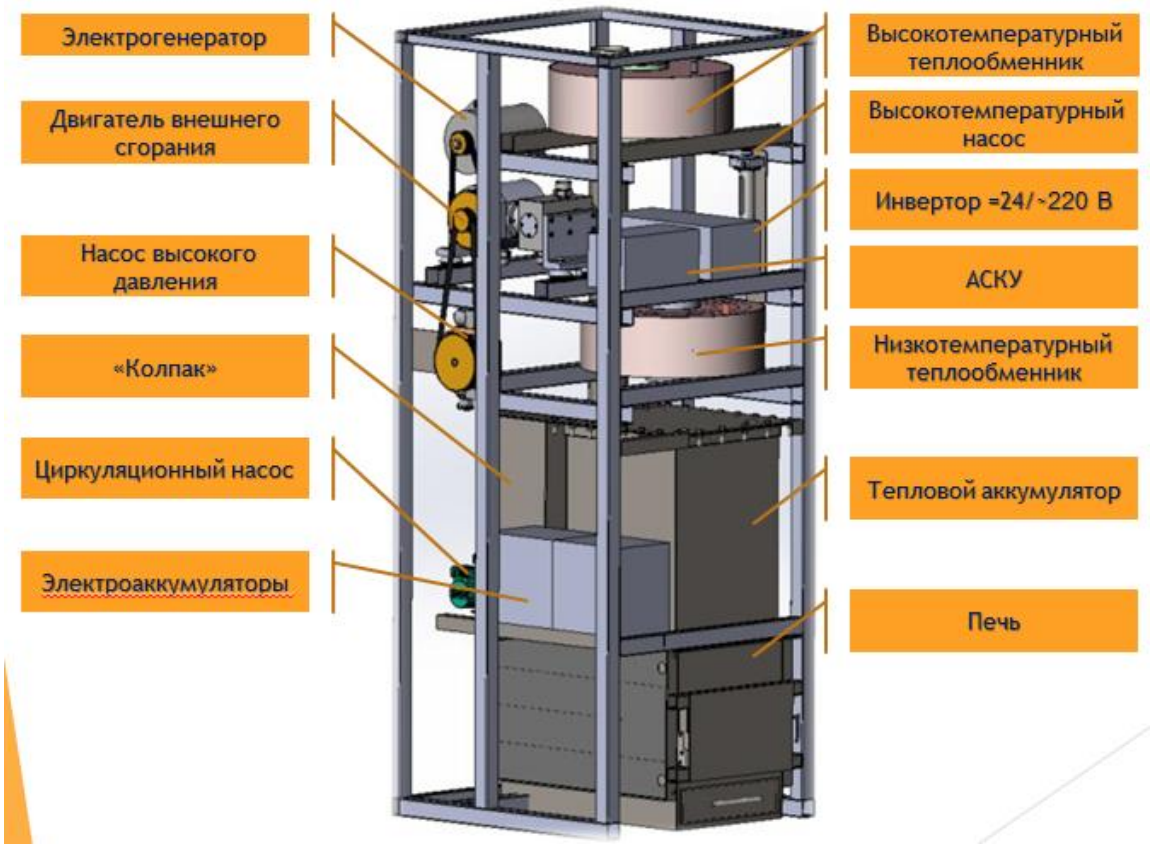


Рис. 2. Система индивидуального теплоэлектроснабжения. Разработка Бурдин Сергей Германович (г. Чистополь).

Вентиляция

В домах с традиционной печью вентиляция осуществляется за счет поступления воздуха через неплотности. Воздух используется в процессе сгорания топлива и выбрасывается через дымоход наружу.

Удовлетворительного решения вентиляции интегрированного с печью и дымовой трубой я не обнаружил, но такую задачку можно попытаться решить. Для увеличения сложности задачи можно в условия задачи добавить необходимость или возможность рекуперации тепла удаляемого воздуха, естественно, если у такой задачи обнаружатся, хоть какие-нибудь решения.

Если интегрировать функцию рекуперации в общую энергетическую систему не удастся, то стоит применить децентрализованную систему вентиляции с рекуперацией тепла удаляемого воздуха реверсивного типа.

Ставни

Еще одно, незаслуженно забытое, простое решение повышения энергоэффективности частного дома. Как известно окна, особенно ночью с точки зрения теплопотерь являются слабым местом.

Совершенствование окон идет в сторону таких решений, которые существенно увеличивают стоимость окна. Для бизнеса и бизнесменов – это обстоятельство может

приносить доход, тем более, что большая часть окон выпускается для городских многоэтажек. А вот для жителя индивидуального дома увеличение сложности окна и особенно его стоимости не всегда благо. Особенно если в городской квартире их было 2, 3, 4 окна, а в частном доме их оказалось около 20 штук, а если еще архитектор – любитель стекла, «порезвился».

Традиционно и очень просто эта проблема решалась при помощи ставень. Правда современному жителю не хочется каждый день возиться с открыванием и закрыванием ставень, тем более, что в многоэтажном доме ставень нет и нет привычки. А ведь в частном доме, в большой мере, репродуцируется именно городская квартира.

Одно из простых решений «открывания-закрывания» ставень - сезонные ставни либо ставни периодического действия на время температурных экстремумов, как в периоды охлаждения, так и в периоды перегрева. В этом случае окна перекрываются, например, наполовину или на треть, с возможностью перекрыть всю площадь окон, но уже исходя из защитно-охранной функции.

Ставни в разы поднимают приведенное сопротивление теплопередачи оконной системы.

Стена (ограждения)

Традиционно считается главной частью дома. Иногда входит в название дома (то есть является метаконцептом) – четырехстенок, пятистенок, шестистенок. Такая метаконцептуальная ориентация приводит к тому, что домостроители и самостроевцы мало обращают внимание на перекрытия.

Например, в маленьком одноэтажном доме 6х6 площадь перекрытий 72 м2, а площадь стен включая окна – 60 м2. Другой пример – в одноэтажном доме 10х10 площадь перекрытий 200 м2, а площадь стен включая окна 120 м2.

Если учитывать, что теплопотери через перекрытия в полтора раза больше чем через стены, то такой сдвиг внимания на стены вреден. Причем в головах самостроевцев, такой сдвиг внимания до сих пор действует.

Некоторые варианты решения стены экодома могут быть следующими.
Внутренняя часть ограждений (стен, перекрытий), а также перегородки должны выполнять аккумулирующую функцию, обеспечивает стабильность тепловой среды помещений, и фазовый сдвиг теплового излучения стены на ночь.

Внутренняя часть ограждений стены, перекрытие, пол превращаются в поверхностную (лучистую) систему распределения тепла в помещениях. Ограждения превращаются в теплый пол, теплая стена, теплая перегородка, теплый плинтус, теплый подоконник. Естественно в соответствии с необходимыми расчетами.

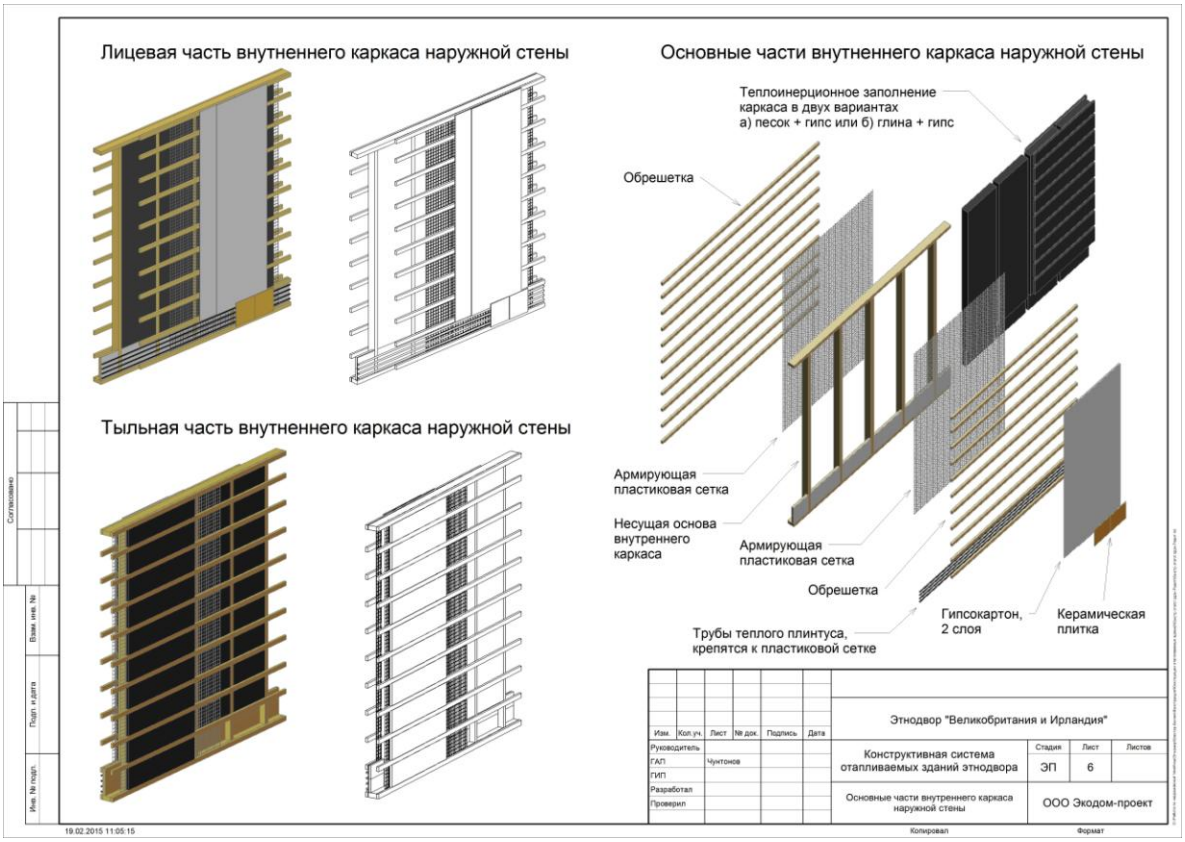


Рис. 3. Вариант устройства внутренней части наружной стены с теплым плинтусом.

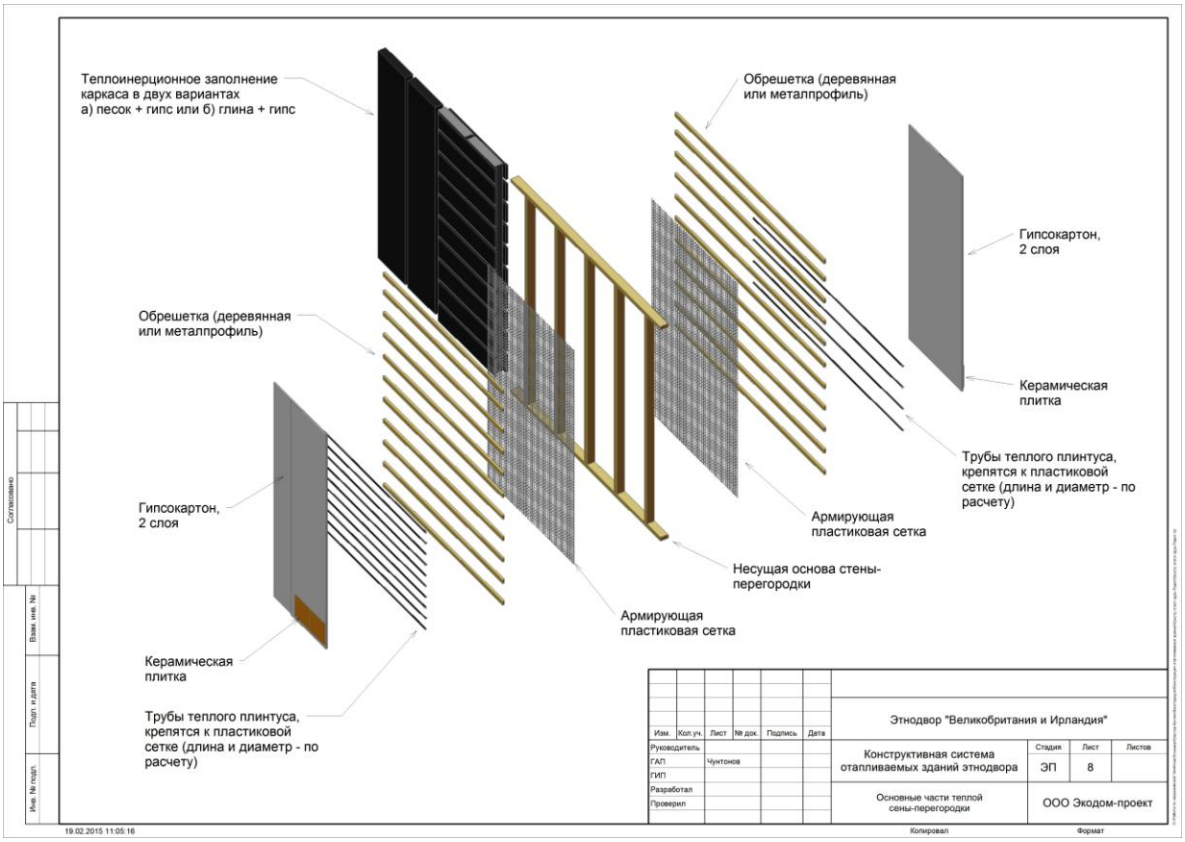


Рис. 4. Вариант устройства теплой перегородки.

Другое решение - интеграция в южную или юго-западную стену солнечного воздушного коллектора. Форточки окон, интегрированных со стеной и солнечным коллектором, могут являться входом и выходом циркулирующего воздуха. Южная стена в этом случае практически глухая – это позволяет «поймать» весеннее солнечное тепло и не пропустить, тепло из дома ночью или в непогоду, когда нет солнца. Стоимость такой стены мало отличается от обычной, так как стекло солнечного воздушного коллектора выполняет одновременно функцию наружной облицовки. Кроме того работает на образ экодома выполняя знаковую функцию.

Доступные строительные материалы

Традиционно большая часть населения строила свои дома из доступных материалов. Сруб из бревен. Мазанка из жердей и глины. Саманный дом из глины и соломы. Дом из сырцового кирпича из высушенной глины.

Ныне многие ранее доступные материалы превращаются в малодоступные или вовсе недоступные. Например, стена из бруса в 2 раза дороже стены из пенобетона, а из клееного бруса в 6 - 7 раз дороже.

Кардинальное решение проблемы – создание энергетически малозатратных строительных материалов, например, путем снижения температуры обжига, снижения температуры пропаривания и т.п. создание материалов на основе водостойких гипсов и др.

Расширение использования конструктивно эффективных материалов, например, пластиковые армирующие сетки, полипропиленовая ткань, стеклопластиковая арматура и т.п.

Пока прорыва в создании доступных строительных материалов не наблюдается, поэтому стоит минимизировать использование энергозатратных строительных материалов, как то цемент, кирпич, металл и т.п.

Использование дерева как биопозитивного материала можно рекомендовать в сокращенных количествах только с внутренней части стены, которая непосредственно соприкасается с человеком.

В современное время не обойтись без эффективных теплоизоляционных материалов, минеральной ваты, плит. Желательно чтобы теплоизоляция была с минимальным включением химически вредных материалов - формальдегид, стирол, толуол, ацетон, ксилол, фенол, бензол, диоксин и т.п. Лучше, когда при изготовлении минеральных плит используются органические связующие, а еще лучше если плиты изготовлены из органического сырья, например, из льна и на органическом связующем.

Из доступных материалов остаются только инертные материалы песок, щебень, бутовый камень, глина. Необходимы эффективные решения, расширяющие использование инертных материалов при строительстве частных домов.

Отдельно надо обратить внимание на использование доступных и вместе с тем биопозитивных материалов, таких как соломенные блоки, геокар и другие подобные материалы. Единственное препятствие для их широкого распространения – психологическая инерция, а также отсутствие или малое присутствие достойных образцов для снятия этой инерции.

Строительные конструкции

Традиционные конструктивные систем, чаще всего, однослойны и однородны по материалу.

В нынешних условиях создание таких стен (ограждений) проблематично. Однородный материал стен, в этом случае, должен обладать весьма противоречивыми свойствами. Такой материал должен быть прочным, легким, с достаточно низким

коэффициентом теплопроводности (менее 0,1 Вт/ (м °С), к тому же достаточно дешевым. В настоящее время нет такого материала для однородных стеновых конструкций.

В настоящее время конструктивные задачи решаются на основе многослойных, неоднородных конструктивных систем, которые тоже связаны с множеством проблем.

Много ошибок самодеятельные строители допускают по фундаментам. Руководствуются разными мыслями, например, «Для себя же строю…!» и делают фундамент как на пятиэтажный, многоквартирный дом вбухав полмиллиона рублей вместо того чтобы сделать геологию за 30 тр.

Строительные технологии

Традиционно дом строился «всем миром», реально конечно не всем, чаще всего помогали строиться родственники. В нынешнее время семьи обособляются, связи между родственниками не столь сильны, образ жизни у родственных семей может быть существенно разным.

Я пытаюсь разрабатывать технологии, в которых задействованы 1 – 2 человека, прежде всего – это мелкосборные, преимущественно «сухие», без применения, либо с минимальным применением, тяжелой техники.

Другое решение - малые технологические установки, доготавливающие строительный материал на месте. А еще лучше, если строительный материал будет не доготавливаться, а изготавливаться на месте, например, из супеси или суглинка. Такие технологии рассчитаны на разовое строительство с последующей перепродажей технологических установок, либо такая технология рассчитана на небольшую строительную фирму (бригаду) из 4 -6 человек.

Естественно массовое строительство невозможно без индустриальных технологий. Только с индустриализацией опять проблема. Вся нынешняя строительная индустрия, та часть, которая еще не развалилась, рассчитана на строительство многоквартирных, многоэтажных домов.

Ресурсное взаимодействие со средой

Водоснабжение. На индивидуальном участке решается сложно, лучше решать на уровне поселения. Автономное водоснабжение, индивидуальная очистка, аккумулирование воды эффективны только в безвыходном положении, когда невозможно организовать коллективное водоснабжение или когда плотность населения весьма низка.

Задачи очистка стоков на индивидуальном участке в основном решены. Более совершенные решения могут включать задачи по дифференциации очистки сточных вод, например, фекальные, серые с ПАВ и просто серые. Получается, что надо три очистных сооружения или совмещать три процесса в одном сооружении.

Переработку отходов (мусора) в индивидуальном доме и участке можно организовать проще, чем переработку отходов в городе. Это конечно требует некоторой смены образа жизни. Введения правил первичной сортировки. Биоотходы (пищевые), перерабатываются по своему. Остальной мусор можно делить на сжигаемый и не сжигаемый, к последнему относятся – в основном стекло, метал, которых гораздо меньше.

«Отходы», производимые самим «участком», срезанная трава, опавшая листва, ветки естественно должны вернуться назад в землю.

Особая группа задач - воспроизводство почвенных биоценозов участка сопряженная с аграрной деятельностью на участке. Комплексно эта группа задач практически не решалась.

Идентификация

Часто именно это явление называют «архитектурой». Довольно сложная задача. На «весах выбора» может перевесить все предыдущие задачи вместе взятые.

Образ экодома еще не сложился. Мотивы и визуальные образы берутся из других систем аутентичности (индивидуализации, авторизации) или систем идентификации.

Ниже приведены два примера архетипической идентификации русского народа. Возможно, что экодом с точки построения образа должен развиваться в схожем направлении. Естественно исходя из современных реалий.



Рис. 5



Рис 6

Источники данных для таблицы

1. http://ria.ru/infografika/20140623/1012888235.html#ixzz35X8SbSva
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD_%D0%BF%D0%BE_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%B5
3. http://www.bausep.de/Dach/Dachdaemmung/Zwischensparrendaemmung/Steinwolle-Glaswolle/
4. http://venti-batts.ru/polnyy-prays-list/
5. http://www.termobalt.com/prays-list
6. http://germany.myftp.org/

УДК. 728.1

ПАССИВНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ДОМА (ПРОЕКТЫ И ПОСТРОЙКИ 2012–2014 гг.)

Казанцев П.А.
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

В 2012-2014 годах в южном Приморье автором доклада совместно с архитекторами Екатериной Мовчан и Анной Ляшко, конструктором Алексеем Казориным, инженером Ириной Казанцевой были спроектированы 4 индивидуальных жилых дома с пассивным и активным солнечным отоплением. Первый из них, общей площадью более 600 квадратных метров, довольно далек от категории жилого экодома эконом класса (рис.1). Стоит лишь отметить, что значительные площади и разнообразие состава жилых и подсобных помещений позволили сформировать объемную композицию дома в виде «ветрозащитного» трилистника. Участок расположен в горловине перевала между бухтой Славянка и заливом Петра Великого, и один из трех сформированных объемом дома дворов всегда будет закрыт от штормового ветра СЗ или В-ЮВ направления.



Рис.1. Индивидуальный жилой дом в пгт. Славянка, проект, вид с юго-востока.

Индивидуальные жилые дома Solar-G3 (пос. Золотая долина, рис. 4,5,6), Solar-Fs (Владивосток, пригород, рис. 7,8,9) и соломенный экодом Solar-Sb (пос. Вольно-Надеждинское, рис. 10,11,12) значительно меньше по площади, хотя их также сложно отнести к категории экономного домостроения. Но, анализ данных проектов может быть показательным для оценки возможностей реализации идей пассивной солнечной архитектуры в жестких рамках заданий частного застройщика и в условиях ограниченности региональной базы строительных материалов.

В целом, опыт работы с заказчиками показывает, что солнечное эко-домостроение в Приморье остается уделом состоятельного застройщика. Застройщики с ограниченными финансовыми возможностями в первую очередь пытаются экономить на проектных работах. А предлагаемые для этой категории заказчиков проекты

солнечных домов повторного применения, как правило, заказчика не устраивают в силу контрастного различия требований каждого из них к составу и площади помещений и стереотипов эстетических вкусов потребителей (рис.2) [1]. Тем не менее, даже государственные бюджетные застройщики уже оценили выгоду использования активных солнечных систем в условиях Приморья. В докладах на совещании «Применение энергосберегающих технологий на территории Приморского края» [2], были озвучены цифры окупаемости эксплуатируемых солнечных систем горячего водоснабжения и отопления малоэтажных служебных зданий: от 1,5 лет (в отдаленных таежных районах) до 8 лет (Владивосток, Уссурийск, Находка).



Рис.2. Проект социального индивидуального жилого солнечного дома повторного применения на семью из 4 человек – «Экодом Solar-S». Общая площадь 75 кв.м., доля пассивного солнечного отопления в условиях юга Приморья – до 35 - 40%. Проектная компания М-Арк, Павел Казанцев, Елена Кялунзига, 2010 г.

Отличительная черта пассивной солнечной архитектуры – зависимость архитектурной формы зданий от направления и интенсивности действия векторных климатических факторов. В условиях муссонного климата южного Приморья, для которого характерен необычный для России контраст сторон горизонта (рис. 3.), этот фактор становится ведущим в формообразовании пассивных солнечных зданий и ландшафтном дизайне прилегающей территории [3],[4].

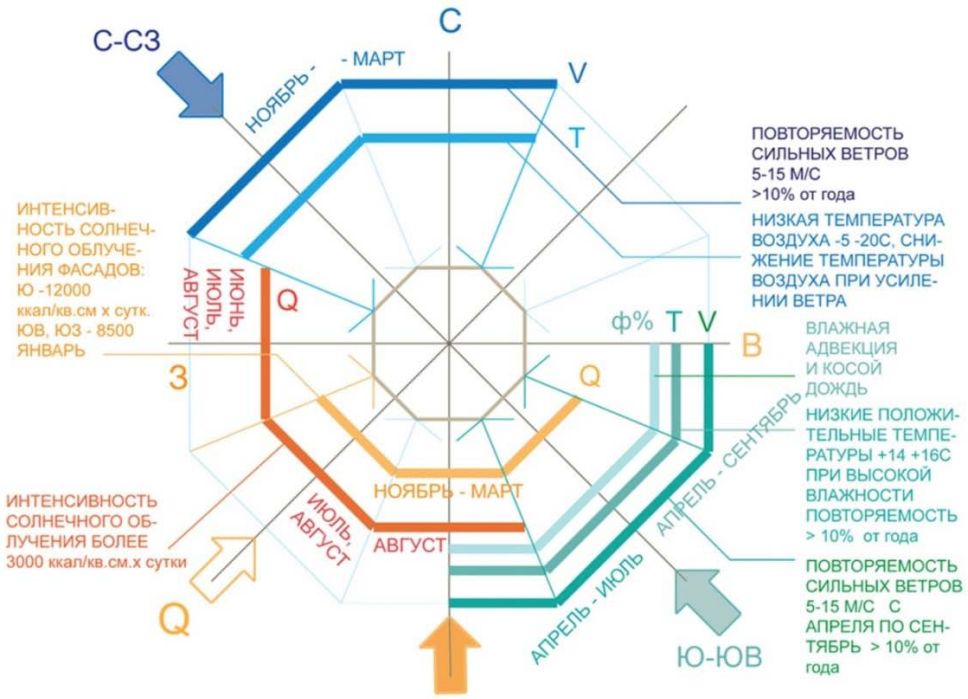


Рис. 3. Оценка круга горизонта по воздействию основных климатических факторов на здания в условиях юга Приморья.

Учет зимнего ветрового режима. Участок индивидуального жилого дома Solar-G3 (рис. 4,5,6) вытянут вдоль меридиана и занимает пологий склон северной ориентации. Дом привязан в северной половине участка в линии застройки, формирующей улицу поселка. Выстраивая подковообразную форму дома в плане и зубчатый край карниза кровли, автор стремился поддержать сложившуюся застройку вдоль улицы и одновременно довернуть нормаль фасада и северного ската кровли к направлению северо-северо-западного муссона. «Разрыв» линии северного фасада позволил частично спрятать от ветра крыльцо главного входа со стороны улицы. За счет большого выноса козырьков скат совмещенной кровли мансарды сдвинут к земле, для придания зданию обтекаемой формы, так что с севера дом выглядит практически одноэтажным.

В проекте дома Solar-Fs (рис. 7,8,9) северная граница участка, проходящая по водоразделу вершины 157.0 м., развернута перпендикулярно к направлению зимнего муссона, а на проезд выходит его западная сторона. Поэтому автор использовал традиционный прием прямой глухой стены – «ветролома», с выносом торцов стены за линии западного и восточного фасадов, и размещением в линию за стеной подсобных и технических помещений в качестве буфера. Вынос карниза меньше, чем в предыдущем проекте, с учетом его взаимодействия с глухой изгородью участка с севера. Крыльцо и главный вход укрыты от ветра торцом стены и встроенным гаражом.

На участке соломенного экодома Solar-Sb (рис. 10,11,12) сильный зимний ветер, огибая водораздел, принимает практически западное направление. Для максимальной инсоляции фасадов зимой дом также пришлось вытянуть в широтном направлении, вдоль ветра. Поэтому основную ветрозащиту должна обеспечить посадка полосы из хвойных пород деревьев вдоль западной границы участка (расстояние от дома до изгороди – 1,5 высоты здания). Недостаток решения - устойчивый ветрозащитный эффект на уровне пешехода после посадки 7-летних саженцев кедра корейского будет получен примерно через 10-15 лет. Отчасти он может быть

компенсирован ажурными экранами, встроенными в архитектуру «аркады» западного фасада.

Учет инсоляционного режима. Практически вся площадь южного приватного фасада индивидуального жилого дома Solar-G3 занята раскрытым на участок витражем (селективный двухкамерный стеклопакет). В сочетании с витражем использованы термальные массивы типа “Directgain/concentratedmass” и “Directgain/distributedmass” [5]. Учитывая сложную конфигурацию кровли автор предпочел солнечные коллекторы балконного типа, хотя количество выпадающих зимой осадков невелико – 10-25 мм.

Балкон, разрезающий фасад с юго-запада, защищает витраж от солнца в наиболее жаркие послеполуденные часы (перегрев в июле и августе). Западный фасад, испытывающий больший перегрев летом (июнь, июль, август), практически лишен витражей: небольшие окна устроены в гараже и на лестнице. В этом и других проектах для наружной солнцезащиты витражей, раскрытых на юг (перегрев в августе) и юго-запад, рекомендованы однолетние лианы, формирующие сплошные горизонтальные зеленые экраны к первым дням июля, как раз к началу сезона летнего перегрева.

Неблагоприятная по условиям инсоляции ориентация участка индивидуального жилого дома Solar-Fs, нормаль к южной границе смотрит на юго-восток, южная сторона – «угловая», была решена диагональной, ступенчатой срезкой объема здания. Углы-эркеры комнат раскрыты на юг, и отданы под размещение термальных массивов, близких по своей архитектуре стене Тромба-Мишеля. Центральное ядро дома, с печью Кузнецова и воздуховодами рекуперационного типа, обеспечивает дополнительную тепловую инертность здания (кирпич глиняный обыкновенный, штукатурка, 45 куб.м.). Размещение вакуумных трубчатых коллекторов на земле, в парапете южной террасы, учитывает резкое падение отметок участка от дома к югу – соседний участок расположен под крутым откосом, ниже на 8 – 10 метров.

В проекте экодома Solar-Sb реализована классическая схема солнечного дома. Центральный двусветный атриум с термальными массивами (пол и печь Кузнецова), обеспечивающий накопление и распределение солнечного тепла в выходящие в атриум жилые помещения, раскрыт на юг. С севера за глухим, лишенным проемов, фасадом размещены буферные пространства – прихожая, лестничная клетка, кладовка, техническое помещение и ванные комнаты. Летняя аэрация решена мансардными окнами атриума (выходят на север и юг), дополнительно – торцевыми витражами мансарды (запад и восток). Углы наклона южного ската кровли приняты с учетом размещения активных солнечных систем – вакуумных трубчатых коллекторов (60°, венчающая кровлю «корона») и фотопанелей (45°).

Учет летнего ветрового режима. Наиболее дискомфортен по летнему ветровому режиму участок жилого дома Solar-Fs. Из-за резкого падения отметок рельефа на юг и юго-восток, на участке практически невозможно расположить ветрозащитные посадки лиственных деревьев. Поэтому в архитектуру дома включена большая терраса над гаражем с запада, полностью накрытая кровлей. Ступенчатый фасад и кровля должны закрыть террасу от сырого летнего ветра и косых дождей (повторяемость погоды с дождем, в сочетании с ветром, за лето во Владивостоке 65-67 дней). В проектах Solar-G3 и Solar-Sb защита от ветра решена посадками лиственных деревьев, от дождя – глубокими козырьками и балконами (в экодоме Solar-Sb – это «аркады» с запада и востока, учитывающие местное, практически широтное направление ветров).

Конструктивная система зданий. В индивидуальных жилых домах Solar-G3 и Solar-Fs принята наиболее распространенная в малоэтажном строительстве в Приморье конструктивная схема несущих стен из шлакоблоков местного производства. Наружная

несущая стена «в два блока» 0,4 метра, с минераловатным утеплителем 0,2 метра, и вентилируемым декоративным фасадом японских производителей. Экодом Solar-Sb уже в процессе рабочего проектирования был переработан под технологии литовской архитектурно-строительной компании «Экококон» (архитектор – Аудрис Кругус)[6], и сочетает в себе две конструктивные системы: внутреннее ядро - дерево каркас, и несущие наружные стены – соломенные панели 0,4 метра с вентилируемым фасадом. Внутренняя отделка – глина. Это первое здание в подобных конструкциях на Дальнем Востоке, во многом экспериментальное. Сегодня - в стадии строительства.



Рис. 4. Индивидуальный жилой дом Solar-G3, пос. Золотая долина, Приморский край. Виды дома с юго-востока, северо-востока и северо-запада.



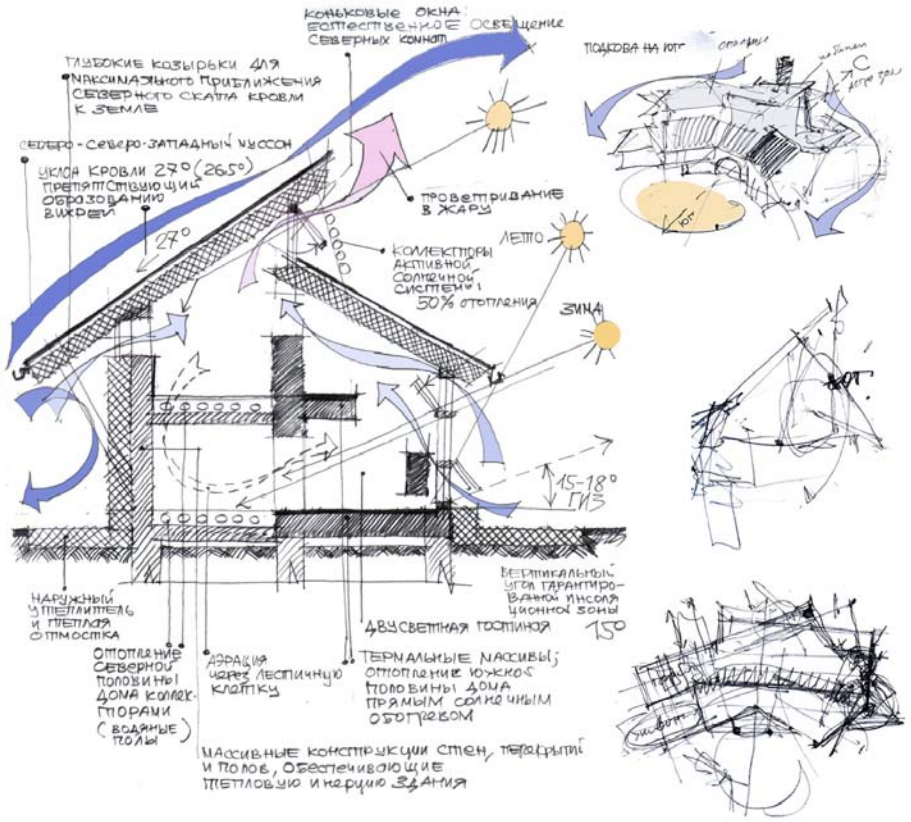


Рис.5. Вид здания с севера, и предварительные эскизыпассивнойсолнечной концепции проекта. Графика автора. Для снижения вероятности образования снежных мешков в зоне коньковых окон, были выбраны вакуумные солнечные коллекторы балконного типа.

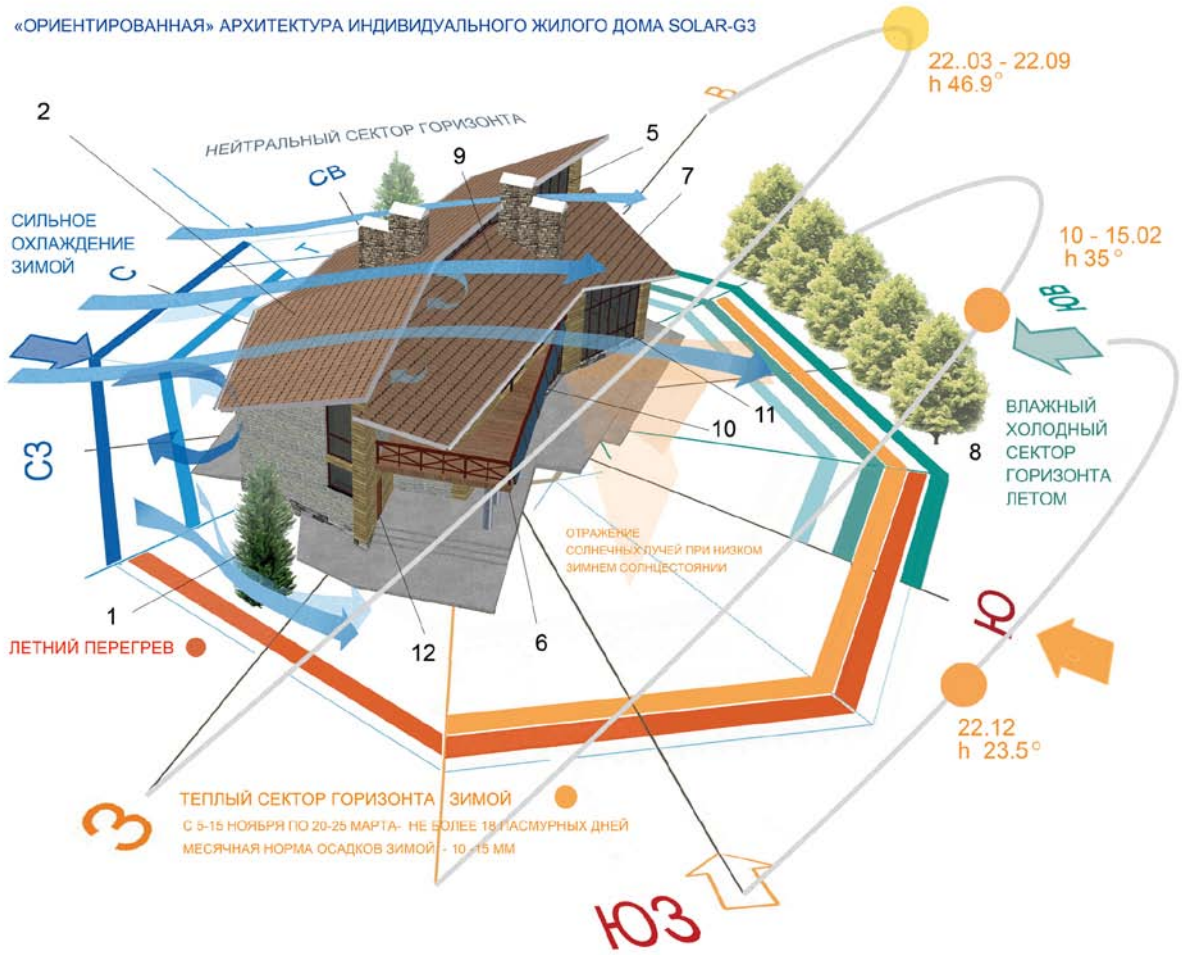


Рис. 6. Ориентированная архитектура Solar-G3, схема:

1 – основной ветрозащитный фронт – северный фасад, дополненный посадками деревьев хвойных пород с восточного и западного торцов дома; **2** – пологая кровля и глубокий карниз, принятые с учетом преобладающих зимних ветров; **3** – заглубленный главный вход в дом с севера; **4** – буфер из подсобных и технических помещений вдоль северного фасада; **5** – коньковые окна аэрации дома и верхнего естественного освещения; **6** – балкон, затеняющий витраж первого этажа с юго-запада; **7** – юго-восточный скат кровли, подстроенный под летний муссон; **8** – ажурная ветрозащита из деревьев лиственных пород; **9** – электроподогрев кровли вдоль коньковых окон (при среднемесячной норме осадков зимой 10-25 мм такое решение вполне оправдано); **10** – вакуумные трубчатые коллекторы балконного типа максимальной мощностью до 1000 л. горячей воды/сутки; **11** – развернутый к юго-западу витраж зимнего сада, с дополнительной внутренней солнцезащитой, формирует на участке перед домом дополнительную зону прогрева в ноябре-марте; **12** – защищенный от зимнего ветра хозяйственный вход в гараж и мастерскую.



Рис.7. Индивидуальный жилой дом Solar-Fs: вид с юго-востока



Рис.8. Индивидуальный жилой дом Solar-Fs: вид с юга, участок застройки и кадры начала работ нулевого цикла

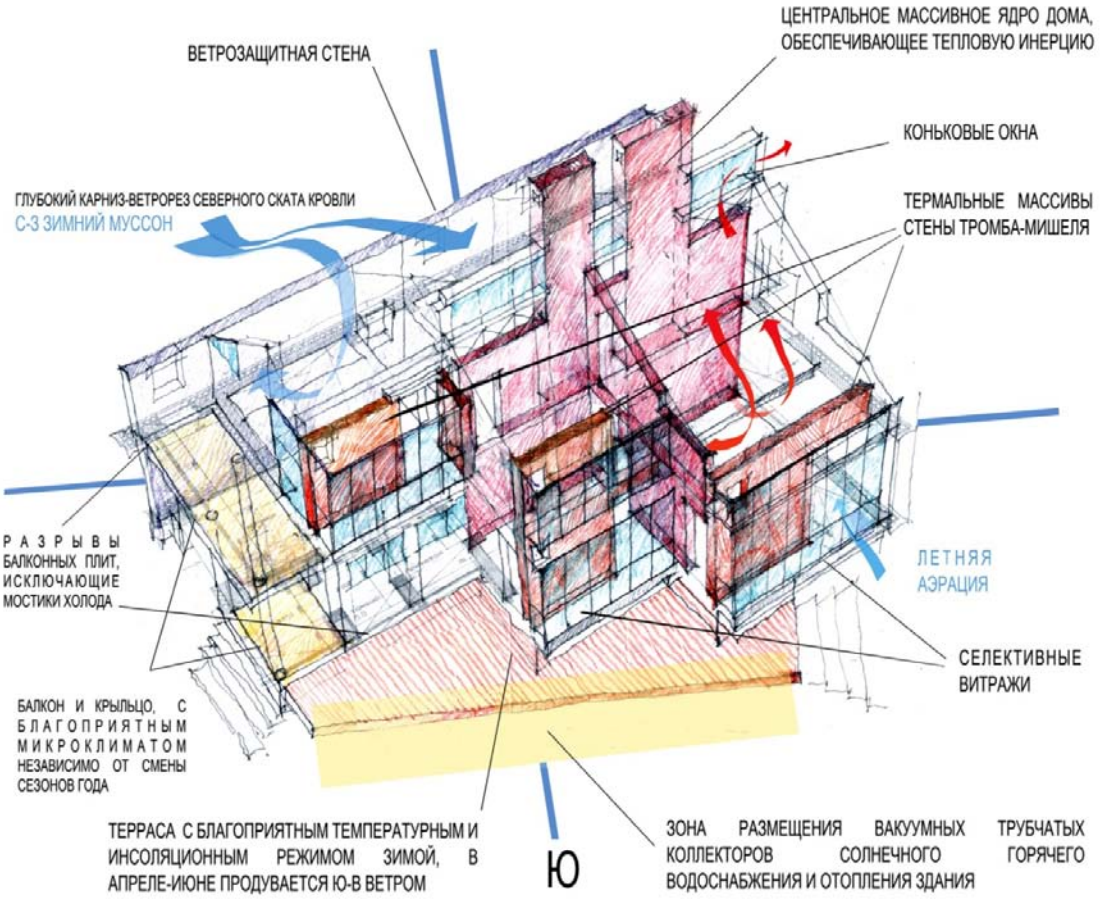




Рис. 9. Индивидуальный жилой дом Solar-Fs: пассивная солнечная концепция и предварительные эскизы архитектурного решения





Рис. 10. Индивидуальный жилой домSolar-Sb: проектный вид и вид строящегося здания зимой 2015 г.



Рис. 11. Индивидуальный жилой дом Solar-Sb: конструкции и материалы



Рис. 12. Индивидуальный жилой дом Solar-Sb: вид атриума осенью 2014 г.

Литература

1. Колесникова Е. Обсуждение проекта «Экодом Solar-5». - передача «Моя земля»: ОТВ Приморье, 08.08.13. - размещение в сети Интернет: http://www.youtube.com/watch?v=t2RMsELajF8
2. Применение энергосберегающих технологий на территории Приморского края, круглый стол «Деловой России», Администрация Приморского края, 10.11.14. - размещение в сети Интернет: http://vldeloros.ru/?p=1770
3. Казанцев П.А. Малоэтажные экодома Solar с пассивным солнечным отоплением. - Научно-практическая конференция «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных зданий» (Новосибирск,19-20 марта 2013 г.): труды. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2013. – С. 3 – 11. - размещение в сети Интернет: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz/files/S01_Kazantsev.pdf

   4. Казанцев П.А. Экомодуль Solar-5M/S для учебных и научно-исследовательских целей. - Вестник Инженерной школы ДВФУ, №2 (11), 2012. – с.21-25. - размещение в сети Интернет: http://vestnikis.dvfu.ru/cms_files/Image/12/3.pdf
5. Passive solar architecture pocket reference book. – ISES, Germany, 2009.
6. Колесникова Е. Дома из соломы.- Передача «Моя земля»: ОТВ Приморье, 15.07.14. – размещение в сети Интернет: http://www.youtube.com/watch?v=9sjQoTqnd3w
7. Казанцев П.А. Основы экологической архитектуры. Учебное проектирование энергоэффективных зданий. Теория и практика энергоэффективной архитектуры. Lambert academic publishing, Saarbrucen, Germany, 05.2012 - 205 с.

УДК.666.97

СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ, КОМПЛЕКСНОЙ ПРОМЫСЛОВОЙ УСАДЬБЫ ДЛЯ ОТДАЛЕННЫХ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Кузнецов В.А., Пшеничникова М.В.
Охотоведческое подворье, г. Иркутск

Предыстория проекта

Работая исполнительным директором Ассоциации КМН Иркутской области, Виктор Алексеевич на средства международных благотворительных фондов создал два проекта модельных территорий традиционного природопользования (ТТП). В проектах была изучена природная и социальная среда хандинских и тутуро-киренгских эвенков и даны рекомендации по устойчивому развитию этих территорий. Эти проекты прошли обсуждение на факультете «Охотоведения» в ИрГСХА профессорским и преподавательским составом с участием представителей Администрации Иркутской области и федеральных служб по охране природы. Также дважды эти проекты обсуждались и Администрации Губернатора Иркутской области. Оба проекта получили высокую оценку на всех слушаниях, и было рекомендовано финансирование их реализации. В 2010 году по этим ТТП был сделан доклад на семинаре организованным министерством регионального развития (МРР) РФ и заместитель министра обещал найти средства на реализацию модельной ТТП в Иркутской области. К сожалению, через год выяснилось, что финансирования не будет.

В это время большую популярность среди людей, имеющих отношение к распределению средств на поддержку КМН, а это очень большие деньги, было популярно мнение, что необходимо финансировать фактории. В соответствии с толковым словарем: Фактория – 1. Торговая контора и поселение организуемое иностранными купцами в колониальных или зависимых странах. 2. Пункты для закупки добычи охотников и для снабжения их промысловыми орудиями, продовольствием, одеждой и т.п. в отдаленных промысловых районах (как это было в СССР). Это слово «ФАКТОРИЯ» приобрело магический смысл и бесполезно было объяснять, что фактории создавались в то время когда эвенки и тофы вели традиционный образ жизни, кочевали по тайге и не имели постоянного места жительства. Сейчас кочевых представителей КМН нет, все эвенки и тофы имеют жилье в постоянных поселках и у них есть доступ и к магазинам и заготовителям.

В тоже время, разрушение советской промыслово-закупочной инфраструктуры привело к тому, что многие территории не осваиваются или осваиваются далеко не комплексно, в первую очередь по причине сложностей с транспортом и связью. Возникает необходимость в базовых поселениях принадлежащих самим промысловикам на перспективных для промысла территориях. В этих поселениях должны быть условия: для отдыха, переработки продукции промысла, содержания животных, содержания и ремонта техники, производства продуктов питания способных компенсировать недостаток витаминов характерный при современном образе жизни в Сибири, а также для переработки лекарственно-технического сырья (ягоды, грибы, травы и т.д.).

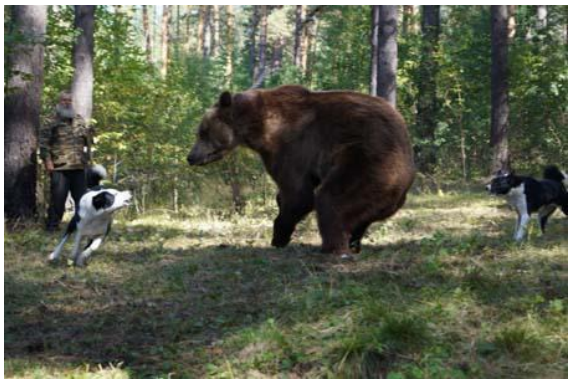
Учитывая, что средства на такую работу невозможно будет получить ни в фондах, ни в органах власти, было принято решение строить модельную промысловую усадьбу своими силами. Для решения этой задачи в 2011 году был приобретен старый дом в селе Рассвет Осинского района с большим приусадебным участком.

Собаководство

На первом этапе решался вопрос разработки методов ведения племенной работы с аборигенными восточно-сибирскими лайками. Это очень актуальная тема для отдаленных территорий, т.к. после утраты традиционного образа жизни у КМН племенная работа с лайками велась только через заготовительные организации, а после их ликвидации эта работа прекратилась. В результате рабочие качества собак еще как-то сохраняются, а экстерьерные данные теряются или уже утеряны. Элитные Восточно-сибирские лайки содержатся городскими охотниками и у них все наоборот, при хороших внешних данных рабочие качества теряются. Необходимо разработать пути регистрации и ведения племенной работы с аборигенными лайками. Для решения этой задачи привезли щенка-сученку с Катангского района, вырастили и в 2010 году получили потомство от нее и от элитного кобеля. Также приобретены щенки от других аборигенных лаек, у которых были хорошие рабочие качества, но внешние данные были утеряны, и для их содержания было построено 4 вольера.

Собаки были выращены и на первой же выставке получили очень хорошие оценки, но возникла проблема с кинологическими правилами учета, которые не предусматривают ведения племенной работы на отдаленных территориях. В первый год возникли трудности с постановкой щенков на учет, а кинологическая служба не была готова работать в этом направлении, но после того, как наши собачки в возрасте 2,5 года получили один из двух дипломов на Областных испытаниях по подсадному медведю в 2013 году, работать в этом направлении стало легче.





Работу с лайками необходимо вести как в направлении создания условий для регистрации таежных собак, так и в направлении улучшения экстерьера путем завоза щенков от элитных лаек в отдаленные таежные поселки. Наша задача теперь состоит в том, чтобы из потомков таежных лаек сделать полноценных элитных собачек и этим опытом поделиться с промысловиками.

Помещения для работы, отдыха и выращивания растений

В 2011 году была начата работа по строительству производственного сооружения включающего в себя: производственное помещение (4*3,5) и баню (4*2,5) в одном здании размером 6*4 метра, пристроенная к зданию теплица 6*5,5 м., помещение для выращивания рассады на втором этаже размером 6*4 м., дровяной склад и сушилка для лекарственно-технического сырья слева от здания размером 2,5*8,5 метра, коптилка и сушилка для переработки мяса и рыбы с тыльной стороны здания размером 4*2,5 метра.







Здание каркасного типа с заливкой стен деревобетоном (смесь мелкого песка, цемента и опилок). В качестве несъемной опалубки использовался обработанный обрезной горбыль с внешней стороны положенный горизонтально, а с внутренней стороны вертикально комлем вниз. В результате чего в здании всегда сухо, несмотря на пристроенную теплицу и баню. В условиях труднодоступности надо вместо горбыля использовать бревна распущенные напополам и стены будут толще и еще теплее.

В 2012 году был получен первый урожай в теплице и результаты полностью оправдали ожидания. Остатки этого урожая собирали 14 октября, когда на улице уже были минусовые температуры и лежал снег.

В 2014 году вместе с рассадой выращивалась ранняя зелень и к 1 мая у нас на столе уже были так необходимые в условиях Севера витамины.

Сейчас к этой теплице с тыльной стороны пристроена тепличка из полиэтиленовой пленки размером 4*2,5 м. Очевидно, что такой комплекс может эксплуатироваться в самых суровых условиях севера Иркутской области и кормить несколько семей промысловиков.

Переработка мяса и рыбы

С тыльной стороны здания пристроены сушилка и коптилка.



Копчение и вяление традиционно использовалось в Сибири, имеет хорошие консервирующие качества, но собрать, сохранить и вывезти достаточно большую партию продукции, чтобы реализация ее принесла выгоду промысловикам, достаточно сложно. Поэтому мы применили современные методы вакуумной упаковки, опробовали хранение рыбы в этих упаковках и после года хранения вкусовые качества рыбы были отменные. Таким образом, данный опыт также оказался очень удачным и может быть перенесен в условия труднодоступных северных территорий.



Пчеловодство

В местной тайге очень много медоносов и медосбор там может быть очень эффективным, но развитие пчеловодства сдерживается суровыми климатическими условиями. Адаптация к этим суровым условиям может помочь промысловикам получать достаточно меда для личного потребления и для реализации в торговую сеть. Для разработки методов разведения пчел мы начали осваивать основы пчеловодства. Приобрели две средне-русские семьи пчел и выписали горных карпатских маток, отличающихся повышенной плодовитостью, что очень важно для быстрого наращивания пчел в условиях Севера, и миролюбием, что очень важно для содержания пчел в теплицах. В наших условиях мы использовали большую теплицу для осеннего наращивания пчел и для ранней выставки пчел весной, когда на улице холодно и лежит снег. В результате в конце ноября 2013 года поставили на зимовку уже 5 небольших семей и все они перезимовали хорошо, т.е. осеннее наращивание было успешным.



Весной 2014 года мы выставили пчел в марте, а это очень рано. Пчелиные семьи облетались и стали хорошо развиваться, т.е. этот опыт также был успешным. Теперь мы продолжаем наращивать количество семей и следующим этапом будет постройка омшаника и павильона для круглогодичного содержания пчел в условиях Севера, хотя как показал наш опыт, для получения полтонны меда можно обойтись такой теплицей.



После запуска павильона мы планируем строить гараж, дом с мансардой для зимнего проживания 1-2 семей, а для летнего проживания 4-6 семей промысловиков и заключительным этапом будет постройка помещений для содержания сельхоз. животных.

Используемые ресурсы: обычная российская пенсия, рабочая сила автора проекта, помощь жены и иногда помощь детей.

Автор проекта Кузнецов Виктор Алексеевич, охотовед с сорокалетним стажем (с 1973 года) работал на труднодоступных и отдаленных территориях Иркутской области и с 2000 года занимается оказанием помощи коренным малочисленным народам (КМН) Иркутской области (эвенки и тофы) поэтому с проблемами развития этих территорий знаком.

Подробнее можно посмотреть на
http://my.mail.ru/mail/v.a.kuznetsov/video/1/2.html

УДК. 69.001.5

РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В КРАСНОЯРСКЕ И ЕГО ОКРКСНОСТЯХ

Мелех Р.А.
Новосибирская Архитектурно-художественная академия, г. Новосибирск

Введение

Цель данной статьи заключается в том, чтобы наиболее полно описать современный этап развития энергоэффективного строительства в городах Сибири. Для изучения этого вопроса выбран г. Красноярск. Данный город был выбран как один из наиболее крупных и развитых городов Центральной Сибири, что делает его привлекательным с точки зрения внедрения инновационных технологий, принципов и приёмов в архитектурных решениях жилых зданий.

В статье будет приведён анализ жилых домов. Данный выбор обусловлен тем, что основываясь на опыте зарубежного проектирования именно эта группа наиболее восприимчива к внедрению инноваций.

В качестве предисловия необходимо отметить, что в последнее время в самом Красноярске, а также в близлежащих посёлках, стали появляться объекты, использующие альтернативные источники энергии.

К таким объектам можно отнести уличные фонари и светофоры на солнечных батареях и с небольшими ветряками, размещённые вдоль федеральной трассы М-53, проходящей через город. В 2010 г. в селе Овсянка (10 км от Красноярска) была установлена ветроэлектростанция на 10 кВт (рис. 1). В небольшом городе Сосновоборске (20 км от Красноярска) в 2010 г. заработала система солнечного отопления (рис. 2) [1]. Так же подобные системы используются в частных жилых домах в посёлке Шамони (рис. 3) и посёлке Молодёжный (рис. 4). А так же на базе отдыха Орлёнок (рис. 5) [2].



Рис. 1. Село Овсянка (слева) [1].



Рис. 2. Сосновоборск (справа) [1].



Рис. 3. пос. Шамони [2].



Рис. 4. пос. Молодёжный [2].

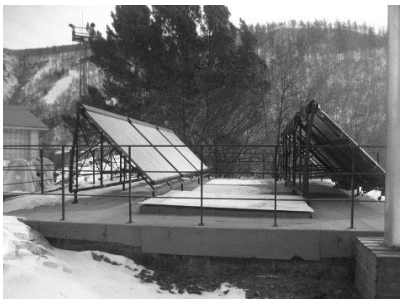


Рис. 5. б/о Орлёнок [2].

Анализ объектов Красноярска

Частное малоэтажное строительство.

В данной категории, среди новостроек, можно выделить три основных типа зданий: кирпичные дома, дома из газо- и пенобетона, реже встречаются дома из бруса. Причём, при строительстве кирпичных домов чаще стараются имитировать кирпичный стиль, при строительстве деревянных домов придерживаться рационализма, а что касается домов из блоков, то чаще всего это простые постройки, облицованные сайдингом.

Что же касается влияния требований к энергоэффективности на архитектуру, то единственным примером является дом, расположенный под Красноярском (рис. 6). В данном примере видно отсутствие архитектурного решения использования новых технологий. Это просто инженерные системы, установленные на крыше дома и на дворовой территории.



Рис. 6. Дом с использованием энергоэффективных технологий. Красноярск, Емельяновский р-он, сел. Дрокино Зелёная улица, 543.

Многоквартирные жилые дома.

Что касается многоквартирных домов и офисных зданий, то большинство из них сочетает в себе принципы рационализма, функционализма и постмодернизма. Основными материалами наружной отделки являются кирпич, навесные панели и железобетон.

Если говорить об энергоэффективности, то важнейшим является строительство в Дивногорске (18 км. от Красноярска) первого многоквартирного дома в Красноярском крае с использованием возобновляемых источников энергии (рис. 7).



Рис. 7. Энергоэффективный дом г. Дивногорск, ул. Бочкина 14а [3].

Данный дом построен как опытный образец, для оценки возможности массового применения подобных технологий. Сдан в эксплуатацию в октябре 2013. По итогам прошедшего года следует, что подобный дом окупится через 20 лет [4]. В ходе проверки было определено, что экономия на оплате общедомовых энергоресурсов составила около 30-35 процентов, в том числе по теплоэнергии – до 50 процентов [3].

Говоря о самом Красноярске, стоит отметить появление домов с многократно повышенными показателями по теплозащите. К таким домам можно отнести дома по улице Волочаевской (рис. 8), строящийся дом на пересечении Ладо Кецховели и Фрунзе (рис. 9) и подобные им. Конструкция наружных стен этих домов отличается от конструкции большинства жилых домов Красноярска. Вместо 250 мм кирпича и двух слоёв минеральной ваты стены здесь имеют 870 мм кирпича и один слой минеральной ваты. В квартирах таких домов количество радиаторов значительно меньше чем обычно, а также установлены приборы индивидуальной регулировки отопления.



Рис. 8. Дом с повышенным тепловой защитой. ул. Волочаевская д. 11а.



Рис. 9. Строящийся дом с повышенной тепловой защитой.

Вывод

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что технологии энергоэффективного строительства постепенно начинают проникать в архитектуру г. Красноярска и его окрестностей. Как видно из перечисленных примеров, использование нового инженерного оборудования – это прерогатива частных владельцев и организаций, ответственных за экспериментальное проектирование.

Наиболее крупные компании предпочитают решать подобные проблемы наиболее привычными, опробованными способами.

Так же стоит отметить то, что по итогам годового апробирования экспериментального дома в Дивногорске, показатели по экономичности превысили заявленные при проектировании расчёты [3]. Это показывает возможность перспективных проработок в дальнейшем развитии данного направления.

Литература

1. Новости [электронный ресурс] // Ветер 24. Компания по продаже, монтажу и сопровождению оборудования альтернативной энергетики [Офиц. сайт]. URL: http://www.veter24.ru/ (дата обращения 19.02.2015).
2. Наши объекты в Красноярске [электронный ресурс] // Сайт компании ООО СВС-Красноярск [Офиц. сайт]. URL: http://econom24.ru/nashi-obekty-v-krasnoyarske (дата обращения: 12.122014).
3. Строительство энергоэффективного дома в Дивногорске [электронный ресурс] // Фонд содействия реформированию ЖКХ [Офиц. сайт]. URL: http://www.fondgkh.ru/news/151548.html (дата обращения 19.02.2015).
4. Репортаж Натальи Ковальчук, ГТРК «Красноярск», 5.11.2014.

УДК. 678.5+699.86(571.56)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В ЯКУТИИ

Местников А.Е., Кардашевский А.Г.
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск

В университете разработан научно-инновационный проект «Организация энергоэффективного сельского строительства полного цикла (от продукции до опытного дома) с использованием модифицированного пенобетона». Основной целью проекта являются создание новых рабочих мест, привлечение и обучение сельской молодежи к современным технологиям производства и применение конкурентоспособных строительных материалов из местного сырья, обеспечение населения доступным и комфортным жильем.

1. Краткий обзор состояния проблемы

В сельском строительстве Якутии неоспоримое преимущество имеют дома из цельной древесины (бруса, лафета, отесанной древесины). На сегодня частные застройщики уже понимают, что для экономии топлива деревянные дома следует дополнительно теплоизолировать доступными способами, чаще всего минераловатными плитами. Обшивку наружных стен обычно устраивают досками, но в последнее время в моду вошла обшивка из металлических профилей, как говорится, «дешево и сердито», при которой теряется способность древесины «дышать», нередко появляется сырость в стеновых конструкциях и вследствие этого появление грибков. Но самым важным моментом в обеспечении долговечности частного дома является выбор и грамотное использование вида фундамента и подготовки основания. Как правило, деревянные дома строятся на деревянных лежках и окладных венцах без соответствующей подготовки основания, обеспечивающей защиту от сырости, грунтовых и дождевых вод, что ведет к преждевременному загниванию оклада из древесины.

Другой разновидностью деревянного домостроения являются деревянно-каркасные дома с использованием эффективной теплоизоляции из минераловатных плит и пенопластов (пенополистирол, фенольные и полиуретановые пенопласты и др.), которые в советское время наибольшее распространение получили в северных труднодоступных районах и строительстве вахтовых поселков нефтяников и газовиков по всей территории России. Наряду с известными преимуществами такие стеновые конструкции обладают и недостатками: 1) повышенная пожарная опасность при использовании пенопластов, особенно пенополистирола; 2) недостаточная долговечность теплоизоляции при использовании низких плотностей минераловатных плит; 3) высокая стоимость качественных минераловатных плит с плотностью 120-200 кг/м^3.

На сегодня потенциально требованиям технико-экономической эффективности в малоэтажном (индивидуальном) строительстве отвечают изделия из неавтоклавного ячеистого бетона, в частности, пенобетона. Результаты научных исследований и практический опыт применения в строительстве в разных регионах России и бывших союзных республиках свидетельствуют о том, что неавтоклавный пенобетон – наиболее доступный и эффективный материал для малоэтажного (индивидуального) строительства. Мобильность и невысокая стоимость отечественного технологического оборудования, наличие высококачественных пенообразователей позволяют осуществлять

производство пенобетонов и строительство домов на их основе даже небольшим хозяйственным структурам при сравнительно малых капитальных вложениях.

В условиях Якутии пенобетонные блоки периодически выпускаются несколькими малыми предприятиями, в основном в промышленных центрах, как гг. Якутск и Нюрба, пос. Нижний Бестях и др. Как правило, производители не отвечают за качество выпускаемой продукции, а также для обеспечения требуемых прочностных характеристик они изготавливают блоки высокой плотности, порядка 900-1000 кг/м^3, что не пользуется успехом у потребителя. Ограниченное применение имеет монолитный пенобетон, производство которого не контролируется изготовителями, что приводит к бракам при устройстве теплоизоляционного слоя в деревянно-каркасных зданиях. Не секрет, что иногда закупленное технологическое оборудование простаивает или со временем приходит в негодность из-за ненадлежащего контроля при производстве и отсутствия грамотных специалистов, т.е. вместо развития бизнеса получается, как всегда «деньги на ветер».

2. Научно-практический задел в области производства и применения неавтоклавного пенобетона.

Сотрудники Инженерно-технического института имеют практически 20-летний опыт работы с пенобетоном. Нами впервые в условиях Якутии в 1995-1999 гг. были проведены экспериментальные работы по устройству монолитной теплоизоляции из пенобетона марки D400 в ряде объектов, как гаражи СМУ ЛОРП, 16-квартирный жилой дом АН РС(Я), коттеджи ЯГУ, 4-этажный жилой дом Пенсионного фонда РС(Я), построенный из газосиликатных блоков, привезенных из Словении и т.д.

Основу интеллектуальной собственности наших научно-инновационных разработок представляют новые композиции пенобетонных смесей, новые технические и технологические решения в изделиях и конструкциях стеновых ограждений и фундаментов для суровых условий Севера, которые защищены 12 патентами РФ. На сегодня нами усовершенствованы и внедрены следующие технологии производства и применения модифицированного пенобетона в условиях Якутии:

1) монолитный пенобетон марки D300 (патент РФ № 2361985) в строительстве (патент РФ № 119769) 5-этажного монолитно-каркасного здания Молодежного общежития по ул. Жорницкого и ряда коттеджей в г. Якутске, деревянно-каркасных индивидуальных домов в селе Аппаны Намского района [1];

2) 3-хслойные пенобетонные блоки «Композит» (патент РФ № 108774), из которых построены ряд коттеджей и гаражей в г. Якутске, показавшие высокую эксплуатационную эффективность модифицированного пенобетона;

3) автоклавные пенобетонные блоки из полиминерального речного песка (патент РФ № 2491257) для малоэтажного и монолитно-каркасного строительства, на учебно-производственной базе СВФУ «Стройкомпозит» запущен завод по производству автоклавного пенобетона производительностью до 50 м^3 в сутки (20 тысяч м^3 в год) [2];

4) теплоизолированный ленточный ж/б фундамент с эффектом «теплого пола» (патент РФ № 137036) прошел практическую апробацию и получил положительные отзывы в строительстве 2-хэтажного брусового дома 8×8 м (2002 г.), ряда деревянно-каркасных домов 7,5×7,5 м в с. Аппаны Намского (2011-2014 гг.) [3];

5) теплоизолированный столбчато-ленточный ж/б фундамент с нижним уширением (решение ФИПС о выдаче патента РФ от 12.09.2014 г.) для каменного малоэтажного строительства в настоящее время проходит практическую апробацию [4].

3. Основные этапы работы

Значительная продолжительность отопительного периода, наличие вечномерзлых грунтов, слабо развитая инфраструктура, большая удаленность между населенными пунктами, в основном, малонаселенными, создают особые трудности для строительства и обеспечения жизнедеятельности человека на Севере. Из-за нерентабельности давно закрылись энергоемкие производства кирпича, извести, гипса, пористого заполнителя для бетона – керамзита, хотя сырья для их производства на территории Якутии предостаточно. Из вяжущих материалов у нас имеется только цемент. Поэтому, на наш взгляд, рентабельным для малонаселенных могут быть сезонные малые производства высокопористых (воздушные поры 60-80%) неавтоклавных пенобетонных материалов и изделий с использованием доступного речного песка, цемента и небольшого количества (0,6-3%) добавочных материалов с учетом потребности и возможности сельских жителей.

Основные этапы работы по созданию сельского строительства полного цикла заключаются в следующем:

1) Выбор и согласование размещения производства, сырья и исходных компонентов, вида и объема выпускаемой продукции, источников финансирования, ТЭО производства и опытного строительства;

2) Отбор проб и исследование исходного сырья и компонентов, выбор, согласование, поставка, пуск и наладка технологического оборудования, выпуск опытной партии продукции объемом 50 м^3, достаточной для строительства одно- и двухэтажного дома с отапливаемой площадью не менее 100 м^2;

3) Обучение рабочего персонала и стажировка молодых специалистов в учебно-производственной базе СВФУ;

4) Разработка, согласование и утверждение проектно-сметной документации опытного строительства индивидуального дома, устройство теплоизолированного столбчато-ленточного ж/б фундамента под двухэтажный дом размерами 8×8 м;

5) Научно-техническое сопровождение организации серийного производства и опытного строительства индивидуального дома, передача «ноу-хау» Заказчику на основе Лицензионного соглашения (2 патента).

Литература

1. Местников А.Е., Кардашевский А.Г., Семенов С.С. Монолитный пенобетон на композиционном вяжущем для строительства на Севере. Технология бетонов. 2013. № 6 (83). С. 38-39.
2. Местников А.Е., Семенов С.С. Автоклавный пенобетон из местного сырья Республики Саха (Якутия). - Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2014. – №2 (часть 2). – С. 157-158. (РИНЦ – 0,589).
3. Бондарев Э.А., Рожин И.И., Корнилов Т.А., Местников А.Е., Кононова Е.А. Численное моделирование оттаивания многолетнемерзлых грунтовых оснований малоэтажных зданий. - Промышленное и гражданское строительство, 2013. – № 4. – С. 12-16.
4. Местников А.Е., Григорьев Д.А. Теплоизолированный свайный фундамент на вечномерзлых грунтах. Материалы Международной научной конференции «Наука и образование в современной России», 13-15 ноября 2014 г. / Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 11 (часть 1), 2014. – С. 23-25 (РИНЦ – 0,221).

УДК. 332.822.2:338.43

ИННОВАЦИОННОЕ БЛАГОУСТРОЙСТВО СЕЛЬСКОГО ДОМА

Пахомов А.А., Чомчоев А.И.
Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск

В современных условиях под благоустройством домов принято понимать электро- и теплоснабжение, а также наличие канализации для сточных вод.

Одна из серьезных проблем в сельской местности Российской Федерации - это благоустройство отдельно стоящего дома. Как правило, эти дома находятся вдали от центрального электро- и теплоснабжения и водоканализационных систем общего пользования. Для подвода электро- и теплоснабжения и канализационных систем требуются большие финансовые средства.

Электро-и теплоснабжение отдельно стоящего дома в сельской местности (далее – дом) в настоящее время решается за счет использования энергии солнца, ветра и воды [1,2], различных энергетических установок с использованием автономного генератора. А проблема проведения канализации для фекальных вод труднорешаема.

Для решения энерго- и теплоообеспечения домов, отдаленных населенных пунктов и промышленных объектов в развитых странах с 2015 года используют когенератор на твердооксидном топливном элементе (далее ТОТЭ), который работает на газе.

ТОТЭ в советское время был изобретен российскими учеными и применялся в освоении космоса. Ныне ученые пытаются создавать российский промышленный когенератор на ТОТЭ.

Когенераторы на основе ТОТЭ используют принцип прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую, минуя традиционные стадии преобразования энергии (химическая — тепловая — механическая — электрическая). Благодаря этому экономность таких когенераторов почти вдвое выше, чем у традиционных и КПД может достигать от 70 до 85 % с учетом утилизации тепла. Количество вредных выбросов когенераторов почти в 100 раз ниже традиционных из – за отсутствия непосредственного химического контакта топлива с окислителем [3].

Мы имеем контакт с конструктором европейского когенератора на ТОТЭ, однако введенные Еврсоюзом санкции не позволяют выкупить у них данное новшество, и он дорого стоит.

В когенераторе на ТОТЭ основным в блоке системы съема электроэнергии является турбина. Сегодня создание дешевого термоядерного источника электрической энергии стало проблематичным. В связи с этим мы предложили создать российский новый в мировой практике источник тепло-электроэнергии - ТОТЭ заменить радионуклидным источником, аналогом советского радиоизотопного термоэлектрического генератора (РИТЭГ), но в совершенно новом безопасном и надежном инновационном исполнении [4].

В России конструктором газовых турбин наземного применения ОАО «Сатурн-Газовые турбины» (ныне «РМК-Газовые турбины») профессором, д.т.н. Вячеславом Беляевым изобретена и патентована многорежимная карнотизированная газотурбинная установка (далее МКГТУ) мощностью от 3 кВт до 12 МВТ [5]. Мы встретились с профессором В.Беляевым, ядерщиками и конструктором РИТЭГ. Составили экономические расчеты своего предложения, чтобы заменить имеющиеся дизельные

электростанции и тепловые котельные в Арктической зоне РФ и на Крайнем Севере. Данная работа по созданию российской надежной, безопасной и дешевой теплоэнергоснабжающей установки сельского дома нами продолжается.

Теперь о проблеме канализации дома.

Некоторые исследователи выход по созданию канализации в сельском доме находят за счет использования септика. В условиях криолитозоны (вечной мерзлоты) это не эффективное решение. В этом случае потребуется частый вывоз фекальных вод специальной техникой в свалки.

Мировой опыт инновационного благоустройства сельского дома в отношении создания альтернативного решения вопросов канализации небольшой. Сложность заключается в уничтожении кишечных палочек, образующихся в туалетах. Данный вопрос даже обошел в своих трудах известный в Якутии ученый-практик, профессор, д.т.н. А.Е.Местников [6].

Нам известно, что Фонд Билла и Мелинды Гейтс (США) в 2011-2014 годы провели конкурс среди высших учебных заведений на создание действующего самого простого для использования и экономичного стационарного биотуалета с малым потреблением воды, выделив 3,4 млрд. долларов США [7]. Результаты были не очень радостные. Не был предложен качественный и надежный биотуалет.

Считаем, что в условиях России более подходящим является самоочищающийся биотуалет, который без канализационной системы очистки сточных вод, эксплуатирующийся в вахтовых поселках и туристических базах Японии.

В 2001 году японский изобретатель Кицуи-сан изобрел и выпустил самоочищающийся биотуалет. Биотуалет работает на основе обычных опилок, бесшумно, без запаха и без ароматизаторов. Смена использованной опилки производится 1 раз в год. Самоочищающийся биотуалет утилизирует человеческие отходы, воду, туалетную бумагу в течение 3 минут за счет естественных бактерий, расходуя при этом всего 40-100 Вт электроэнергии. Срок работы биотуалета составляет не менее 30 лет. На принципах биотуалета созданы крупные утилизаторы навоза домашних животных.

Конструктор Кицуи-сан также изобрел оборудование для очистки использованной воды кухни, стиральной машины и ванной комнаты без системы канализации, используя в качестве фильтров обычные древесные угли. Очищенная вода используется для обратного технического использования. Смена угля в фильтре 1 раз в 7 лет, срок работы – не менее 30 лет. Оборудование востребовано для вахтовых поселков Сахалина и Японии, так как отпадает в этих поселках необходимость создавать канализационную систему, приобретать специальные автомашины и отвода земли для слива канализационных стоков.

Стоимость данных оборудований для российского покупателя достаточно высокая. В связи с этим нами предложена японцам следующая схема совместной работы. Мы закупаем готовое инновационное оборудование. В ходе эксплуатации оборудования малое научно-внедренческое ООО «Испытательный Полигон Холода» проводит научное сопровождение эксплуатации и адаптацию технологий в условиях Севера в течение года. В 2016 году создается российско-японское совместное предприятие по изготовлению в России самоочищающихся биотуалетов и очистительного оборудования бытовых вод без системы канализации для их реализации в России. При этом стоимость оборудований за счет применения российских материалов снижается в 10 раз. Нами разработана Дорожная карта гранта для пилотного проекта для апробации в условиях низких температур Якутии.

Если Россия внедрит в сельских домах вышеперечисленные инновационные технологии российского производства, как энерго- и теплоснабжающие когенераторы с

высоким КПД (микроТЭЦ), самоочищающие биотуалеты, очистные оборудования бытовых вод без системы канализации, то это привлечет население для освоения отдаленных мест проживания, выровняет социальные различия проживания населения территорий сельской местности и города, переведет на бездотационную систему энергетические и жилищно-хозяйственные услуги в сельской местности в сложных природно-климатических условиях России и прекратятся коммунальные сбросы в ранимую природную среду и уменьшится загрязнение воздуха при выработке электричества и тепла.

Таким образом, российская наука имеет отличные заделы для создания за короткое время качественных, надежных и дешевых инновационных решений для улучшения комфортных условий проживания людей сельской местности. Вопрос остается за государством.

Литература

1. Местников А. Е. Северное жилище: энергосбережение, безопасность. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006.
2. Чомчоев А. И. Для холодной Сибири солнечные электростанции и ветряки рановаты, или Прорывные электроисточники XXI века для энергообеспечения отдельных домов и малых населенных пунктов Сибири / Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых домов: науч.-практ. конф., 19-20 марта 2013 г. / Ин-т теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН.– [Б.м.], 2013.
3. Борисов В. Н. Перспективы применения энергоустановок на топливных элементах в энергоснабжении / В. Н. Борисов // Твердооксидные топливные элементы: сб. науч.-техн. ст.– Снежинск : Изд-во РФЯЦ - ВНИИТФ, 2003.
4. Пахомов А. А. Возврат России к мировому лидерству по инновационным технологиям в Арктике – веление времени / А. А. Пахомов, А. А. Чомчоев // Арктика: перспективы устойчивого развития: Междунар. науч.-практ. конф., 26-28 ноября 2014 г. – Якутск, 2014. – Режим доступа: http://sakhaarcticconf.ru/.
5. Будылов Е. Г. Многорежимные карнотизированные газотурбинные установки (МКГТУ) мощностью от 1 до 12 МВТ / Е. Г. Будылов, М. М. Тревгода // ЭнергоRU : [сайт]. – Режим доступа: http://energoru.net/?p=253 (дата обращения: 10.02.2015).
6. Местников А. Е. Северный дом: надежность, экономичность / А. Е. Местников. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006.
7. Билл Гейтс объявил победителей Конкурса на изобретение туалета нового поколения // Научная Россия : [сайт]. – Режим доступа: http://scientificrussia.ru/interesting/toilet-challenge (дата обращения: 10.02.2015).
8. Чомчоев А. И. Инновационное благоустройство сельского дома Якутии / А. И. Чомчоев; [науч. ред. А. А. Пахомов] ; Якут. науч. центр СО РАН, Отд. регион. экон. и соц. исслед. — Препр. – Якутск, 2014. – 52 с.

УДК 620

СТРОИТЕЛЬСТВО БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЖИЛЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «АРХИТЕКТУРА НООСФЕРЫ» ПОД БРЕНДОМ «ЛОТОСДОМ»

Прелов С.А.
ООО «ЛотосДом», г. Москва.

С точки зрения эниологии − науки об энергоинформационном обмене в природе и обществе − купола и своды обладают свойством распределения концентраций энергонапряжений. Круглым формам присуще равномерное поле без существенных зон напряжений и патогенных аномалий в отличие от углов, особенно близких к 90 градусам. Осмысление мироздания человечеством начиналось с представления о шаре: золотом шаре, золотом яйце, из которого − как из символа творческого начала − развернулась Вселенная.

Крупномасштабный проект в рамках концепции «Архитектура ноосферы», разработанной российским архитектором Виталием Николаевичем Гребневым, предусматривает строительство быстровозводимых жилых и социальных объектов под брендом «ЛотосДом», создание и отработку технологий сооружения (экологически чистых, долговечных, сейсмостойких типовых объектов) с использованием инновационных строительных материалов.

Освоение новых технологий изготовления без цементных строительных материалов из экологически благоприятных материалов для организма человека: производимые из песка, и других кремнистых полезных ископаемых общего распространения (опока, диатомит, трепел, цеолит и т.п.), добываемые открытым способом, зола уноса, переработка «хвостов» - промышленных отвалов.



Строительство на территории России экопоселений инновационного типа, развитие их научно-производственной и социально-экономической сферы на базе использования экологически чистых и энергосберегающих строительных технологий, систем жизнеобеспечения, с формированием единой инновационной информационной среды управления жилищно-коммунальным хозяйством на основе современных телекоммуникационных технологий.

На текущий момент в рамках разработки и освоения новой технологии домостроения, проведены основные работы по НИОКР, выполнены концептуальные, проектные, конструктивные и технологические разработки, получены соответствующие патенты, приобретено и изготовлено необходимое оборудование для выполнения строительно-монтажных работ, а также



построены экспериментальные объемы готовых сфер, несколько жилых объектов.

Давно пришло время менять отношение к строительству − по нашим ли технологиям или по другим, но мы должны строить иначе: быстрее, легче и дешевле, созвучно с природой, миром.



Архитектура должна быть постоянно меняющейся, гармоничной как сама жизнь, развиваться из самой себя: форма из формы, функция из функции, словно живая клетка. Лёгкая, прозрачная, светлая, недорогая, без застывших бетонных форм и догм − такова, думается, будет архитектура будущего. Наша цель − сделать её архитектурой настоящего.

Разработанная концепция архитектуры базируется на понимании того, что воздушную среду желательно ограждать лёгкими, гармонирующими с окружающим миром формами. Известно, что природа, в отличие от нашего традиционного строительства, не создаёт сложные, немобильные конструкции и технологии.

Преимущества и возможности строительства сферических объемов:

1. Сфера – наилучшая форма для дома при ветровых и снеговых нагрузках.
2. Сфера имеет наибольший объём при наименьшей площади поверхности.
3. Минимальны материалоёмкость, трудоёмкость и время создания сферы.
4. Сферическая форма сама по себе является энергосберегающей, к тому же она изготавливается практически бесшовной, что минимизирует теплопотери, и снижает затраты на устройство отопительной системы.
5. Всё необходимое для изготовления сфер базируется на 2-3машинах.
6. Не нужен ремонт кровли-крыши, это одно целое, без швов, без использования многочисленных материалов и конструкций современных кровель.
7. Вопрос вентиляции – герметически закрывающееся отверстие вверху сферы, а также в соответствии проектной документацией.
8. Дом-сфера дёшев в эксплуатации; нет необходимости ремонтировать перекрытия, чердаки, красить, крыши.
9. Ввиду лёгкости и прочности сфер целесообразно их строительство в сейсмически опасных районах.
10. Поверхность шара примерно на четверть меньше, чем поверхность куба такого же объема. Это означает, что на сферические сооружения нужно расходовать материалов на четверть меньше, чем на кубические. В сферических сооружениях нет углов, где обычно застаивается воздух, их легче проветривать.

Не нужны специальные блоки-фундаменты, фундаменты отливаются выше поверхности земли, на подушке из ПГС. (для различных грунтов – разные технологии).

11. Сферу значительно сложнее разрушить взрывами; даже пробитая в одном или нескольких местах, она не теряет своих конструктивных способностей и не складывается.
12. Удобно возведение сфер в труднодоступных местах: горных базах отдыха, геолого-разведывательных базах, в жилых поселках на Севере. В недоступные места всё оборудование доставляется на вертолёте.



Использование сферических композиций даёт новое формообразование в таких объектах, как бассейны, оранжереи, бани, теплицы, киоски, автостоянки, павильоны, магазины, кафе, видеозалы, фитнес-центры, офисы, спортзалы, пансионаты, детские лагеря и т. п.

13. Можно создавать сферические многоярусные городские структуры, используя минимальные площади под фундаменты, развивая пространственные композиции над трассами, прудами, лесами.

16. Удачно будут вписываться в сферические ансамбли вантовые конструкции: пространственные переходы, большие консольные выносы балконов и площадок, включение земного ландшафта и водной поверхности

Отладив технологии изготовления сфер различных размеров на месте строительства, мы создадим дешёвое, – то есть, такое, каким оно должно быть у природы,– всегда новое строительство. Где архитектором будет тот, кто строит себе дом.

Подобное строительство сделает жилище человека не таким «драгоценным», трудоёмким и материалоёмким; соответственно, будет формировать в нём большую степень свободы, мобильности и независимости в своём сознании.

Экономические преимущества возведения сферических строений:

Согласно проведенным расчетам, возведение домов-сфер является экономически выгодным по сравнению со строительством по традиционным технологиям.

Поверхность шара примерно на четверть меньше, чем поверхность куба такого же объема. Это означает, что при строительстве сферических сооружений нужно материалов на четверть меньше, чем на кубических.

Круглый дом — это экономия:

20% — на использовании строительных материалов при строительстве дома. Геометрия сферы гораздо эффективнее прямоугольных структур в соотношении внутреннего объема к оболочке. Пример: Дом 10*10=100 кв. метров, периметр = 40 метров Купол диаметром 11,3 метра = 100,28 кв. метров, длина окружности 35,5 метров. Экономия начинается уже с фундамента! Не экономя на качестве!

40% — на строительных работах**.**
Дом строится быстро и не требует тяжелой строительной техники. Вы можете снизить ваши расходы, на строительные работы, выполнив часть самостоятельно и также получить экономию на сроках строительства.

60% — на эксплуатации.
Только геометрия сферы способна предоставить более низкие эксплуатационные расходы на отопление, в отличие от прямоугольного дома. Меньше площадь стен – соответственно меньше площадь теплопередачи и потери тепла меньше.
Аэродинамические свойства купола уменьшают сопротивление ветру, не создаются зоны высокого и низкого давления, следствие отсутствие сквозняков и выветривания тепла.

Энергосбережение.

Одним из главных факторов, позволяющих снизить потребление энергии в куполе, является его форма. Благодаря устранению прямых углов, мы избавляемся от 20% площади стен, добавляя столько же к площади пола. Это, в свою очередь, снижает потерю тепла через стены и крышу на те же 20%.

Циркуляция воздуха.

У куполов есть ещё одно преимущество перед обычными домами. Теплый воздух, проникающий через пол, стремится непосредственно к вершине купола. Воздух входит через приточные проемы в основании сферы, во время открывания дверей, окон и по мере нагревания поднимается вверх и выходит через вытяжные отверстия в куполе.

Сферические конструкции экономят энергию, затрачиваемую на отопление и охлаждение.

Теплопотери здания находятся в прямой пропорции к его аэродинамическому сопротивлению. Ветер плавно скользит поверх и вокруг купола, создавая недостаточные завихрения и воронки, чтобы нарушить пограничный слой воздуха, который крепится к поверхности любого объекта интермолекулярной микрогравитацией. Благодаря аэродинамическому эффекту конструкции ветер огибает купол с меньшим сопротивлением.

У прямоугольного же здания очень высокая парусность. Ветер ударяется прямо в вертикальную стену, срывает теплоизолирующую прослойку воздуха, создает область высокого давления. А подветренная сторона здания в это время находится под влиянием турбулентных потоков и частичного вакуума.

Положительное соотношение площади к объему – не единственная причина удивительных термальных характеристик куполов; меньший процент огороженного воздуха соприкасается с оболочкой, где происходят потери тепловой энергии, или нежелательный нагрев. Удвоение размеров купола приводит к удвоению его термоэффективности. ***Это законы аэро и термодинамики на службе купола.***



Сфера основана на тех же энергетических, формообразующих началах, что и стихии.

Сфера не противостоит стихиям, как плоскость, она едина с ними в «рождении».

«Почему смерчи сносят прямоугольные города? Думаю, не надо объяснять. Они имеют разные формообразующие начала.

Почему волна сносит прямоугольные города? Потому что плоскость «воюет» со всем, – её нельзя обтечь, её нельзя облететь, – её можно только разрушить!»

Сейсмоустойчивость купольных зданий.

Очень актуальный в настоящее время вопрос:

Сферу значительно сложнее разрушить взрывами; даже пробитая в одном или нескольких местах, она не теряет своих конструктивных способностей и не складывается.

Купольная архитектура несет в себе ряд очень полезных свойств и преимуществ:

Технологические.

Купол является САМОНЕСУЩЕЙ конструкцией, позволяющей достигать высочайшей прочности при довольно малых затратах материалов и вспомогательных средств. Количество строительных операций минимальное.

Важная часть данной домостроительной технологии заключается в том, что вся работа по возведению сфер и перемещению опалубок **проводится без подъемных**

кранов в течение всего процесса, кран нужен только во время монтажа и демонтажа опалубок, что удешевляет процесс возведения сфер.

Преимущества дизайна купольных конструкций.

Гармоничная форма пространства, прекрасная акустика, более выгодные принципы распространения света – требуется меньше источников освещения; пассивное солнечное отопление, естественная конвекция воздуха создают ощущение комфорта и обеспечивают как высокую работоспособность, так и располагают к душевному отдыху.

Эксплуатационные.

Теплопотери в любом здании обусловлены в первую очередь площадью соприкосновения с окружающей средой. Для купола эта величина на четверть меньше по определению. Кроме того, отсутствует самый сложный “мост холода” - примыкание фасада и кровли. Даже эти качества дают экономию на отоплении и кондиционировании до 30%, а применение энергосберегающих технологий – солнечных коллекторов горячего водоснабжения, геотермальных климатических систем и низковольтного осветительного оборудования на солнечных батареях – понижает выплаты по эксплуатационным счетам до 70%.



Применение эффективных и даже уникальных строительных технологий позволят широко развивать рынок строительных услуг во все регионы страны, в том числе и в отдаленные промышленно развитые районы.

Лидирующие позиции в такой важной отрасли как строительство позволят на этой базе развивать многие другие виды межотраслевого сотрудничества, стимулируя товарооборот и взаимовыгодный обмен высокими технологиями.

Высокодоходное участие в крупных строительных проектах возможно только на современной технической и технологической базе.

При осуществлении указанной стратегии появляется возможность создать и вывести на рынок совершенно новые продукты - новую идеологию и систему строительства. Начнет формироваться новая строительная отрасль с новой экономической эффективностью и производительностью. Появится возможность ставить и решать неизмеримо более масштабные строительные задачи, чем те, что решаются сегодня.

УДК 69.001.5

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОНОЛИТНОГО ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА

Шефер Ю.В., Романенко С.В., Кагиров А.Г., Ордобаев Б.С.*
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск
**Кыргызско-Российский славянский университет, г. Бишкек, Киргизия*

В настоящее время при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений актуальной проблемой является увеличение их устойчивости к воздействиям, вызванными природными катаклизмами и техногенными чрезвычайными ситуациями такими как: длительное действие низких и высоких температур, пожары, наводнения, землетрясения, взрывы и т.д. Здание должно не только однократно выдержать сильное воздействие, чтобы спасти жизнь и здоровье людей, но быть способным длительно функционировать в экстремальных условиях, без повреждения несущих конструкций и систем жизнеобеспечения. Так же необходимо учитывать постоянно растущие требования к энергоэффективности и комфортности проживания при снижении себестоимости строительства и затрат на последующую эксплуатацию жилья.

Ранее нами была предложена концепция малоэтажного сейсмоустойчивого энергоэффективного строительства, в которой обозначены основные факторы, влияющие на жизненный цикл зданий и то, как нужно снижать или устранять их воздействие. Предложено строить малоэтажные здания, без заглубления и привязки к грунту, без несущих стен, не применять не технологичные и/или не долговечные материалы и изделия, заполнить все ограждающие конструкции монолитным лёгким бетоном [1].

Предложенная концепция может быть реализована с применением внутреннего несущего каркаса и формированием ограждающих конструкций из легких, негорючих материалов с высоким сопротивлением теплопередаче. Вариант такой конструкции предложен в [2] (рис. 1).

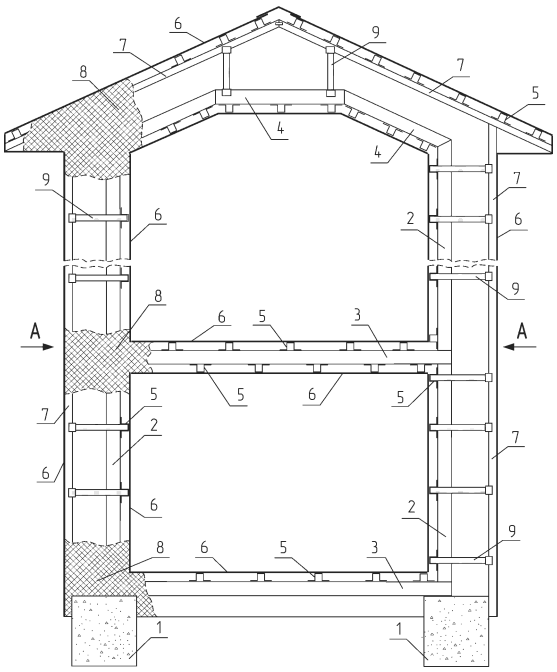


Рис. 1. Поперечный разрез здания: 1 – фундамент; 2 – колонна внутреннего каркаса; 3 – ригель внутреннего каркаса; 4 – балка перекрытия; 5 – гнутый профиль; 6 – лист опалубки; 7 – внешний каркас; 8 – лёгкий бетон; 9 – временный фиксатор.

Сущность предлагаемой конструкции в том, что здание состоит из двух каркасов. Внутренний несущий каркас здания состоит из колонн, ригелей и балок перекрытий выполненных из труб квадратного и/или прямоугольного сечения. При необходимости, для увеличения несущей способности, огнестойкости и сейсмостойкости трубы могут быть также заполнены тяжелым или лёгким бетоном. Это даёт возможность реализовать практически любую планировку

этажа, причём различную на каждом этаже. Высоты этажей так же могут быть различными в одном здании. Внешний каркас здания служит для крепления листов опалубки и, по необходимости, облицовочных фасадных элементов [3].

Расстояние между каркасами может быть от 10 см и выше, по толщине заполняемого монолитным легким бетоном, для обеспечения требуемых параметров по теплозащите здания.

Для реализации предложенной концепции с помощью данного технического решения мы постарались объединить технологию строительства на основе каркаса из стальных труб и технологию монолитной заливки полистиролбетоном [4].

Рассмотрим основные особенности современного полистиролбетона. Для приготовления полистиролбетона используются: цемент, вода, шарики вспененного пенополистирола и воздухововлекающая смола. В процессе приготовления смеси в цементное молоко вовлекаются мельчайшие пузырьки воздуха. Шарики пенополистирола способствуют равномерному распределению пузырьков в цементной матрице. Благодаря этому объёмный вес полистиролбетона по всему монолитно залитому объёму равномерен и лишь незначительно отличается по высоте заливки. В настоящее время налажено производство полистиролбетона, выдерживающего 500 циклов замораживания-оттаивания, и после чего не происходит разрушение материала под проектной нагрузкой.

Этапы возведения зданий предлагаемой конструкции:

- Решение об устройстве фундамента принимается исходя из размеров здания, данных геологических изысканий, зоны сейсмической активности, климатического пояса и всех других факторов, которые могут влиять на сроки эксплуатации объекта строительства;
- на фундаменте устанавливают колонны, необходимой высоты, и скрепляют их ригелями, образуя внутренний несущий каркас здания;
- на ригелях закрепляют балки перекрытия;
- при применении в качестве колонн, ригелей и балок перекрытия стальных прямоугольных труб, они закрепляются между собой сваркой, а при необходимости дополнительно болтовыми и/или заклепочными соединениями;
- при необходимости, колонны, ригеля и балки перекрытия, могут быть заполнены тяжёлым и/или лёгким бетоном требуемой марки;
- с внутренней стороны помещений, к колоннам и балкам перекрытий на заклёпки и/или саморезы крепят гнутый профиль;
- листы опалубки (по полу, стенам и потолку) закрепляют саморезами к гнутому профилю;
- с наружной стороны здания, на фундамент устанавливают внешний каркас, на необходимом расстоянии от внутреннего каркаса и оба каркаса скрепляют между собой, при необходимости, временными фиксаторами;
- к внешнему каркасу, саморезами, крепят листы несъемной опалубки;
- в пространстве опалубки прокладывают необходимые электрические и вентиляционные коммуникации, например, в гибких гофрированных тоннелях;
- устанавливают необходимое оборудование и устройства, например, розетки, выключатели, корпуса для электро- и сантехнического оборудования;
- устанавливают оконные и балконные блоки (без стеклопакетов) с креплением четвертей;
- в пространство опалубки заливают полистиролбетон, омоноличивая стену с включением внутрь внешнего и внутреннего каркаса здания, межэтажных перекрытий, необходимого технологического оборудования и коммуникаций. Заливку лёгким

бетоном производят на всех стенах вкруговую, по всему периметру здания или отдельной секции, но не более 0,6 м по высоте, за одну смену, своевременно демонтируя временные фиксаторы;

- устанавливают стеклопакеты;
- после просушки помещений выполняют отделку.

Конструктив здания позволяет после установки внутреннего несущего и внешнего каркасов, стропильной части крыши, выполнить монтаж наружных листов несъемной опалубки по всей высоте здания, обустроить покрытие кровли, установить оконные и балконные блоки и только потом заполнять пространство опалубки легким бетоном. Уже на этой стадии сооружение заключено во внешнюю «скорлупу», и все дальнейшие внутренние работы практически не зависят от погодных условий.

Следует особо отметить что, находясь в монолитно залитом полистиролбетоне поризованной структуры с расходом цемента 200 кг/м^3 и более, несущие конструкции здания надежно защищены от агрессивных факторов окружающей среды (влаги, воздуха, высоких температур, вибрации и т. п.), многократно увеличивая срок эксплуатации конструкции в целом [4].

В современных условиях жильцам важна не только стоимость квадратного метра жилья, но и размер ежемесячных платежей за потреблённые ресурсы и услуги. По нашим расчетам, для созданий условий комфортного проживания в зданиях, построенных в соответствие с представленной концепцией и соблюдения энергоэффективного режима их эксплуатации, необходимо применять в ограждающих конструкциях монолитный модифицированный полистиролбетон марки D180 толщиной 400…600 мм. Таким образом, всё здание (фундамент, все стены, перекрытия, крыша) должно быть залито монолитно, с выбором марки ПСБ в зависимости от конструктивных требований. При этом будут отсутствовать «мостики холода», и весь массив полистиролбетона будет являться эффективной теплоизоляцией внутреннего пространства дома от окружающей среды.

За счет применения специальной конструкции здания, самых энергоэффективных на сегодняшний день оконных и дверных блоков, энергосберегающих материалов стен и крыши, приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла воздуха и малоинерционных отопительных систем (например, инфракрасных электрообогревателей) удается добиться снижения тепловых потерь на 90 % (в 10 раз) от нормативных показателей для зданий таких размеров согласно требований СНиП 23-02-2003 и может быть достигнут класс энергосбережения А ++ (очень высокий) [5].

Здание, построенное по такой технологии, соответствует всем требованиям, предъявляемым к «пассивному» дому. Теплозащита этого дома такова, что для компенсации теплопотерь через все ограждающие конструкции будет достаточно тепловыделений от бытовой техники (электроплита, холодильник, компьютеры, лампы) и самих жителей. При толщине ограждающих конструкций в 0.6 м включение системы отопления требуется при температуре окружающей среды ниже -20ºС.

С целью контроля технологии заливки ПСБ и мониторинга состояния ограждающих конструкций в процессе эксплуатации здания разработана система температурного контроля по всей толщине стены. В наружной стене здания устанавливается система с датчиками температуры с блоком обработки, памятью и возможностью передачи данных для управления необходимым системам управления микроклимата в помещениях.

Например, на одном из последних объектов строительства в г. Томске (рис.2) в частном коттедже площадью 425 квадратных метров в восточной стене были залиты ПСБ, в процессе строительства датчики температуры и установлен блок правления.



Рис. 2. Коттедж, построенный по данной технологии.

Один датчик измеряет температуру наружного воздуха, следующий – стены, затем 12 датчиков равномерно распределены в массиве стены, толщиной 600 миллиметров, из ПСБ марки D180, под углом 45° (рис. 3). Показания датчиков фиксировались сначала с интервалом 15 секунд, затем 1 минута и в дальнейшем 15 минут, так как тепловая инертность материала в условиях эксплуатации была достаточно большой. Современные цифровые датчики устойчиво работают во всём температурном диапазоне, который может быть в ограждающих конструкциях в течение года.



Рис. 3. Расположение системы термодатчиков внутри стены.

Первые результаты работы данной системы мы начали получать уже в процессе заполнения опалубки монолитным полистиролбетоном. На рис. 4 показаны данные по температуре массива стены на третье сутки после заливки. Как видно по показаниям датчиков № 0 и № 15, температура воздуха около + 6°С (стеклопакеты ещё не установлены), а внутри массива произошел саморазогрев до + 68°С (датчик № 7). Используя получаемые данные, в реальном времени и анализируя базу данных, мы можем лучше контролировать химическую реакцию, процесс твердения и набора прочности ПСБ. Это даёт возможность регулировать подогрев воды в холодное время года и не перегревать раствор ПСБ в жаркое.

Для просмотра базы данных написана программа, позволяющая просматривать данные в динамике в обе стороны и с разной скоростью.

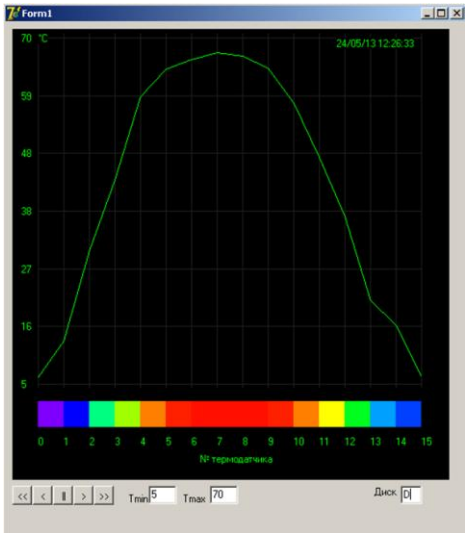


Рис. 4. Контроль технологического процесса заливки ПСБ.

На рис. 5 показано распределение температур в самый холодный момент 2013 года 31 января. Кратко проанализируем эти данные:

- температура наружного воздуха около -34°С, датчик № 0;
- температура внутреннего воздуха около +18°С, датчик № 15;
- перепад температуры между воздухом в помещении и поверхностью стены на уровне погрешности измерения, датчики № 15 и № 14.

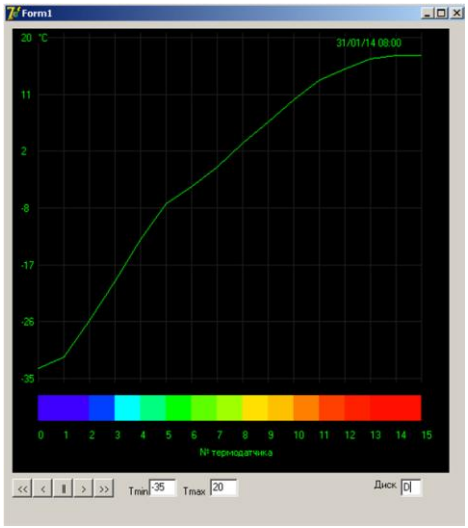


Рис. 5. Контроль состояния ограждающих конструкций в ходе эксплуатации.

На рис. 6 показана термограмма фасада коттеджа, сделанная 6марта 2015 года около 19.30. Кратко проанализируем эти данные:

- температура воздуха в помещении +26°С;
- температура наружного воздуха около -20°С;
- температура на стене -16,6°С;
- температура на стеклопакета -11,6°С.

В этот день температура воздуха днём была порядка -13°С и после захода солнца понизилась до -20°С.

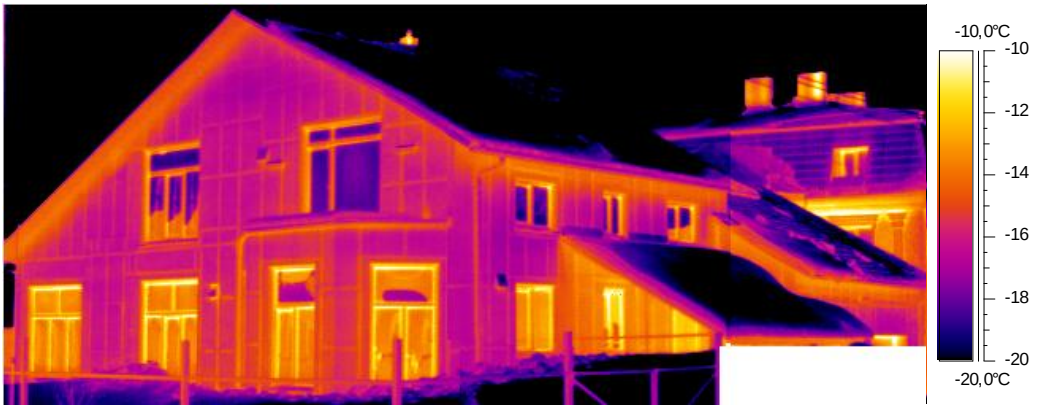


Рис. 6. Тепловизионная съемка фасада коттеджа.

Предполагается на последующих объектах строительства так же устанавливать данную систему и подключать к ней уже системы управления микроклиматом: инфракрасные электрические обогреватели, рекуператоры приточно-вытяжной вентиляции. Электроника в автоматическом режиме сможет заранее как увеличивать, так и уменьшать обогрев или охлаждение воздуха внутри помещений, учитывая предпочтения человека и динамику изменения температуры окружающей среды, времени суток, пребывания людей в здании и их количества. Возможно подключение охранных и пожарных систем сигнализации.

Таким образом, здания, построенные с применением данной технологии, являются объектами капитального строительства с длительным сроком эксплуатации, 100 и более лет, и обладают повышенной устойчивостью к природным и техногенным воздействиям.

Выводы

Предложенная технология позволяет строить быстровозводимые (до 2-х месяцев на объект) объекты капитального строительства с длительным сроком эксплуатации, 100 и более лет, обладающие повышенной устойчивостью к экстремальным условиям эксплуатации. При этом, себестоимость строительства сравнима с широко применяемыми в настоящее время технологиями и относительно низкими эксплуатационными затратами на поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях летом и зимой.

Литература

1. Шефер Ю.В. Ордобаев С.Б., Романенко С.В. Концепция малоэтажного сейсмоустойчивого энергоэффективного строительства. Вестник науки Сибири. 2012. № 5. Стр. 76-81.
2. Пат. 2503781 (РФ). Быстровозводимое энергоэффективное каркасное здание / Шефер Ю.В. Действует с 24.07.12, зарегистрирован 10.01.14. Бюл. № 1.
3. Пат. 97147 (РФ). Многослойная наружная стена с облицовкой / Шефер Ю.В. Действует с 30.04.10, зарегистрирован 27.08.10. Бюл. № 24.
4. ГОСТ Р 51263 – 2012. Полистиролбетон. Технические условия.
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.

УДК 728.1.012.18:69.057

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО МАЛОБЮДЖЕТНОГО ЗАГОРОДНОГО ЖИЛЬЯ

Титов М.М., Комягина М.В.
Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, г. Новосибирск

В настоящее время для достижения цели энергоэффективности жилья индивидуальные застройщики проектируют и строят дома, которые по технологиям используемого инженерного оборудования могут быть отнесены к зданиям высоких технологий, вследствие чего их изначальная стоимость многим приходится не по карману.

Представленный ниже проект, в первую очередь за счет технологии возведения, снижает исходную цену и по предварительным подсчетам за 1 $м^2$ будет выплачена стоимость в 12 тыс. рублей, при этом представляя свои плюсы в отношении энергоэффективности.

Здание представляет собой сблокированный двухэтажный жилой дом на десять квартир с изолированными входами (рис. 1). Конструкция здания предусматривает разделение всех квартир друг от друга брандмауэром. Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий проектом предусматривается озеленение посадками высокорастущих деревьев, рядовых и групповых кустарников, «живых изгородей», а также посевом многолетних трав.

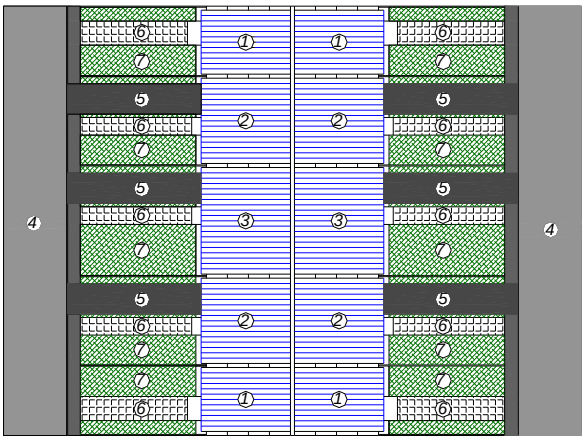


Рис. 1. Генеральный план.
1-жилой дом 6х8 м; 2-жилой дом 8х8 м; 3-жилой дом 10х8 м; 4-автодорога; 5-подъезд для автотранспорта; 6-пешеходная дорожка; 7-газон.

При многочисленных исследованиях специалистов был сделан следующий вывод: наружные стены должны быть из однородного материала с термическим сопротивлением не более 2 $м^2 \cdot С/Вт$. Иначе за летний период они не успеют просохнуть от влаги конденсата и стена будет разрушаться с возрастающей скоростью. И это при среднегодовой температуре +10 Cº. При нашей среднегодовой близкой к 0 Cº процесс пойдет быстрее.

В представленном проекте в качестве наружных стен выбран керамзитобетон исходя из следующих критериев:

- принципиально выше показатели по морозостойкости, прочности и долговечности по сравнению с другими ячеистыми бетонами.

- является экологическим материалом («биоблок»), так как исходным сырьем служат только природные компоненты;

- теплопроводность почти в 75 раз меньше, чем у стали;

- теплопроводность керамзитобетона может конкурировать с кирпичом;

- простота возведения конструкций из данного материала по сравнению с кирпичом.

Расчет теплопотерь ведется по одной из квартир. Поскольку со стороны трех стен, возведенных из керамзитобетонных блоков, будут отапливаемые жилые помещения, то теплопотери рассчитываются только со стороны фасада здания.

Решение проблемы теплопотерь через окна и вентиляцию решается за счет системы «ЗОП» - заполнение оконного проема с пленочным и жалюзийным теплоотражающими экранами (рис. 2) [1]. Данная система позволяет отказаться от утепления стен, срок эксплуатации ничем не гарантирован.

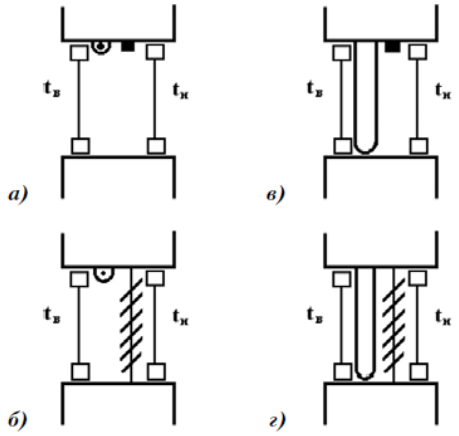


Рис. 2. Расчётные схемы ЗОП с плёночным и жалюзийным теплоотражающими экранами: а) экран и жалюзи подняты; б) экран поднят, жалюзи опущены; в) экран опущен, жалюзи подняты; г) экран и жалюзи опущены.

В межстекольном пространстве окна размещается управляемое теплоотражающее устройство (алюминиевые полированные жалюзи, шторки из алюминиевой фольги и т.п.), которое в ночное время или при отсутствии людей в помещении опускаются, увеличивая его сопротивление R от 0.2 до 1.0-2.5. В среднем за отопительный период это дает R=0,74-1,4. Величины термического сопротивления однокамерного стеклопакета приведены в табл. 1.

Таблица 1. Термическое сопротивление стеклопакета

Заполнение стеклопакета	Термическое сопротивление, $м^2С/Вт$		
	Теоретическое	Экспериментальное	Расхождение, %
Без экранов	0,174	0,178	2,2
Однослойный экран из алюминиевой фольги	1,245	1,245	0
Трехслойный экран из алюминиевой фольги	2,488	2,51	0,9
Трехслойный экран из полимерной пленки, обработанной составом на основе алюминиевого порошка с прозрачным клеем	1,243	1,279	2,8
Трехслойный экран из фольгированного целлофана	1,666	1,645	1,3

Таким образом, из табл. 1 следует, что с помощью теплоотражающих экранов возможно повышение термического сопротивления однокамерного стеклопакета в 14 раз.

На основании анализа полученных значений величин термических сопротивлений можно сделать вывод, что сопротивление теплопередаче напрямую зависит от количества теплоотражающих поверхностей.

При использовании в здании окон данной системы обеспечиваются комфортные условия и значительное сокращение энергопотребления. Способ позволяет управлять сопротивлением теплопередаче окна от 0,174 $м^2 \cdot °С/Вт$ (при свободном световом проёме) до 2,51 $м^2 \cdot °С/Вт$ (при отсутствии необходимости в естественном освещении). Также имеется возможность поддержания необходимого и достаточного воздухообмена.

Величины проходных сечений решеток вытяжной вентиляции выполняются управляемыми (вручную или автоматически).

Если люди находятся в помещении, то вентиляция работает с требуемой производительностью, когда людей в помещении нет – вентиляция закрыта. Такой подход позволит экономить тепло.

Кроме этого, пространство за батареей под окном утепляется и покрывается алюминиевой фольгой. Все эти вместе взятые простые мероприятия позволяют даже в условиях Западной Сибири отказаться от утепления наружных стен утеплителем, который:

а) недолговечен;

б) токсичен, а при пожаре токсичность продуктов горения сравнима с боевым отравляющим веществом;

в) неэкономичен.

Литература

1. Пат. 2194924 (РФ) Способ управления параметрами микроклимата помещения / Титов М.М., Лисин М.К., Власов В.А. Зарегистрирован 10.11.2004. Бюл. № 35.
2. Титов М.М., Лисин М.К. Управление теплопотерями как альтернатива утеплению стен// Строительные ведомости, 3(263), Новосибирск, 2007, с. 12.

УДК.666.97

ПОЛУАВТОНОМНЫЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭКОДОМ В КАМЕНУШКЕ ВБЛИЗИ АКАДЕМГОРОДКА

Зырянов В.В.
Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск

Введение

Более половины граждан хотели бы жить в своем доме с удобствами городской квартиры. Ценовой фактор является главным ограничителем, поэтому развитие малоэтажного строительства индивидуального жилья определяется затратами: на земельный участок, коммуникации, возведение дома и его эксплуатацию. Поиск оптимальной стратегии по соотношению капитальных затрат на дом и его эксплуатацию полностью зависят от застройщика. Можно дешево купить готовый быстро возводимый домик (по канадской, финской и т.д. технологии) и потом нести большие затраты на его содержание, или построить очень дорогой умный дом, но с минимальными затратами на его эксплуатацию. Можно быстро поставить деревянный дом с гарантируемым сроком службы 20 лет, а можно родовую усадьбу из камня на 100-200 лет без капитального ремонта. Выбор на практике крайне сложен. Для оптимизации выбора вполне пригоден критерий из инновационного бизнеса – 5 летний срок окупаемости. Современные дома в коттеджных поселках с инфраструктурой, например, в Подмосковье, стоят миллион $ и доступны лишь малой части населения. Большинство желающих жить в своем доме из среднего класса даже не представляют, каким должен быть их собственный дом. Следствием этого часто является долгострой или пустующие дома, т.е. по сути выброшенные на ветер средства, когда застройщик переоценил свои возможности или недооценил проблемы строительства. Главным критерием для принятия решения является соотношение между рыночной стоимостью недвижимости и имеющимися средствами. Строительство многоэтажек – хорошо организованный процесс с оптовыми ценами на материалы. Поэтому цена кв.м в загородных домах малой этажности объективно выше раза в 2. Услуги ЖКХ завышаются по многим причинам, поэтому разница в ценах частично компенсируется. С учетом своего теплого гаража и приусадебного участка разница уменьшается еще больше. Однако дома, предлагающиеся на рынке за 6 миллионов рублей, вряд ли могут быть отнесены к современным и удовлетворяющим нашим представлениям о своем доме. При наличии 3 миллионов рублей в ценах 2014 г. переходить к строительству большой риск. Мы располагали такими средними возможностями и, тем не менее, решили приступить к строительству. Мы понимали, что для успеха необходимо не только избежать ошибок, но и применить новые подходы, использовать современные технологии. Проблемами экономного экологического домостроения мы занимались на научно-технологическом уровне с 1980-х гг. в коллективе движения Экодом. Были разработаны основы целого ряда новых технологий с использованием грунта, местного сырья и отходов [1], которые были очень выгодны в случае организованного сезонного строительства эко-поселков. К владению новыми технологиями необходимо добавить 10-летний опыт сезонного строительства в ССО и шефских бригадах во времена СССР. К реальным подходам можно отнести строительство: 1) на базе «домика в деревне», где есть электричество и подъезд, 2) в обществе или кооперативе для застройки коттеджного поселка, где затраты на инфраструктуру распределяются между застройщиками. Мы выбрали первый вариант, потому что новые, не апробированные ранее подходы и технологии невозможны в организованной массовой застройке, Бесплатно представляемые участки земли в ЖСК СО РАН не компенсируют, по нашему мнению, избыточных затрат на создание инфраструктуры и отсутствие выбора.

Выбор участка и проект дома

В результате многолетнего поиска мы выбрали земельный участок в 16 соток с домиком и подведенной электрической сетью в Каменушке, в 7 км от Академгородка. На его приобретение ушла половина имеющихся средств. Плюсы участка: юго-восточный склон, асфальтированная дорога в 30-40 м, достаточно большая площадь и вдобавок рядом свободная земля, толстый слой жирного чернозема, пруд в 20 м, 7 мин езды до проспекта Лаврентьева. Минус: ужасное состояние участка и домика, ценность которого была сильно отрицательной. Со временем выявились другие недостатки: малопригодный для строительства грунт, стрельбище через дорогу, холодный климат – здесь бывает до 5 градусов прохладнее, чем в близлежащем Академгородке.

Проект своего дома мы разрабатывали более 20 лет, но после покупки участка он перерабатывался еще много раз. Проект дома, помимо чисто потребительских желаний, должен создаваться с учетом участка – грунта, наклона, ориентации, подъездной дороги, возможных коммуникаций, и пакета совместимых строительных технологий, пригодных для сезонного строительства с минимальным привлечением дорогой техники и строителей. Наш выбор – дом на 100 лет и более: максимально энергоэффективный, при использовании простых и дешевых решений с использованием дровяного камина как основного источника отопления, полуавтономный (техническая вода из скважины в доме, сухой биотуалет для максимального снижения стоков, очистка и накопление серых стоков для последующего полива участка, раздельный сбор мусора), гараж на две машины, крыльцо, теплица как тепловой буфер (рис. 1).

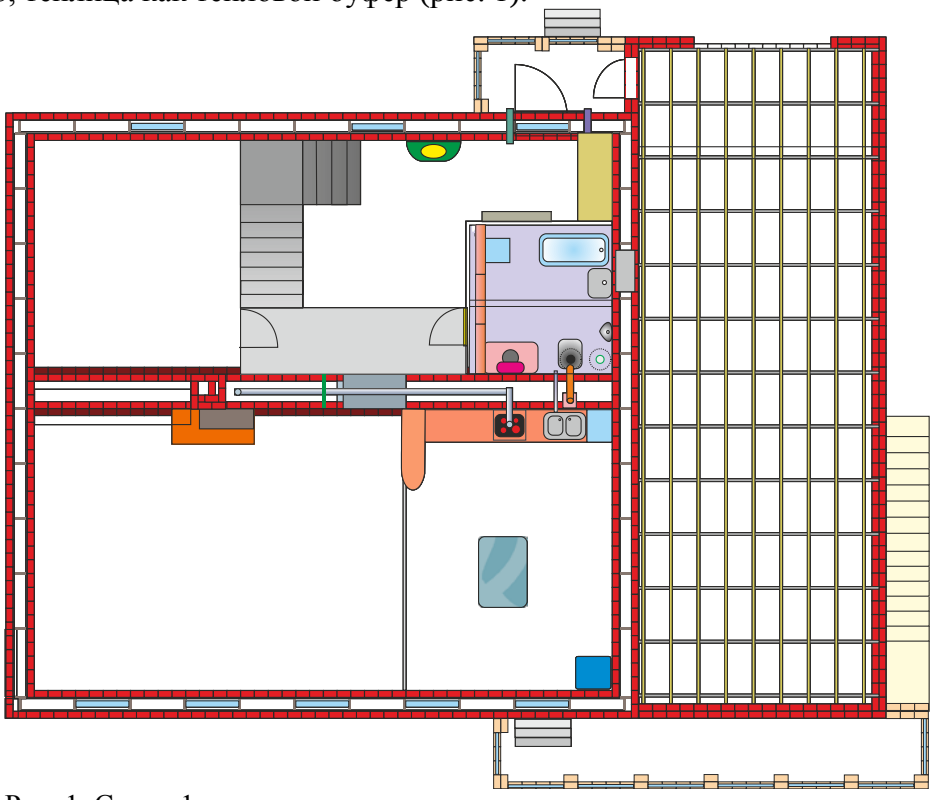


Рис. 1. Схема 1-го этажа экодома.

Подвальное помещение на полдома запланировано для размещения инженерных систем, а весь грунт из подвала объемом 80 кубометров используется как заполнитель в цоколе и центральной массивной стене. Эта идея баланса по грунту была заложена в проекте «Экодома», который победил на открытом конкурсе «Свой дом» в 1996 г. Мы планировали максимально адаптировать разработанные ранее локальные

минитехнологии для строительства экопоселков [1] к единичному экодому. Строительство дома в экопоселке заведомо дешевле и качественнее, чем при возведении одного дома, но пока нет реализованного образца аргументы в пользу экодомов мало убедительны для среднего застройщика. Дом представляет собой классическую пятистенку: внешние стены из деревянного каркаса, заполненного соломой и закрытого оргалитом. Внешняя стена выполнена из пустотного облицовочного кирпича, пустоты заполнены вермикулитом. Внутренняя стена из полнотелого кирпича. Зазоры между каркасом и стенками заполнены керамзитом. Центральная стена в основании имеет ширину в 3 кирпича, 2.5 кирпича на первом и 2 кирпича на втором этаже. Кладка колодцами с перевязкой и послойным заполнением трамбованным влажным грунтом обеспечивает достаточную несущую прочность при минимальном потреблении материалов и максимальной утилизации грунта. Перекрытия выполнены из стальных прямоугольных труб, которые может установить даже один строитель. Большая масса стен крайне необходима для обеспечения тепловой инерции дома в условиях холодного климата. В то же время внешние многослойные стены относительно легкие – нагрузка на грунт по внешнему фундаменту не превышает 1 кг /см^2. Масса дома составляет 350 тонн, что во много раз больше деревянных домов. Для увеличения тепловой инерции в подвале дома располагаются резервуары для технической воды и серых стоков объемом до 30 кубометров, а также 1 кубометр соли, теплоемкость которой с фазовым превращением на порядок выше воды. Сначала планировали дом полумансардного типа, но в итоге выбрали необычное для Сибири решение с плоской крышей. Плюсы этого выбора: 1) дополнительно 100 кв м полезной площади летом с прекрасным видом на озеро и сопки вокруг, к тому же гнус и комары на 6 м высоте не столь многочисленны; 2) очень значительное дополнительное утепление крыши за счет снега толщиной до 1-1.5 м; 3) решение намного дешевле, быстрее и безопаснее в реализации, что особенно важно, т.к. очередь крыши подходит к осени – в это время крайне сложно строить обычную крышу под ветром и осадками. В проекте закладывается совместимая комбинация решений: грунт используется в качестве материала для забутовки цоколя и центральной стены, в создаваемом при выемке грунта подвале размещается система резервуаров для хранения и подогрева воды из скважины с температурой 8 °С солнечными коллекторами в теплице, серые стоки при хранении до 6 месяцев полностью очищаются бактериями, а перед сбросом избытка воды в резервуар за пределами дома она используется для подогрева входящего воздуха. Чтобы сэкономить на топливе и системе отопления с разводкой по дому используется весь арсенал средств: теплые стены с энергоэффективной отделкой, утепленный фундамент и цоколь, тепловое зонирование дома, грунт в подвале подогревается теплом с воздушных солнечных коллекторов, окна из максимально энергосберегающих стеклопакетов, заполненных инертным газом, оборудуются рольставнями снаружи и римскими шторами изнутри. Оконные проемы размещены в основном на южной стороне. Половина дома окружена буферными зонами для сокращения тепловых потерь. Принудительная вентиляция с пассивным подогревом воздуха зимой и охлаждением летом позволяет значительно снизить стоимость и повысить теплозащиту стеклопакетов за счет отсутствия створок и форточек. Встроенный пылесос с выбросом очищенного воздуха в подвальное помещение обеспечивает круглогодично идеально чистый воздух в доме. От системы солнечных коллекторов на крыше мы отказались ввиду нерентабельности и сложности монтажа и обслуживания.

Строительство

Строительство дома планировали разбить на два сезона. На первый год - подготовка и планировка участка, посадки деревьев и кустарников, дорога, скважина,

фундамент и цоколь, резервуары для очищенных стоков для полива, заготовка основных материалов – кирпич, пиломатериал, солома, стальной прокат, стекломагнезиевый лист, керамогранит. За один сезон построить запланированный дом невозможно: 1) несущая способность фундамента увеличивается за счет диффузии реагента; 2) солома доступна лишь осенью. На второй год – основное строительство, с выходом осенью на отделочные работы и запуск инженерных систем к зиме. Мы планировали привлечь помощников, но этого не удалось сделать из-за их дефицита ввиду строительного бума. Из-за ряда накладок, включая непогоду, срыв поставок, отладки технологических идей и поломок оборудования общестроительные работы были выполнены лишь на 80%, т.е. дом ушел в зиму недоделанным. К осени 2015 г. планируется завершение строительства дома, включая инженерные системы и большую часть отделочных работ.

Первые работы на участке – очистка от мусора, планировка. При планировке участка и снятии почвы под дом обнаружилось, что грунт имеет очень малую несущую способность. Практически из-за высокой влажности суглинок представлял собой под нагрузкой вязкую жидкость. Трактор с 2 м колесами чуть не утонул на площадке. Это заставило искать новые решения для фундамента. Мы стали рассчитывать фундамент на винтовых сваях, но смета для нашего грунта превысила полмиллиона руб только на установку свай. Тогда мы решили воспользоваться своими собственными рекомендациями 1990 гг. по стабилизации грунта при строительстве дешевых местных дорог на базе отходов – буроугольной золы уноса и отсева. Для дороги была очищена от почвы площадка 40х4 м, на которую нанесли слой 2-3 см золы с малой добавкой реагента, перемешали с грунтом лопатой и граблями до глубины 5-10 см, и утрамбовали с помощью легкового автомобиля. Сверху нанесли отсев 3 см и разравняли граблями. Такая дорога обошлась нам в 70 руб за кв. м, и сразу показала свою эффективность. Даже залитая водой она выдержала проезд десятков нагруженных грузовиков с массой более 15 тонн. Этот успешный эксперимент по эффективной и дешевой стабилизации грунта позволил с минимальными рисками перейти к созданию фундамента по совершенно новой технологии (рис. 2.).



Рис. 2. Создание фундамента на переувлажненном суглинке.

В короткое окно между ливнями были выкопаны ямобуром ямы глубиной 2 м диаметром 20 см с шагом 1 м по всей длине фундамента. Ямы начали заливать раствором на основе золы и песка с малыми добавками цемента и реагента (технология готовится к патентованию). Во время работ пошли сильные ливни, ямы полностью залило водой с частичным обрушением. Но даже такие события не испортили результат эксперимента. Воду из ям откачали, а остаток в виде густой суспензии глины перемешали с зольным раствором с помощью шеста. Поверх оснований из слабого дилатирующего при твердении бетона залили практически без опалубки дешевый бетон своего приготовления на основе вяжущего: 60% цемента и 40% золы, песка и щебня с добавкой реагента. В качестве арматуры использовали 6 мм стеклопластик в количестве 200 м. На этом фундаменте высотой около 20 см выложили кирпичный цоколь высотой 70 см в виде колодцев, заполненных грунтов. Сверху залили бетонную стяжку с вертикально установленной доской по периметру для крепежа деревянного каркаса. Такое простое решение одновременно устраняло тепловой мостик на цоколе. Фундамент с высоким цоколем обошелся в 10 раз дешевле лучшего аналога, предлагавшегося на рынке. Фундамент прошел полноценную проверку двумя зимами, в т.ч. и под максимальной нагрузкой и показал отсутствие каких либо проблем со стабилизированным по новой технологии грунтом. Расчеты показали, что за счет диффузии реагента в течение двух лет произошла стабилизация грунта до сплошного ростверка шириной 0.8 м и глубиной до 2.5 м. По результатам лабораторных экспериментов, при влажности этого грунта 18% несущая способность составляет 0.7 и 1.3 кг/см^2 до и после стабилизации реагентом, т.е. даже при этой очень высокой влажности грунта его несущей способности уже достаточно для построенного дома. Если влажность грунта под домом поддерживать даже на высоком уровне 15%, то имеем несущую способность исходного и стабилизированного грунта 2.8 и 4.0 соответственно, т.е. 3-х кратный запас прочности.

При сезонном строительстве ключевым фактором является время. Очень важно найти баланс между производством на месте и закупкой материалов на рынке. Для экономии времени и средств мы сами готовили бетон и раствор. Однако в 2014 г. поставка золы сорвалась, а работы некоторое время продолжались в том же ключе. Для пластичности в раствор добавляли суглинок с подвала. Это обеспечивало хорошее качество раствора, но лишь при оптимальной дозировке, а также требовало значительно больше времени на перемешивание. Мы перешли на покупной известковый раствор, но в итоге потери времени составили неделю. Экономия не оправдалась, и это было самой значительной ошибкой. Завершение работ пришлось на очень плохие погодные условия при укороченном рабочем дне. Перечислим заодно и другие ошибки. Постановка деревянного каркаса на цоколь прошла за несколько дней до сильного ветра. В итоге каркас раскачался и наклонился наружу. Впоследствии это привело к необходимости его выправлять, что потребовало времени и усилий. Особенно этот вызванный погодой дефект усугубился дождями: оргалит распух, произошло выпячивание, которое вместе наклоном каркаса превысило в 2-3 раза заложенный зазор 2.5 см. Это сильно мешало кладке и привело к потере времени. В конечном итоге полученный реальный опыт заставил пересмотреть каркасную технологию. Найдено новое простое решение без деревянного каркаса, намного более простое и дешевое, независящее от погодных условий. Теплозащита в бескаркасной версии многослойных стен будет чуть ниже – на ~10%, но общий выигрыш во времени и затратах столь велик, что позволяет легко компенсировать тепловые потери более энергоэффективной отделкой и при этом сильно сэкономить в целом.

Революционное для Сибири решение с плоской крышей стало возможным благодаря появлению новых материалов на рынке – стекломагнезиевого листа СМЛ, и

керамогранита. СМЛ дешевле гипсокартона и более устойчив к влаге. Листы СМЛ толщиной 8 и 10 мм использовались для обкладки соломенного утеплителя. Керамогранит обеспечивает выполнение всех жестких требований к плоской кровле – долговечность, морозоустойчивость, прочность, водонепроницаемость при высоких эстетических показателях.

Инженерные системы, заменяющие коммуникации, широко предлагаются на рынке. Однако в совокупности стандартные решения очень дороги и не всегда решают поставленные задачи. Например, септики имеют объемы несколько кубометров, т.е. он заполняется при использовании обычного ватерклозета за одну-две недели. При отсутствии дренажа в зимний период возникает необходимость его частого опорожнения, что не только дорого, но часто и невозможно из-за отсутствия подъезда. Дренаж недостаточно очищенных стоков вблизи дома порождает проблемы не только со специфическим запахом, но и подтоплением своего дома и соседей. Мы нашли такую комбинацию технических решений, которая совместима и стоит недорого, почти не требует обслуживания, т.е. пассивного типа. Оказалось, что поставить в подвале готовые пластиковые емкости проще и дешевле, чем делать резервуары из обычных материалов. Это обеспечивает абсолютную надежность, а также позволяет очищать воду из скважины без затрат – простая последовательность емкостей с сифонным соединением способствует осаждению хлопьев из гидроксида железа в первых двух баках. Если использовать сухой биореактор, то объемы потребляемой в доме воды резко уменьшаются, а серые стоки можно очистить с помощью бактерий за 6 холодных месяцев перед использованием для полива. Большой объем воды в подвале обеспечивает сезонное сглаживание температур, а суточные колебания призваны уменьшить емкости с глауберовой солью. Теплота фазового превращения – кристаллизации при комфортной температуре 37 °С на порядок эффективнее простого запасания тепла в воде. После реального тестирования дома несложно нарастить объем тепловых аккумуляторов в случае необходимости. Камин с водяным контуром имеет повышенную мощность и идеально совместим с солевым аккумулятором тепла. Мощности около 20 кВт почти хватает по расчетам для обогрева дома с тепловым зонированием. Небольшой подогрев в нужном помещении легче и дешевле осуществлять за счет электричества, чем создавать мощную систему отопления, которая будет простаивать почти круглый год. Перегрев в теплице не допускается при установке в них солнечных коллекторов, тепло с которых эффективно передается в резервуары с относительно холодной водой из скважины.

Предварительная оценка затрат на строительство экодома с отделкой дает 5 тыс. руб/м^2 на всю полезную площадь, 15 тыс. руб/м^2 для отапливаемой площади. Даже с учетом стоимости участка цена не превысит 23 тыс. руб. Средняя цена квадратного метра в мегаполисе составляет 55-100 тыс. руб/м^2. Затраты на эксплуатацию (электроэнергия и дрова) ожидаются на уровне 600+700=1300 руб/месяц. Сейчас мы платим за услуги ЖКХ 5000 руб/месяц за квартиру площадью 67 кв. м. Даже без учета теплого гаража и приусадебного участка с теплицей капитальные затраты ниже в 3-4 раза, а расходы на содержание ниже в 7 раз по отапливаемой площади и в 20 раз по общей. Это убедительно доказывает преимущество своего экодома, построенного по новым технологиям и проектам. При нормальном организованном строительстве экопоселков разница еще вырастет при улучшении качества жилья и окружающей среды. Для реализации концепции строительства экопоселков необходима дорога и электроэнергия. Новая технология строительства улучшенных местных дорог разработана и апробирована – стоимость составит не более 200 руб/м^2, средняя цена на рынке 2000 руб/м^2. Электроэнергия пока является продуктом монополий. Основной работой автора в Академии Наук является создание новой энергетики на основе

наноматериалов – распределенной мультигенерации при сжигании в обогащенной кислородом атмосфере невостребованных твердых топлив [2-3]. При комплексном использовании природных ресурсов, а также вовлечении отходов углеобогащения, шламов водоочистки и т.п., главным продуктом является микросферный материал (зола по терминологии энергетиков) – до 80% в доходах при существующих ценах. Другими словами, электрическая и тепловая энергия как «отходы» производства микросфер имеют значительную гибкость в ценообразовании. Микросферные материалы имеют множество приложений, но самое масштабное в качестве добавки в бетон. Замена 20% цемента на микросферы приводит к росту прочности бетона в 2 раза [4]. Микросферы из бурых углей являются лучшим материалом для стабилизации грунтов, что необходимо при строительстве дорог и фундаментов на подавляющей части нашей страны. МикроТЭС на высокозольных углях с эко-поселениями позволяют перейти на устойчивый тип развития с минимальным потреблением невозобновляемых ресурсов без давления на окружающую среду. Ключевой позицией в концепции распределенной мультигенерации является кислородная мембрана с рабочей температурой около 600 °С. Для полного сгорания твердого топлива при температуре чуть выше точки плавления неорганической компоненты и получения качественных материалов вместо отходов требуется обогащение кислородом до 30-50% и тонкий помол топлива с добавками.

Заключение

Успешно апробирован ряд новых технических и технологических решений по созданию улучшенных грунтовых дорог, фундаментов на слабых грунтах. Построен по оригинальному проекту полуавтономный энергоэффективный экодом каркасной конструкции с использованием грунта для заполнения стен и соломы в качестве утеплителя. Комбинация совместимых технических решений позволяет обойтись без центральных коммуникаций. По предварительным оценкам, затраты на создание и обслуживание экодома с комфортными условиями проживания в 3-10 раз ниже сложившихся цен на рынке. При реализации концепции распределенной мультигенерации станет возможным массовое строительство автономных эко-поселений, удовлетворяющим всем требованиям ООН по устойчивому развитию. Работы по мембранам поддержаны РФФИ, проект 14-03-0801.

Литература

1. Зырянов В.В. Химия в интересах устойчивого развития / 3 №3 (1995) 215-230.
2. Зырянов В.В. Конструкции из композиционных материалов / В.3 (2012) 23-35.
3. Зырянов В.В. Теплоэнергетика / 2015. №4. С. 1-9.
4. Зырянов В.В., Зырянов Д.В. Зола уноса – техногенное сырье. – М.: Маска. 2009.

УДК: 53.05

ВЕТРОВОЕ ДАВЛЕНИЕ В ТАНДЕМЕ МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ПРИ ИХ НЕЛИНЕЙНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ

Гныря А.И.[1], Коробков С.В.[1], Мокшин Д.И.[1], Кошин А.А.[1], Терехов В.И.[2]
[1]Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск
[2]Институт теплофизики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск

Увеличение темпов роста зданий повышенной этажности в России привело к необходимости формирования общей модели расчета ветрового воздействия на ограждающие конструкции. Наиболее часто исследование аэродинамики и ветровой нагрузки носит частный характер и может быть применено только в конкретном случае [1]. В последние годы активность работ в области промышленной аэродинамики заметно повысилась [2-5]. Подобные исследования проводятся в ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Институте механики МГУ им. М.В. Ломоносова, СПбГУ, МГСУ, ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и др.

Нормы проектирования [6, 7] не в полной мере позволяют определить воздействие ветра на здание повышенной этажности. Кроме того, практически не учитывается наличие поблизости других зданий и сооружений.

Численные методы исследования зарекомендовали себя как эффективные и, относительно, недорогие в применении для решении сложных задач строительной аэродинамики, однако, по-прежнему, нуждаются в экспериментальном подтверждении. В свою очередь, экспериментальное моделирование наиболее приближено к реальным условиям и более полно отражает физические явления, несмотря на целый спектр проблем и особенно вызванные масштабным моделированием. Тем не менее, исследования плохообтекаемых тел с острыми кромками показывают [8], что в достаточно широком диапазоне чисел Рейнольдса ($10^4<Re<10^7$) их аэродинамические характеристики не претерпевают существенных изменений. Таким образом, имеет место явление автомодельности, при котором данные, полученные на моделях можно переносить и на результаты натурных экспериментов.

Исследование статических воздействий позволяет наиболее полно определить влияние ветрового потока на здания, находящиеся в сложных аэродинамических условиях. В условиях интерференции распределение ветрового давления в значительной степени отличается от данных, характерных для отдельно стоящих зданий и сооружений. Оказывает влияние не только расстояние между домами, но и направление ветрового потока, создающее сложные вихревые структуры.

Ряд экспериментов физического моделирования, методика которых описана в [9-11], показал некоторые особенности взаимного влияния двух одинаковых по конфигурации моделей на распределение ветрового давления по их граням. В частности, в работе [11] описаны особенности изменения ветрового давления на подветренную модель в тандеме при продольном увеличении расстояния между ними.

Дальнейшим шагом стало исследование изменения ветровой нагрузки при поперечном смещении подветренной модели из следа впередистоящей.

Экспериментальная модель состояла из призмы квадратного сечения 50х50 мм и высотой 300 мм. Перед моделью устанавливалось препятствие с аналогичной геометрической конфигурацией (рис. 1). Все эксперименты проводились при $Re = 4{,}25\cdot10^4$ и угле атаки воздушного потока $\varphi = 0^o$.

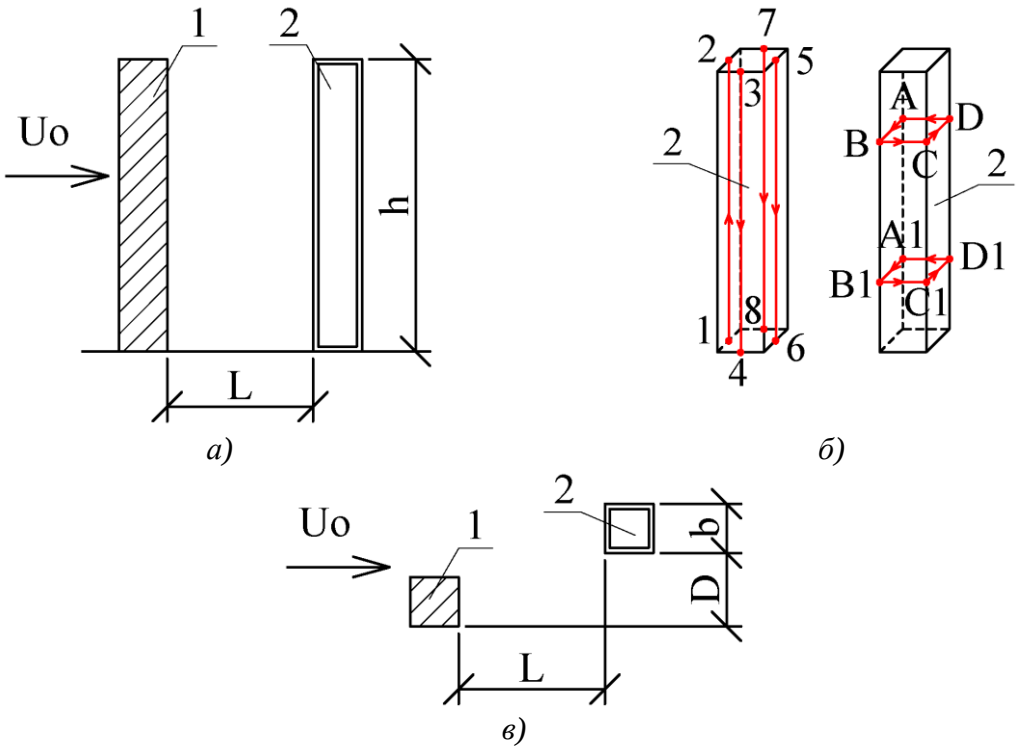


Рис. 1 Схема расположения исследуемой модели 2 относительно модели 1:
а – общий вид экспериментальной модели; *б* – вертикальные и горизонтальные сечения; *в* – схема расположения моделей при продольном (L) и поперечном (D) смещении.

Визуализация воздушного течения (рис. 2), отражающая движение воздуха вблизи основания моделей, может быть применена для анализа процесса вихреобразования и в средней их части.

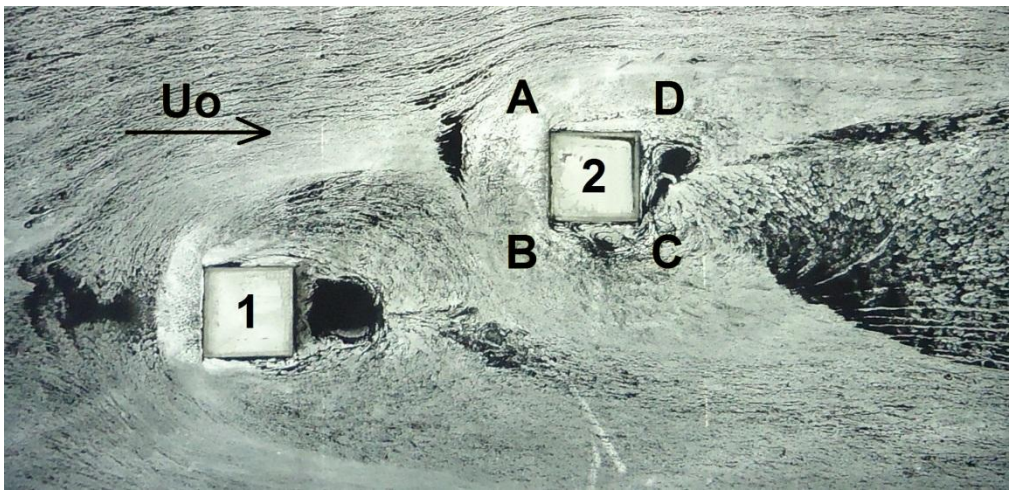
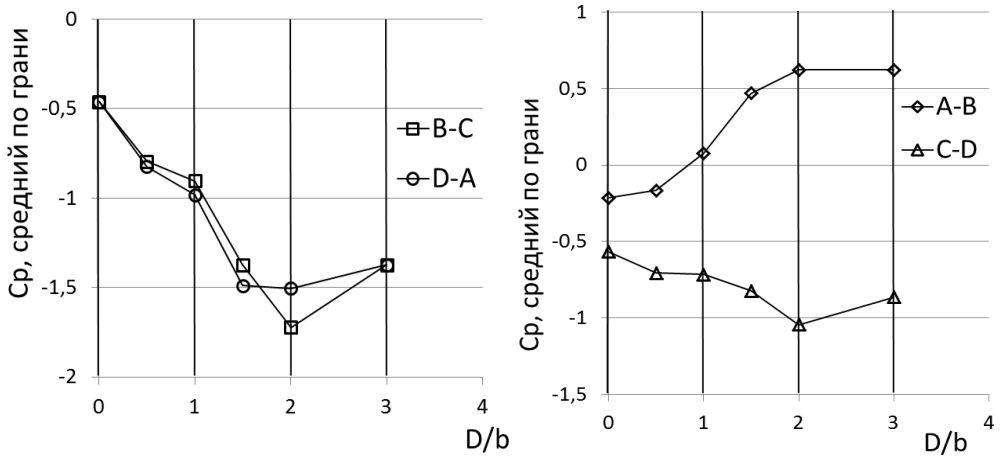


Рис.2 Визуализация течения воздуха вблизи тандема моделей зданий при поперечном смещении *D/b=1,5; L/b=3,0;* $\varphi = 0^{o}$

На грани *B*-C формируется вихревое течение, провоцируемое вихревой дорожкой за моделью 1 и срывом потока от ребра *B*.



а) б)

Рис. 3. Средний коэффициент давления по граням модели здания 2, $Re = 4{,}25 \cdot 10^4$; $\varphi = 0^o$

Анализируя данные рис. 3, а можно сделать вывод, что боковые грани модели 2, выходящей из следа модели 1 подвержены неодинаковому воздействию ветра на грани модели. Коэффициент бокового сопротивления (C_y) при D/b=0,5 до 1,5 равен от 0,1 до 0,2 в сторону грани D-A. При D/b=2 и выше направление воздействия меняется на противоположное с величиной C_y=0,25.

Это говорит о том, что, несмотря на наличие искусственного препятствия, коэффициент лобового сопротивления (C_x) остается равным по величине отдельно стоящей модели [10, 11] и изменяется от -0,45 до 1,7 (рис. 3, б). Вместе с тем добавляется поперечное ветровое воздействие, повышающее суммарную нагрузку на модель здания 2.

Литература

1. Саленко С.Д. Аэродинамические исследования комплекса высотных зданий [Текст] / С.Д. Саленко, Ю.А. Гостеев, А.Д. Обуховский, В.П. Однорал, Ю.В. Телкова // Аэродинамика и динамика полета летательных аппаратов: тез. докл. VII школы семинара СибНИА; под ред. А.Г. Румянцева. – Новосибирск, 2009. – С. 35-38.
2. Гувернюк С.В. Численное и физическое моделирование ветрового воздействия на группу высотных зданий [Текст] / С.В. Гувернюк, О.О. Егорычев, С.А. Исаев и др. // Вестник МГСУ. – Москва, 2011. № 3, том 1, С. 185-191.
3. Телкова Ю.В. Аэродинамика плохообтекаемых призматических тел в условиях интерференции [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (01.02.05) / Телкова Юлия Владимировна, Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск, 2012. – 23 с.
4. Синявин А.А. Экспериментальное исследование аэродинамической интерференции при обтекании тандема высотных зданий [Текст] / А.А. Синявин // Труды конференции-конкурса молодых ученых. Под редакцией академика РАН Г.Г. Черного, профессора В.А. Самсонова / МГУ. – Москва, 2013. – С. 41-48.
5. Кошин А.А. Анализ динамического воздействия воздушного потока на тандем моделей высотных зданий [Текст] / А.А. Кошин // Вестник ТГАСУ. – Томск, 2014. № 2. С. 134-141.
6. Свод правил 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 2004, - 186 с.

7. Свод правил 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 2011, - 85 с.
8. Девнин, С.И. Аэрогидромеханика плохообтекаемых конструкций [Текст] / С.И. Девнин. – Л.: Судостроение, 1983. – 331 с.
9. Кошин А.А. Аэродинамическая структура обтекания моделей зданий. Сажемасляная визуализация и поля давлений [Текст] / А.А. Кошин, А.И. Гныря, В.И. Терехов и др. // Интеграция, партнерство и ин-новации в строительной науке и образовании: сб.трудов международ. научн. конф. в 2 т. Т.1./ ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». – М.: МГСУ, 2011. С.
10. Кошин А.А. Комплексные экспериментальные исследования аэродинамики и теплообмена моделей зданий и сооружений [Текст] / А.А. Кошин, А.И. Гныря, В.И. Терехов // Вестник ТГАСУ. – Томск, 2011, №4. – С. 113-126.
11. Кошин А.А. Анализ динамического воздействия воздушного потока на тандем моделей высотных зданий [Текст] / А.А. Кошин // Вестник ТГАСУ. – Томск, 2014, №2. – С. 134-141.

УДК.693.5:536.24+532.51

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ТЕПЛООБМЕН ТАНДЕМА МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ПРИ МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ МЕЖДУ НИМИ И ВАРИАЦИИ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ

Гныря А.И.[1], Коробков С.В.[1], Мокшин Д.И.[1], Кошин А.А.[1], Терехов В.И.[2]
[1]Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск
[2]Институт теплофизики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск

Энергоресурсосбережение является одной из наиболее серьезных задач XXI века. Требуемые для развития энергоресурсы можно получить не только за счет увеличения добычи сырья в труднодоступных районах и строительства новых энергообъектов, но и уменьшением затрат за счёт энергосбережения. Одним из актуальных направлений энергосбережения является разработка норм теплопотребления производственными и жилыми зданиями и сооружениями.

В настоящее время разработанные нормы [1–3] не учитывают размещение здания (ландшафтные особенности, присутствие соседних зданий и т.д.), особенности климата (реальную температуру окружающего воздуха, направление ветра, влияние солнечного излучения и т.д.), особенности изменения температуры в течение суток.

Поэтому целью экспериментальных исследований таких, например как [4–8] является получение закономерностей процессов турбулентного переноса от изделий прямоугольной формы, которые моделируют отдельно стоящие здания, или же группы сооружений, взаимно влияющих друг на друга. Наиболее простой ситуацией является тандем зданий, но и в этом случае возможен большой вариант условий их расположения относительно друг друга, а также по отношению к направлению ветра. В имеющихся экспериментально-теоретических работах данного направления [4-8] решен ряд частных задач, который не в состоянии описать весь спектр возможных воздействий отрывных потоков, формируемыми различными гранями. Конечной целью подобных исследование является разработка технически обоснованных норм на тепловые потери через ограждающие конструкции. Для этого необходимо было создать физические модели зданий и сооружений и провести ряд экспериментов в аэродинамических трубах. Методика проведения экспериментов и обработки результатов измерений представлены в работах [9, 10].

Основным предметом исследования в данном разделе является опытное изучение среднего коэффициента теплоотдачи ряда двух моделей зданий и сооружений призматической формы, при изменении расстояния между ними в поперечном направлении относительно направления движения воздушного потока $L2/a$ (рис. 1).

Для этого было проведено два типа исследований:

1. Исследование структуры течения воздушного потока с помощью сажемасляной визуализации [11]. В ходе экспериментов все грани двух призм, в том числе и верхние поверхности, а также подложка, на которой устанавливались модели, покрывались тонким ровным слоем раствора черного цвета, полученного путем смешивания типографической краски и керосина.

Затем исследуемая модель помещалась в рабочую камеру аэродинамической трубы. Эксперимент продолжался до тех пор, пока не появилось четко видимая характерная картина обтекания модели потоком воздуха. После этого модель извлекалась из трубы и интересующие фрагменты визуализационных картин фотографировались (рис. 2).

2. Исследование интегрального теплообмена осуществлялось при помощи термопар типа (ХК) и АЦП. Для этого в опытах использовались так же две идентичные модели сечением 50×50 мм, и высотой 300 мм: передняя была без нагрева, позади нее – с нагревом. Все эксперименты проводились при одном числе Рейнольдса $Re = 4{,}25 \cdot 10^4$ и угле атаки воздушного потока $\varphi = 0^o$. Эксперимент продолжался до тех пор пока температура стенки модели не была $q_{cm} = \text{const}$.

Серия экспериментов по исследованию теплообмена проводились при следующих расстояниях между моделями: $L2/a = 0$; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0. и $L1/a = 0{,}5$. И их количество составило 20 шт.

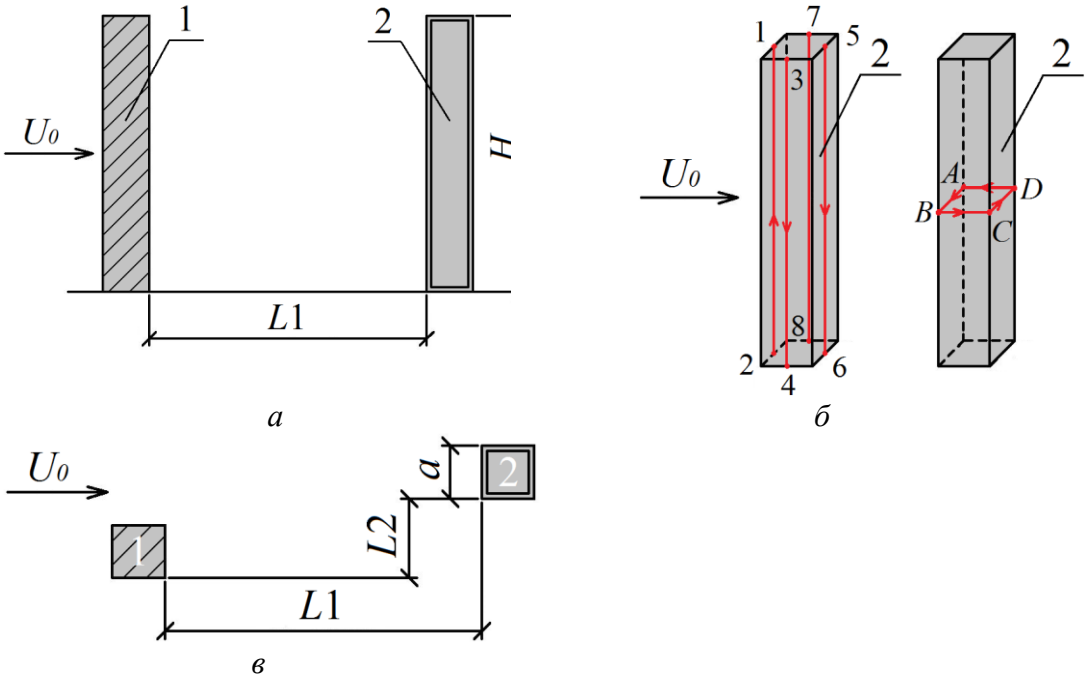


Рис. 1. Схема расположения исследуемой модели 2 относительно модели 1:
а – Общий вид экспериментальной модели; *б* – Вертикальные и горизонтальные сечения; *в* – Схема расположения моделей при поперечном смещении $L2$.

Определяющим параметром в данном исследовании является смещение от продольной оси канала ($L2/a$) (рис. 1).

Наиболее выраженное изменение структуры течения воздушного потока происходят при расстоянии между моделями $L1/a = 0{,}5 \div 1{,}0$ и смещении $L2/a = 0{,}5 \div 1{,}0$ (рис. 2).

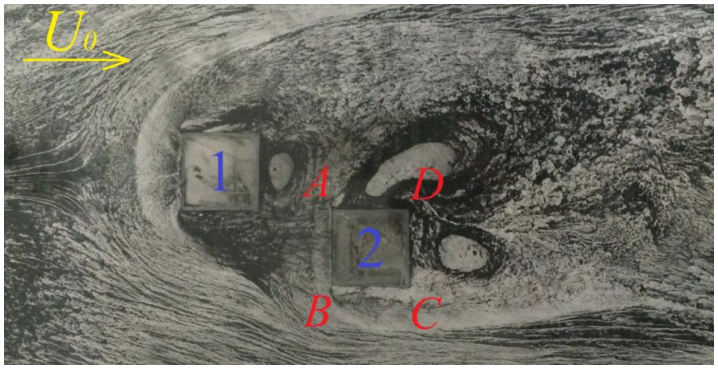


Рис.2. Визуализация течения воздуха вблизи тандема квадратных призм при поперечном смещении $L2/a = 1{,}0$, $L1/a = 1{,}0$, $\varphi = 0^o$.

При расстояниях между моделями $L1/a$ = 1,0 и $L2/a$ = 1,0 (рис. 2), на грани (D–A) модели 2 наблюдается сильное вихревое течение, которое образуется путем срыва воздушного потока с ребра A модели 2 и под воздействием прижимающего течения от ребра D модели 1.

Очевидно, что структура сложных отрывных течений будет непосредственно сказываться на характере изменения средней теплоотдачи. Одной из основных особенностей является наличие вихревых зон между призмами 1 и 2.

Характер изменения среднего по граням теплообмена модели в зависимости от ее смещения на $L2/a = 0 \div 2$ при угле атаки воздушного потока $\varphi = 0^{o}$ показаны на рис. 3. Для сравнения на этих рисунках представлены данные для $L2/a \rightarrow \infty$, что соответствовало случаю обтекания одиночной призмы на плоскости [12].

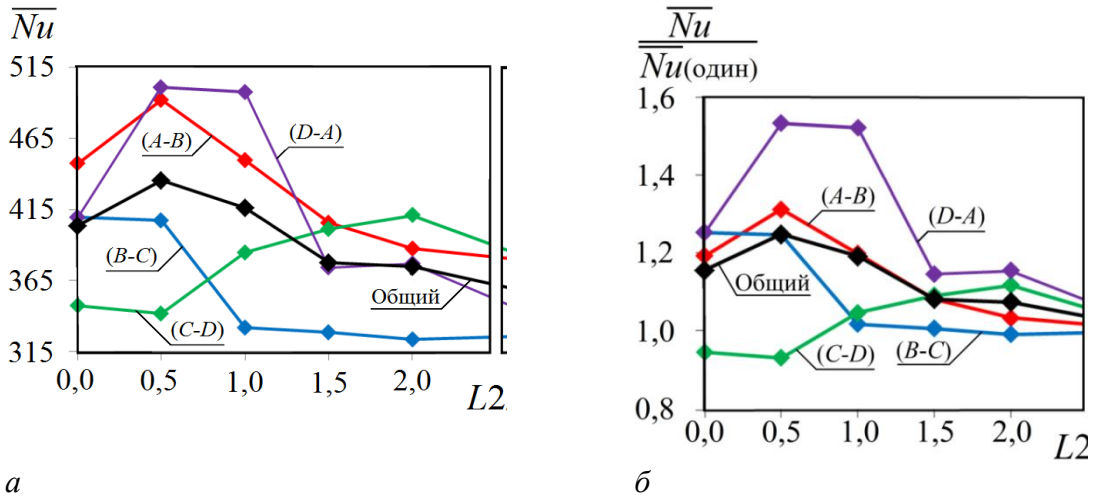


Рис. 3. Теплообмен граней модели 2 в зависимости от расстояния между моделями $L2/a$, $L1/a$ = 1,0; $Re = 4{,}25 \cdot 10^{4}$; ц $=0^{o}$:
а – зависимость $Nu/Nu_{(один)}$ от $L2/a$; *б* – зависимость Nu от $L2/a$;
♦ – средний по грани (A–B); ♦ – средний по грани (B–C);
♦ – средний по грани (C–D); ♦ – средний по грани (D–A); ♦ – средний по призме

При малом расстоянии между моделями $L1/a$ = 1,0 и смещении $L2/a$ от 0 до 2,0 (рис. 3) происходит интенсификация средних коэффициентов теплообмена по граням модели 2. Максимальная величина теплообмена находятся на боковой грани (D–A) при $L2/a$ = 0,5, минимальная – на боковой грани (B–C) при $L2/a$ = 2,0.

На кормовой грани (C–D) происходит изменение величины теплообмена при увеличении смещения $L2/a$ до 20 % при расстоянии $L2/a$ = 2,0, и вклад от этой грани в общий теплообмен становится существенным.

Большие изменения значений теплообмена происходят на лобовой (A–B) до 25% и на боковой (D–A) до 55 % гранях при смещении $L2/a$ = 0,5ч1,0. Дальнейшее увеличение смещения $L2/a$ = 1,0ч2,0 приводит к снижению величины теплообмена.

На боковой грани (B–C) теплообмен снижается при $L2/a > 0{,}5$, грань выходит из аэродинамического следа модели 1 и попадает под действие первичного отрывного течения.

При $L2/a > 1{,}0$ модель 2 выходит из следа модели 1, теплообмен от граней модели 2 резко снижается, стремясь к значениям граней отдельно стоящей призме.

Из рис. 3 также видно, что разброс данных по граням увеличивается при минимальном смещении моделей $L2/a$ = 0,5ч1,0 до 60 %. При $L2/a > 1{,}0$ модель 2

выходит из следа модели 1, теплообмен от граней модели 2 резко снижается и стремится к значениям отдельно стоящей модели.

Механизм снижения теплообмена при увеличении расстояния между призмами *L*2/*a*, как свидетельствуют визуализационные картины наблюдения [11], объясняется тем, что позади стоящая модель, выходит из аэродинамического следа впередистоящей модели, снижается воздействие отрывных течений и вихреобразова ния, что приводит к уменьшению значений коэффициентов теплообмена, при этом картина обтекания приближается к отдельно стоящей призме.

Литература

1. СНиП 23.02.2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. - М.: Стройиздат, 2011. - 81 с.
2. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России. - М.: Стройиздат, 2004. - 144 с.
3. ТСН 23-316-2000 Тепловая защита жилых и общественных зданий. Томская область / Госстрой России. - М.: Стройиздат, 2000. - 23 с.
4. Meinders E.R., Van Der Meer T.H, Hanjalic K. Local convective heat transfer from an array of wall-mounted cubes // Int. J. Heat Mass Transfer. 1997. Pp. 335–346.
5. Meinders E.R., Hanjalic K. Vortex structure and heat transfer in turbulent flow over a wall-mounted matrix of cubes // Int. J Heat Mass Transfer. 1999. Pp. 255–267.
6. Meinders E.R., Hanjalic K. Experimental study of the convective heat transfer from in-line and staggered configurations of two wall-mounted cubes // Int. J. Heat Mass Transfer. 2002. Pp. 465–482.
7. Терехов В.И., Гныря А.И., Коробков С.В. Структура течения и теплообмен от одиночного куба, расположенного на поверхности при различных углах атаки // Теплофизика и аэромеханика. – 2010. – Т.17, №4. – С. 521- 533.
8. Гныря А.И., Терехов В.И., Коробков С.В. результаты визуализации течения воздушного потока вдоль ряда из двух кубов, расположенных на плоскости друг за другом // Вестник ТГАСУ. 2009. № 3. С. 117-124.
9. Мокшин Д.И. Методика проведения и обработки экспериментов по исследованию локальной и средней теплоотдачи зданий и сооружений / Д.И. Мокшин, С.В. Коробков // Наука и современность. -2014. -№ 31. -С. 112-122.
10. Мокшин Д.И. Расчет локального коэффициента конвективной теплоотдачи с помощью программы ЭВМ / Д.И. Мокшин, С.В. Коробков // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. -2014. -№ 13. -С. 216-223.
11. Мокшин Д.И. Коробков С.В. Исследование среднего теплообмена отдельностоящих квадратных призм / Д.И. Мокшин, С.В. Коробков // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. -2014. -№ 13. -С. 196-202.
12. Мокшин Д.И. Исследование структуры течения воздушного потока ряда квадратных призм при смещении одной из моделей от продольной оси канала / Д.И. Мокшин, С.В. Коробков // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. -2014. -№ 13. -С. 202-208.

УДК. 624.15 (571.56)

ЭКОНОМИЧНЫЕ ВИДЫ ФУНДАМЕНТОВ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Григорьев Д.А., Местников А.Е.
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
г. Якутск

Территория Центральной Якутии характеризуется резко континентальным климатом и зоной распространения многолетнемерзлых грунтов. Толщина деятельного слоя (сезонного оттаивания) грунтов составляет от 2,2-3,2 метра.

При строительстве на вечномерзлых грунтах в зависимости от конструктивных и технологических особенностей зданий и сооружений, инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправленного изменения свойств грунтов основания применяется один из следующих принципов использования вечномерзлых грунтов в качестве основания сооружений:

а) принцип I - вечномерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения. Как правило, при данном строительстве срок службы здания составляет от 50 лет и более;

б) принцип II - вечномерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения). При использовании данного принципа срок службы зданий составляет менее 30 лет.

Для сравнения приведены расчетные сопротивления грунтов основания в талом и мерзлом состоянии (табл. 1). Для повышения устойчивости зданий в условиях криолитозоны в основном используются дорогостоящие свайные фундаменты с проветриваемым подпольем. Железобетонные сваи длиной 6-12 м закладываются намного ниже сезонного оттаивания грунтов, где они обладают максимальной несущей способностью (табл. 3-4).

Таблица 1. Расчетные сопротивления грунтов оснований [1]

Грунт	В оттаянном состоянии, кПа	В мерзлом состоянии, кПа
Супесь	300	750
Суглинки	350	650
Глины	600	650
Пески (мелкой крупности)	400	850

Расчет свайного фундамента проведен согласно общепринятой методике [1]. Площадь нижней опоры сваи круглого сечения с диаметром 0,5 м принята

$S = \pi \times R^2 = 3{,}14 \times 0{,}25^2 = 0{,}19625$ м^2 (табл. 2-3).

Таблица 2. Результаты расчета несущей способности грунтов оснований на 1 сваю.

Грунт	В оттаянном состоянии, т	В мерзлом состоянии, т
Супесь	5,22	13,04
Суглинки	6,09	11,30
Глины	10,43	11,30
Пески (средней крупности)	6,96	14,78

Таблица 3. Результаты расчета несущей способности грунтов оснований на 20 свай.

Грунт	В оттаянном состоянии, т	В мерзлом состоянии, т
Супесь	104,40	260,80
Суглинки	121,80	226,00
Глины	208,60	226,00
Пески (средней крупности)	139,20	295,60

На наш взгляд, для малоэтажного строительства в условиях вечномерзлых грунтов наиболее целесообразным вариантом является устройство малозаглубленных буронабивных свай с расширением ее опоры – «мелкозаглубленная буронабивная свая» [2-3]. Расширенная опора, находящаяся ниже уровня сезонного оттаивания грунта, во много раз увеличивает несущую способность сваи и предотвращает выдавливание ее при замерзании грунта (рис.1).

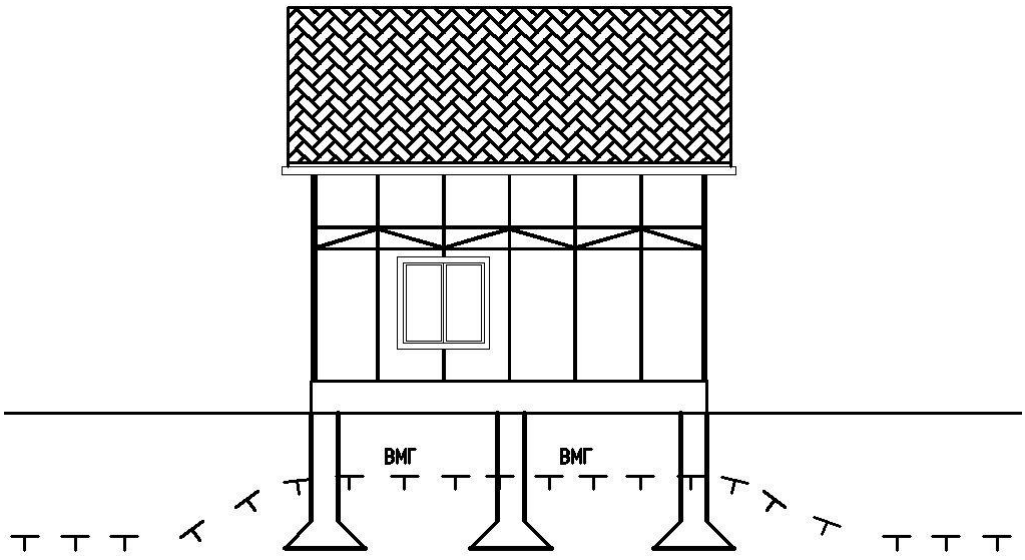


Рис. 1. – Малозаглубленный буронабивной свайный фундамент.

Экспериментальный объект расположен по адресу: Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Намский тракт, 15 км. СОТ «Мечта». По результатам инженерно-геологических изысканий было установлено, что выбранная строительная площадка в геологическом отношении сложена аллювиальными отложениями, представленными песчаными грунтами. С поверхности они перекрыты почвенно-растительным слоем.

Для контроля над температурным режимом грунтового основания были пробурены две скважины до 10 м глубиной посередине и за периметром здания.

Температурный режим грунтов основания в разные периоды приведен в табл. 4.

Таблица 4. Результаты замеров температур в скважинах.

Глубина, м	Скважина, расположенная с краю здания (дата замеров 04.10.14)	Скважина, расположенная с краю здания (дата замеров 09.01.15)	Скважина, расположенная под серединой здания (дата замеров 04.10.14)	Скважина, расположенная под серединой здания (дата замеров 09.01.15)
0	–1,08		–0,37	-19,98
1	+1,40	-9,72	+1,83	-6,67
2	+0,35	-1,39	–0,11	-1,01
3	–0,55	-1,14	–0,79	-1,08
4	–0,82	-1,21	–0,95	-1,27
5	–1,01	-1,61	–1,08	-1,54
6	–1,02	-1,77	–1,19	-1,64
7	–1,19	-1,74	–1,25	-1,61
8	–1,16	-1,50	–1,35	-1,69
9	–1,21	-1,71	–1,36	-1,65
10	–1,29	-1,26	–1,42	-1,33

Экономическое сравнение традиционных применяемых видов фундаментов с предлагаемым показывает, что устройство малозаглубленных буронабивных свай обходится намного дешевле. Результаты представлены в табл. 5, цены приведены на IV квартал 2014 г.

Таблица 5. Экономическое сравнение фундаментов.

Наименование	Ед. изм.	Цена, руб.
Винтовые сваи	шт.	38 740
Железобетонные сваи	шт.	56 770
Малозаглубленные буронабивные сваи	шт.	11 069

В условиях отсутствия вечномерзлых грунтов скважины небольшого диаметра 250-300 мм согласно технологии ТИСЭ пробуривают с помощью фундаментного бура ТИСЭ-Ф с откидным плугом [2]. В нашем случае, мы использовали мотобур, но нижнее расширение скважины выполнили с использованием бура ТИСЭ-Ф. Скважины на 20 свай пробурены в середине сентября до границы сезонного оттаивания грунта, что составило 1,85-2,30 м. После опускались арматурные каркасы и устраивался выпуск свай над землей с помощью опалубки из полипропилена и укладывали бетонную смесь заводского изготовления. Для четырех свай бетон был приготовлен на строительной площадке.







Преимущество мелкозаглубленных буронабивных свай с расширением их опоры [3] от широко применяемых буроопускных свай состоит в снижении трудоемкости и затрат на их устройство, а также в обеспечении возможности возводить его без привлечения механизированных подъемно-транспортных средств. Однако, предложенные способ и конструкция фундамента не адаптированы к использованию в условиях вечномерзлых грунтов. Задача предлагаемого нами технического решения заключается в обеспечении устойчивости мелкозаглубленного свайного фундамента в условиях криолитозоны за счет уменьшения мощности слоя сезонного оттаивания-промерзания грунтов, без смещения общего уровня теплового баланса грунта.

Технический результат достигается тем, что конструкция мелкозаглубленного буронабивного свайного фундамента, дополнительно содержит теплоизоляционный экран, размещенный на всей поверхности грунтового основания, его параметры определяют из условий совпадения проектируемого температурного поля, обеспечивающий устойчивость сооружения в течение всего периода эксплуатации [4]. Благодаря наличию теплоизоляционного экрана, глубина сезонного оттаивания грунтов под зданием уменьшается в 2 раза. На рис. 1 нулевая изотерма показана пунктирной линией.

Использование предлагаемого технического решения [4] по сравнению с прототипом [3] полезной модели позволяет обеспечить устойчивость мелкозаглубленного буронабивного свайного фундамента на вечномерзлых грунтах за счет уменьшения мощности слоя сезонного оттаивания - промерзания грунтов без смещения общего уровня теплового баланса грунта, посредством использования теплоизоляционного экрана из пенополистирола, размещенного по всей поверхности грунтового основания, придавленного к ней песчаной засыпкой и закрепленного бетонной стяжкой.

Литература

1. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88.
2. Яковлев Р.М. Универсальный фундамент. Технология ТИСЭ. – М.: Аделант, 2006.
3. RU 2221112, E02D27/34, E04H9/02, 2004.
4. Сейсмостойкий фундамент в криолитоне / А.Е. Местников, Д.А. Григорьев, Т.А. Корнилов // Решение Роспатента о выдаче патента на полезную модель от 22.09.2014 г. на заявку № 2014130650/03(049285) от 24.07.2014 г.

УДК.69.003.13

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ БЛОКИРОВАННОГО ТИПА В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

Гусакова Н.В., Гусаков А.М., Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Жарова Е.А.
Томский государственный архитектурно-строительный университет

Министерство регионального развития Российской Федерации в 2011 году утвердило Стратегию развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года. Актуальность разработки и реализации Стратегии обусловлена необходимостью развития качества и ассортимента продукции предприятий отрасли спросу на внутреннем рынке [1].

В настоящее время на территории Томской области активно развивается жилищное строительство. Производство энергосберегающих строительных материалов позволит обеспечить, в первую очередь, рост малоэтажного строительства [2].

При проектировании малоэтажного дома мы должны руководствоваться нормами и правилами. Настоящие нормы необходимо соблюдать в целях обеспечения требований Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской федерации». Поэтому строительство именно энергоэффективных домов является наиболее актуальным [3].

При решении задачи сохранения тепла за счет конструктивных особенностей был произведен теплотехнический расчет наружной ограждающей конструкции, в результате расчета все материалы соответствуют принятому минимальному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций R_0^{min}=3,83 м^2·°С/Вт, что в свою очередь позволит возводить малоэтажные здания в Томской области с наивысшим классом энергоэффективности А [4].

Следующим этапом служит подбор и расчет кровельного материала для малоэтажного дома размером 10×10м. От формы крыши зависит выбор кровельного материала. Для малоэтажной застройки целесообразно принимать скатные крыши [5]. Для выбранного района строительства (Томская область) используется следующая стропильная система, приведенная на рис. 1.

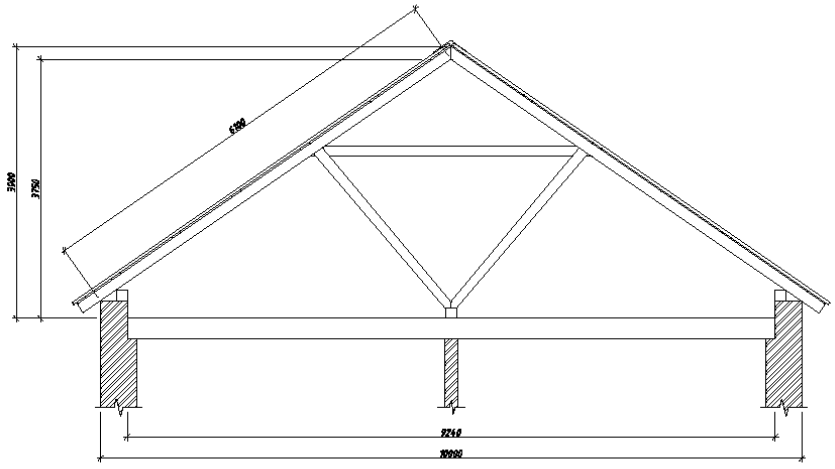


Рис. 1. Схема стропильной системы

Конструкция кровли приведена на рис. 2.

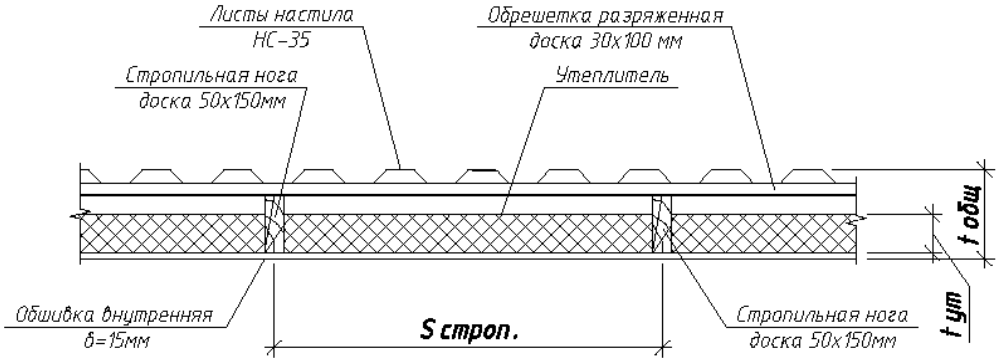


Рис. 2. Конструкция кровли

Для применяемой стропильной системы рассмотрим наиболее применяемые кровельные материалы: металлочерепица, профнастил, битумная черепица, ондулин, фальцевая сталь [6]. Далее, для каждого вида кровельного настила производим расчет шага обрешетки. Площадь покрытия одинакова для всех вариантов. Шаг обрешетки и виды рассматриваемых материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Виды кровельного настила

Вид кровельного настила	**Шаг обрешетки, мм**	**Площадь покрытия, м^2**
Металлочерепица	300…400	130
Профнастил	400…1200	130
Битумная черепица	сплошная	130
Ондулин / ондувилла	450…600	130
Фальцевая (листовая) сталь	200…300	130

Следующим этапом служит расчет толщины утеплителя пеноплекс. Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^{min}, м^2·°С/Вт ограждающих конструкций следует принимать не менее нормируемых значений R_{req}, м^2· ^{0}С/Вт, определяемых по (табл. 4) СНиП 23-02-2003 в зависимости от градусо-суток района строительства D_d, ^{0}С· сут. Градусо-сутки отопительного периода для города Томск определяется по формуле (2) СНиП 23-02-2003:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{ext}) \cdot z_{ht},$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, ^{0}С, принимаемая по (табл. 1) ГОСТ 30494;

t_{ext}, z_{ht} – средняя температура наружного воздуха, ^{0}С, и продолжительность, сут., отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01-99 для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 ^{0}С.

$$D_d = (21 - (-8{,}4)) \cdot 236 = 6938{,}4\ ^0C \cdot сут$$

Далее определяем требуемое значение $R_o^{тр}$ для конструкции покрытия (табл. 3) СП 50.13330.2012. Определяем нормируемое значение $R_o^{норм}$ для конструкции покрытия по формуле (5.1.) СП 50.13330.2012, где m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимаемый для остальных ограждающих конструкций не менее m_p = 0,8.

Тогда нормируемое значение сопротивления теплопередачи конструкции покрытия $R_0^{норм}$ для Томска: $R_0^{норм} = 5,67 \cdot 0,8 = 4,54 м^{2 \cdot 0} C / Вт$.

Размер сечения стропил, прогонов, мауэрлатов и других конструктивных элементов в стропильной системе произведен в программном комплексе Temper3D. В табл. 2 представлен подбор требуемой толщины утеплителя.

Таблица 2. Подбор требуемой толщины утеплителя

Толщина утеплителя, мм	**Коэффициент теплопроводности кровли (утеплитель Пеноплекс, λ=0.03 Вт/(м·°С))**
100 (λ=0,03)	**3,664**
110 (λ=0,027)	**4,038**
120 (λ=0,025)	**4,337**
130 (λ=0,023)	**4,689 – Томск (Vут = 15,86 м^3)**
150 (λ=0,02)	**5,348**

Расход материалов для устройства стропильной системы при строительстве индивидуального дома в г. Томске площадью 100м^2 (габариты 10х10м) приведен в табл. 3.

Таблица 3. Общая стоимость кровли в расчете на 100 м^2 жилой площади.

Вид покрытия	**Кол-во, м^2**	**Стоимость 1 м^2, руб.**	**Стоимость материала, руб.**	**Обрешетка, м^3**	**Стоимость 1 м^3, руб.**	**Стоимость материала, руб.**	**Стропильная система, м^3**	**Стоимость 1 м^3, руб.**	**Стоимость материала, руб.**	**Общая стоимость, руб.**
Металлочерепица «Монтеррей»	130	240	31200	1,2	5600	6720	2,77	5400	14958	52878
Профнастил С8, толщина 0,5	130	185	24050	0,45	5600	2520	2,77	5400	14958	41528
Битумная черепица BP Dakota	130	560	72800	3,6	5600	20160	2,77	5400	14958	107918
Ондулин/ондувилла, 310 шт. (S=0,424 м^2)	130	117	36270	0,8	5600	4480	2,77	5400	14958	55708
Фальцевая (листовая) сталь ГОСТ 14918 1,0*1250*2500 42 листа (S=3,125 м^2)	130	970	40740	1,8	5600	10080	2,77	5400	14958	65778

Рассмотренные строительные материалы надежны и долговечны, соответствуют климатическим условиям для Томской области. Вариативность выбора обуславливается минимальной стоимостью материала. Представленные данные могут быть использованы в Программах развития малоэтажного строительства, обеспечив экономическую эффективность инвестиционного проекта [6].

Литература

1. Филюшина К.Э. Формирование модели государственно-частного партнерства в строительном комплексе региона. – Региональная экономика: теория и практика, 2012.
2. Минаев Н.Н., Филюшина К.Э. Методика анализа и оценки рисков в строительном комплексе региона. – Интеграл, 2011.
3. Филюшина К.Э., Колыхаева Ю.А. Новые подходы при определении и управлении рисками строительного комплекса региона в контексте развития государственно-частного партнерства. – Проблемы современной экономики, 2011.
4. Прокофьева Г.И., Гусакова Н.В. Экономическое обоснование использования технологий энергосбережения в строительстве малоэтажной жилой и социальной инфраструктуры. – Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2014.
5. Кудяков В.А. Учет критерия качества при оценке инвестиционных проектов по производству строительных материалов. – Известия высших учебных заведений. Строительство, 2005.
6. Кудяков В.А. Регулирование регионального рынка строительных материалов (на примере регионов Западно-Сибирского экономического района). – Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Томск, 2004.

УДК.692.8:697.13

СТАВНИ В ОКНАХ – СОВРЕМЕННО

Игнатьев В.С., Иванов В.А.
Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск

В последнее время в оконных конструкциях стали широко применять стеклопакеты, которые состоят из замкнутой воздушной прослойки малой толщины по сравнению с площадью ограничивающих поверхностей остекления. А в качестве оконного профиля применяют пластик, в основном поливинилхлорид (ПВХ), он герметичен, не требует покраски и ремонта в процессе эксплуатации, имеет хорошие тепловые и звукоизоляционные качества. Но все эти качества стеклопакета из ПВХ «нормально» работают только по западным нормам, где температура опускается максимум до 30 градусов ниже нуля.

А чем плох профиль, изготовленный из всем известного дерева. Пластик производят массово в большом количестве, поэтому и цена на него стала доступной и низкой. Дерево издавна считался самым надежным, простым, экологичным и достаточно долговечным строительным материалом в мире. И сегодня деревянные конструкции ничем не уступают пластикам, разве что цена немного выросла. Но теплотехнические характеристики дерева дают ему преимущество и для изготовления оконных конструкций.

Значения теплотехнических характеристик, в том числе теплоизоляционных, строительных материалов в конструкциях под воздействием эксплуатационных факторов изменяются во времени и могут существенно отличаться от значений, получаемых при лабораторных испытаниях и указанных в технических условиях.

Для условий г. Якутска согласно [3] и [5] расчетная средняя температура внутреннего воздуха принимается $t_в$ = 21 °С, по [4] расчетная температура наружного воздуха в холодный период года $t_н$ = -52 °С, продолжительность z = 252 суток и средняя температура наружного воздуха $t_{от}$ = -20,9 °С за отопительный период. Градусо-сутки отопительного периода D = 10559 °С·сут.

Согласно [3] при таких значениях D нормируемое сопротивление теплопередаче для окон и других светопрозрачных конструкций в г. Якутске должно быть не ниже R^F_{req} = 0,77 м^2·°С/Вт.

Основной нормируемой величиной в инженерных расчетах, характеризирующей теплозащитные качества ограждающих конструкций, в том числе оконных конструкций, является сопротивление теплопередаче R_0.

Процесс теплообмена через оконный блок идет через светопрозрачное заполнение – стекло и профиль – рама. Теплопередача через воздушные прослойки осуществляется излучением, конвекцией и теплопроводностью. По различным данным структура теплопотерь через стеклопакет происходит так: около 65% за счет лучистого теплообмена (излучения), около 20% за счет теплопроводности и около 15% конвекцией.

Расчет тепловых потерь через оконные конструкции с площадью остекления $F_{ос}$ = 1 м^2.

А) Стеклопакет – двухкамерный 4М_1-16-4М_1-16-4М_1.

Зная термическое сопротивление профиля и стеклопакета (справочно) находим приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока из ПВХ $R_0^{пр}$ = 0,53 м^2·°С/Вт.

Тогда расчетные тепловые потери будут равны Q = 145,3 Вт или 124,8 ккал/ч. В год тепловые потери составят 0,432 Гкал.

Б) Окно с деревянной рамой из сосны.

На этом примере рассчитаны тепловые потери через обычное окно, состоящее из отдельных рам, т.е. вся оконная конструкция собрана из 3 отдельных рам со стеклом и прочно, герметично смонтирована в оконный паз.

Толщина каждой рамы 30 мм. Имеется воздушная прослойка толщиной 20 мм между двумя внутренними и наружной рамой.

Рассчитав термическое сопротивление такого профиля из сосны и стекла находим приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$ = 0,786 м$^2\cdot{}^\circ$С/Вт.

Тепловые потери окна с деревянной рамой с площадью остекления 1 м^2 будет равна Q = 98 Вт или 84,2 ккал/ч. В год тепловые потери составят 0,292 Гкал.

В) Окно с деревянной рамой из сосны с распашными ставнями.



Рис. 1. Старинный дом со ставнями в г. Якутске.

Сейчас ставни на окнах многие воспринимают как архаичную диковинку, но интерес к этому весьма практичному элементу, которую широко использовали старинные мастера, постепенно возрождается. Ставни способны защитить дом от холодного ветра, и от непрошеных гостей, стать оригинальным украшением дома, но и уменьшить теплопотери здания.

Рассчитав термическое сопротивление такого окна со ставней находим приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$ = 0,97 м$^2\cdot{}^\circ$С/Вт.

Тогда часовые тепловые потери через оконную конструкцию со ставней с площадью 1 м^2 будут равны Q = 64,8 ккал/ч, в год составят 0,224 Гкал.

Республика Саха (Якутия) самый крупный регион России. Общая площадь территории составляет 3103,2 тыс. км². В Республике имеется более 590 сельских населенных пунктов, расположенных в лесной зоне, в которых теплоснабжение зданий производится от более 100 тысяч печей работающих на угле и дровах. По данным Госстатистики РС(Я) 2013 года в Якутии зарегистрировано 115696 жилых зданий, из них 97 % зданий построены из дерева и более половина зданий – одноэтажные [6].

Если взять в качестве исходных данных типичное одноэтажное здание, построенное из сосны (стена – брус, 180 х 180 мм, пол – из доски δ = 50 мм, потолок – из доски δ = 40 мм), с площадью 80 м², в котором имеется 5 окон с общей площадью 9 м², то при нормируемом значении теплозащиты дома по новым нормам и нормативным

значениям воздухообмена (инфильтрации) общие тепловые потери здания в год составят 18 Гкал.

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что применение наружных деревянных ставней к окнам обеспечат снижение тепловых потерь здания на 10% в год. По установленным тарифам на тепловую энергию, поставляемую «ГУП ЖКХ РС(Я)», в год можно сэкономить до 8000 руб.

Таким образом, наружные деревянные ставни можно использовать не только как украшение дома или защита окон, но и как энергосберегающее мероприятие, целесообразность применения которого в холодных климатических условиях Якутии вполне оправдана и не требует высоких материальных затрат.

Литература

1. Борискина И.В., Плотников А.А., Захаров А.В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий. – М.: «АСВ», 2003.
2. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» / Госстрой России, 1998.
3. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» / Госстрой России, 2003.
4. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» / Госстрой России, 2000.
5. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» / Госстрой России, 1999.
6. Жилищно-коммунальное хозяйство РС(Я): Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы госстатистики по РС(Я). – Я.: 2013.
7. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1986.

УДК. 536:21:674.038:699.86

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В МАЛОЭТАЖНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Козлобродов А.Н., Иванова Е.А., Козлобродов В.А.
Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Малоэтажное строительство – это возведение жилых объектов небольшой этажности, как правило, от 1 до 3 этажей. Малоэтажное домостроение является одним из самых современных и динамично развивающихся направлений жилищного строительства [1]. Развитие индивидуального домостроения может содействовать не только решению проблемы доступного жилья в России, но и обеспечить формирование качественно новой среды обитания, включающей не только комфортное жилье, но и всю необходимую инфраструктуру.

Можно выделить основные преимущества малоэтажного строительства:

- индустриальность дает возможность при использовании современных технологий без применения тяжелой строительной техники возводить жилье с более низкой себестоимостью и эксплуатационными затратами в более короткие сроки;
- энергоэффективность позволяет при использовании современных экономичных конструктивных решений, строительных материалов и технологий, уменьшить потребление топливно-энергетических ресурсов в соответствии с современными нормативными требованиями.

По вышеперечисленным факторам можно судить о больших перспективах развития малоэтажной застройки, как одного из интенсивно развивающихся секторов экономики.

Существует несколько типов малоэтажного строительства, которые нашли широкое распространение.

Традиционное для нашей страны деревянное домостроение обусловлено достаточным количеством строительных ресурсов в наших широтах. Основным достоинством строительства из дерева является привлекательный внешний вид готовой конструкции. Важно также, что дерево является экологически чистым материалом природного происхождения. Современные технологии позволили сделать этот материал также огне– и водостойким.

В деревянном домостроении применяются, в основном, три известные архитектурно-строительные формы:

- дома из массивной древесины, которые включают оцилиндрованное бревно, рубленное бревно, цельный брус и клееный брус;
- каркасные дома;
- панельные дома.

На долю кирпичных индивидуальных домов приходится около трети существующего малоэтажного фонда. Основным недостатком кирпичного домостроения является трудоемкость процесса строительства и как следствие более продолжительные сроки возведения объектов. Сегодня существует много вариантов классического кирпича, обладающего различными свойствами. Оптимизировать затраты в кирпичном домостроении и повысить энергоэффективность ограждающих конструкций позволяет применение кладки с использованием современных утеплителей.

Наряду с кирпичным домостроением одним из самых востребованных видов малоэтажного строительства является строительство из пеноблоков. Пеноблок выполняет как функцию несущей конструкции, так и обладает хорошими теплоизоляционными характеристиками. При постройке дом из пеноблока необходимо лишь незначительно утеплить. Непрезентабельный внешний вид блоков является единственным недостатком, который решается с помощью наружной облицовки.

Самый быстрый из существующих способов малоэтажного домостроения – это строительство из панельных конструкций. Такой вид строительства не находит широкого применения, но обладает такими преимуществами как хорошая тепло– и звукоизоляция. Также к преимуществам нужно отнести невысокую цену таких домов благодаря высокой автоматизации производства и быстрому монтажу.

Также в малоэтажном домостроении широкое применение получили монолитные дома со съемной или несъемной опалубкой. Такие конструкции требуют основательных фундаментов и утепления ограждающих конструкций. В настоящее время в практике современного монолитного домостроения применяются различные варианты конкурентоспособных энергоэффективных ограждающих конструкций. Их совершенствование направлено на повышение качества и долговечности, как в техническом, так и в экономическом аспекте, учитывающем фактор «цена – качество».

Одно из главных требований к малоэтажному домостроению – применение современных экономичных конструктивных решений, строительных материалов и технологий, направленных на снижение использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), поскольку около 50 % всей потребляемой энергии народным хозяйством относится к отоплению зданий и сооружений.

Одним из эффективных путей экономии ТЭР в строительстве является повышение теплотехнических свойств ограждающих конструкции и снижение теплопотерь через них.

В современном домостроении применяются различные варианты энергоэффективных наружных ограждающих конструкций, которые позволяют более экономно использовать энергетические ресурсы. Но, остро возникает проблема теплотехнической неоднородности конструкций. Это происходит из-за так называемых в зарубежной литературе тепловых мостов, в нашей стране – мостиков холода, или, другими словами, теплонапряженных элементов (ТНЭ).

Известно, что ТНЭ оказывают большое влияние на теплотехнические характеристики ограждающих конструкций и способствуют увеличению теплопотерь здания. ТНЭ – это участки сопряжения конструктивных элементов с пониженным термическим сопротивлением. Существуют геометрические ТНЭ, которые возникают вследствие архитектурно-конструктивных особенностей здания и материальные, обусловленные различной теплопроводностью строительных материалов. Основным последствием ТНЭ является понижение температуры на внутренней поверхности ограждений, примыкающих к проблемной области. Кроме увеличения теплопотерь здания, ТНЭ повышают вероятность образования конденсата на внутренней поверхности ограждений, что приводит к возникновению плесени. Также разница в температурных режимах может явиться причиной возникновения разрушения конструкций.

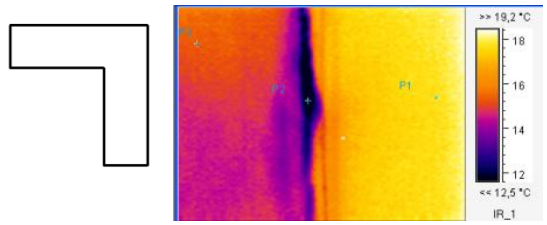
Конденсации в ТНЭ можно избежать, если температура внутренней поверхности ограждающей конструкции будет выше температуры точки росы. Добавление изоляции в части здания, затронутой конденсацией, без правильного анализа может усугубить положение. Это одна из причин, которая показывает, что моделирование ТНЭ очень важный этап проектирования.

ТНЭ присутствуют во всех зданиях и их основное влияние – это увеличение теплового потока, то есть увеличение скорости теплопотерь через ограждающие конструкции.

Здания, которые отличаются сложностью конфигурации и имеют различные ребристые элементы, обладают большим количеством ТНЭ.

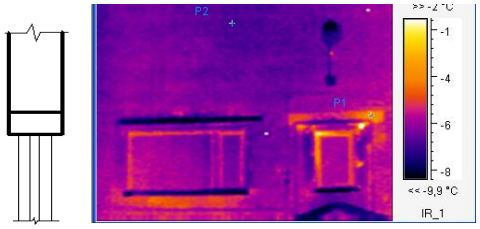
Каждый дом имеет в конструкции около 20 ТНЭ. Основные из них – это сопряжение фундамента наружной стены и перекрытия; сопряжение фундамента внутренней стены и перекрытия; горизонтальные и вертикальные откосы окна; сопряжение наружной стены и чердачного перекрытия; внешний угол стены; сопряжение наружной стены и внутренней; связи в стене; неизолированные балки чердачного перекрытия; верхний торец наружной стены.

Фрагменты основных ТНЭ и их тепловизионные снимки представлены на рис. 1.



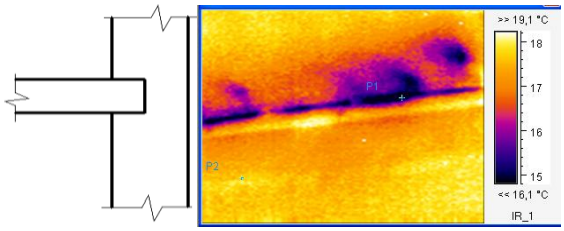
P1	18,26
P2	11,39
P3	15,95

а). Внешний угол стены



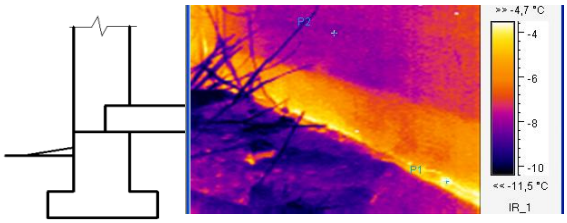
P1	-4,69
P2	-8,34

б). Надоконная балка



P1	14,88
P2	18,61

в). Соединение наружной стены и чердачного перекрытия



P1	-4,64
P2	-9,61

г). Соединение фундамента, наружной стены и перекрытия

Рис. 1. Фрагменты и тепловизионные снимки основных ТНЭ.

Анализ различных составляющих суммарных теплопотерь коттеджа, рассмотренного в работе [2], представлен на рис. 2.

К ТНЭ, которые оказывают незначительное влияние на суммарные теплопотери, можно отнести горизонтальные и вертикальные откосы окна, сопряжение наружной стены и внутренней стены, и неизолированные балки чердачного перекрытия. В этих элементах теплопотери составляют около 5% от общих теплопотерь ТНЭ.

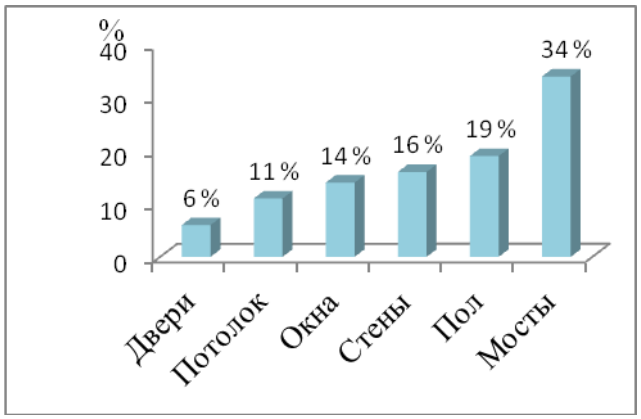


Рис. 2. Тепловые потери через ограждающие конструкции здания.

Наибольшие теплопотери происходят в сопряжении фундамента, наружной стены и перекрытия и составляют около 40 %. Некоторые ТНЭ опасны тем, что они охватывают весь периметр здания.

Тепловые потоки через ТНЭ являются существенными и не зависят от размеров здания. Казалось бы, хорошо утепленное здание может не соответствовать требованиям энергосбережения.

Для более полного анализа теплозащитных свойств ограждающих конструкций необходимо рассматривать такие конструктивные элементы, как угловые фрагменты зданий, оконные и дверные проемы. Эти элементы, особенно внешние или наружные углы, являются наиболее теплонапряженными областями любой ограждающей конструкции. Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования показали, что в окрестности угла температура заметно меньше, чем на глади стены. Поэтому именно в углах возрастает риск образования конденсата.

Окна обычно рассматриваются как крупнейший ТНЭ, однако открытые бетонные края плит перекрытия и балконных плит имеют второй по величине крупнейший источник утечек тепла в здании. Для уменьшения воздействия ТНЭ используют различные методы, одним из них является использование внешней непрерывной изоляции в ограждающих конструкциях.

Такие архитектурные решения являются очень популярными, но, к сожалению, про ТНЭ в виде плит перекрытия и балконных плит часто забывают. Этому способствуют следующие причины:

- убеждение в том, что такие элементы не имеют значительного влияния на общие теплопотери здания, так как они составляют их небольшую часть;
- для количественной оценки необходимо производить сложные расчеты, так как ТНЭ часто имеют сложные трехмерные траектории тепловых потоков;
- отсутствие систематизированных данных коэффициентов теплопередачи для типичных деталей ограждающих конструкций.

В настоящей работе количественная оценка теплопереноса через ограждающие конструкции в зоне ТНЭ рассматривается на примере монолитной наружной стены с несъемной опалубкой, выполненной по технологии «VELOX» и представляющей собой фрагменты угла и сопряжения наружной стены с балконной плитой. Угловой фрагмент конструкции стены рассмотрен в двух вариантах, отличающихся различным расположением угла.

Плиты «VELOX» состоят из древесной щепы – 90%, цемента, жидкого стекла. Две щепоцементные плиты VELOX, наружная с приклеенным к ней утеплителем и внутренняя без утеплителя, вручную с помощью гвоздей или саморезов устанавливаются параллельно на готовый фундамент с помощью специальных металлических стяжек, обеспечивающих надежное крепление и вертикальную устойчивость. Выставленную и закрепленную соответствующим образом несъемную опалубку заполняют бетоном.

Многослойная конструкция стены по технологии «VELOX», включает в себя щепоцементную плиту, с внутренней и внешней стороны, толщиной 0,035 м, пенополистирол толщиной 0,15 м и бетон – 0,15 м.

При математической постановке задачи считаются заданными геометрические размеры элементов ограждающей конструкции и их теплофизические характеристики, которые в общем случае могут зависеть от температуры. Задаются температуры наружного t_{ext} и внутреннего t_{int} воздуха, коэффициенты теплоотдачи на наружной α_{ext} и внутренней α_{int} поверхностей. В соответствии со СНиП принимаются температуры внутреннего и наружного воздуха +22 и –40 ^{o}C, а коэффициенты теплоотдачи наружных и внутренних сторон конструкции соответственно α_{ext}=23 Вт/(м^2·ºС) и α_{int}=8,7 Вт/(м^2·ºС).

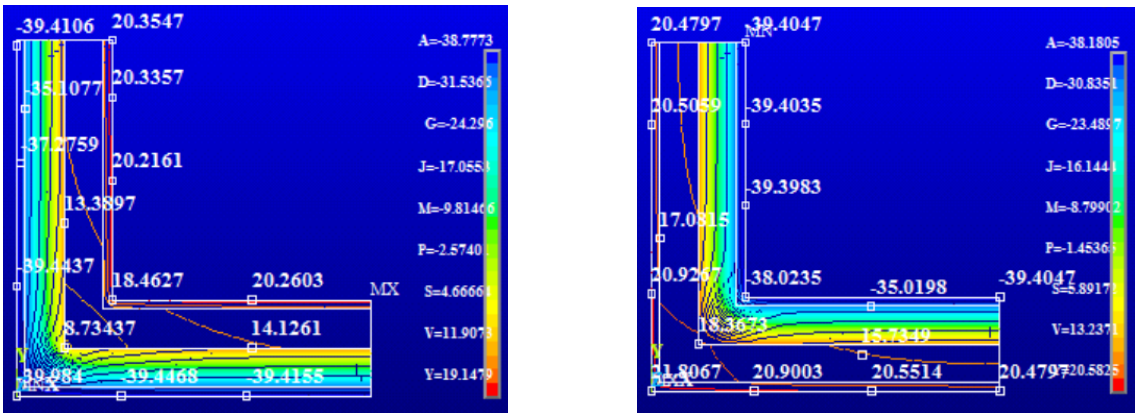
Коэффициенты теплопроводности принимаем для бетона λ=1,63 Вт/(м·ºС), для пенополистирола λ=0,041 Вт/(м·ºС), для щепоцементной плиты λ=0,11 Вт/(м·ºС).

Стационарный пространственный теплоперенос в рассматриваемых фрагментах конструкции в декартовой системе координат описывается системой нелинейных стационарных трехмерных уравнений теплопроводности, количество которых равно числу всех элементов (*n*), в нее входящих с соответствующими граничными условиями [3,4].

Для численной реализации математической модели использовался метод конечных элементов, являющийся основой программного комплекса ANSYS [5, 6].

Первоначально рассматривался стационарный пространственный теплоперенос. Также рассматривался фрагмент конструкции в двухмерном пространстве. Расхождение в значениях получилось незначительное, поэтому в силу симметрии в дальнейших расчетах мы используем поперечное сечение плоской формы.

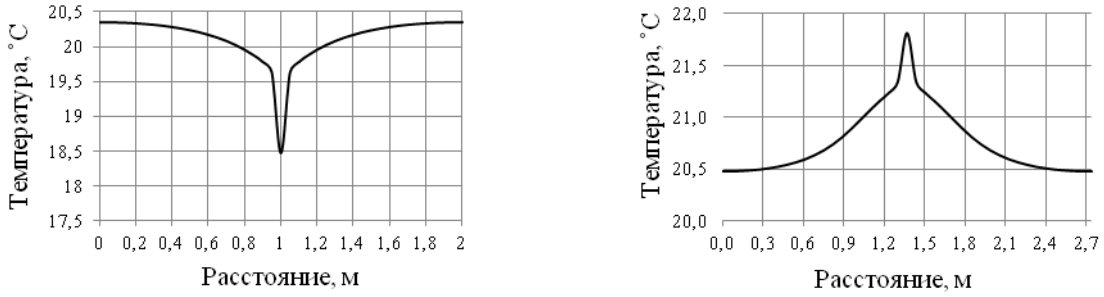
На рис. 3 показаны результаты расчета температурных полей для заданных элементов конструкций.



а). Наружный угол б). Внутренний угол

Рис. 3. Распределение температурных полей в конструкции.

Распределение температуры в угловых фрагментах ограждающих конструкций, выполненных по технологии Velox, иллюстрирует (рис. 4).



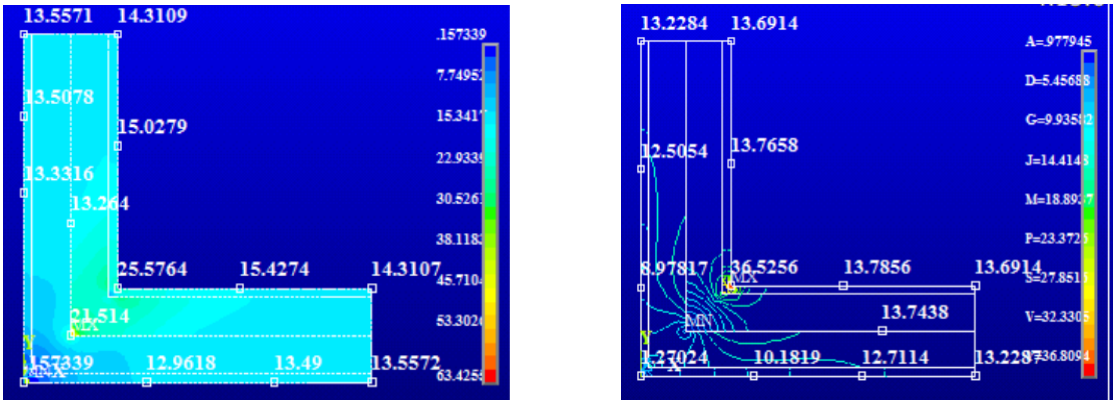
а). Наружный угол б). Внутренний угол

Рис. 4. Распределения температуры по внутренней поверхности стены.

Сравнение результатов расчета показывает, что изменение расположения конструкции угла приводит к изменению распределения температуры на внутренней поверхности стены. Например, наружный угол будет являться наиболее теплонапряженной областью конструкции. Минимальная температура в этом случае достигает значений +18,5 °С. Для жилых помещений при t_{int}=+22 °С и φ=50% температура точки росы составляет t_p=+10,5 °С. Это говорит о том, что оба варианта конструкции обеспечивают создание оптимальных параметров микроклимата в

помещении (вероятность образования конденсата на внутренней поверхности ограждений исключена).

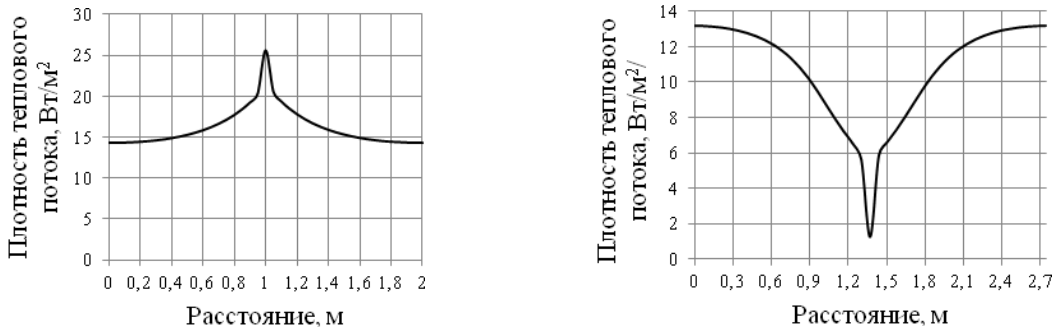
На рис. 5 показаны результаты расчета тепловых потоков в рассматриваемых фрагментах наружных ограждений.



а). Наружный угол б). Внутренний угол

Рис. 5. Распределения тепловых потоков в конструкции.

Распределение тепловых потоков в угловых фрагментах ограждающих конструкций показано на рис. 6.



а). Наружный угол б). Внутренний угол

Рис. 6. Графики распределения тепловых потоков в конструкции.

Из представленных рисунков видно, что тепловой поток достигает своих максимальных значений в конструкции варианта (а) и составляет 25,6 Вт/м^2. При этом в случае внутреннего угла наблюдаются минимальные значения теплового потока равные 1,3 Вт/м^2.

В рамках данного исследования также оценивалось влияние балконных плит на температуру внутренних поверхностей ограждений, так как ТНЭ, возникающий в области сопряжения наружной стены с балконной плитой приводит к потерям тепловой энергии и как следствие создает дискомфорт в районе термического разрыва.

Распределение температуры в конструкции стыка наружного ограждения, перекрытия и балконной плиты представлены на рис. 7.

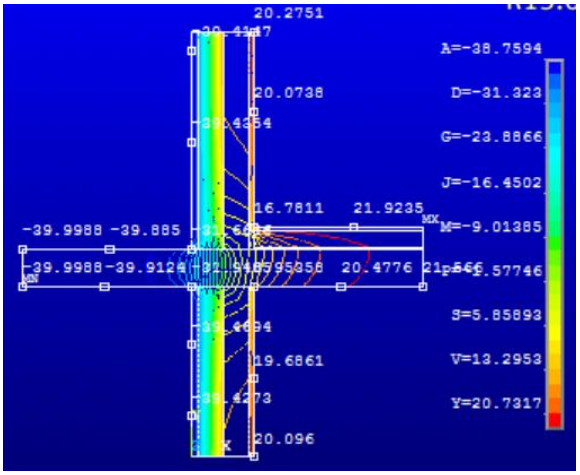
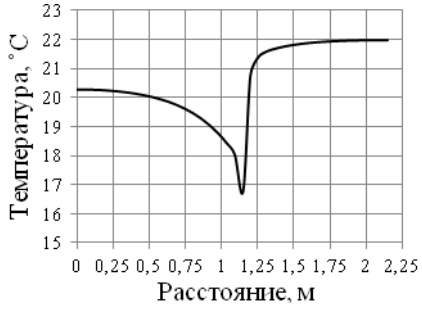
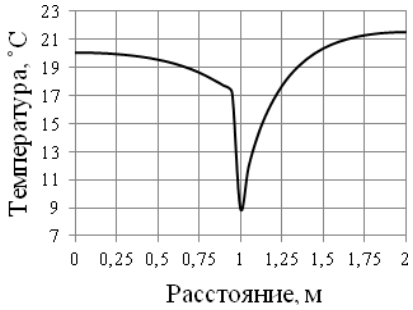


Рис. 7. Распределение температурных полей в стыке стены с плитой перекрытия и балконной плитой

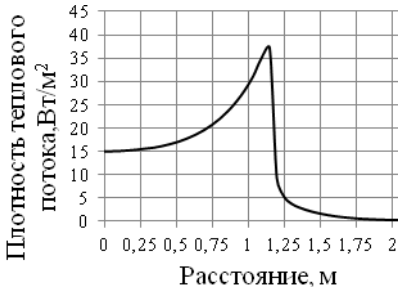


а). Верхняя часть конструкции

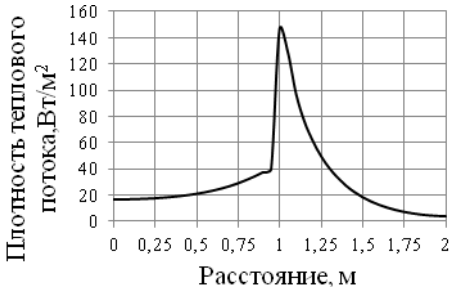


б). Нижняя часть конструкции

Рис. 8. Графики распределения температуры по внутренней поверхности конструкции



а). Верхняя часть конструкции

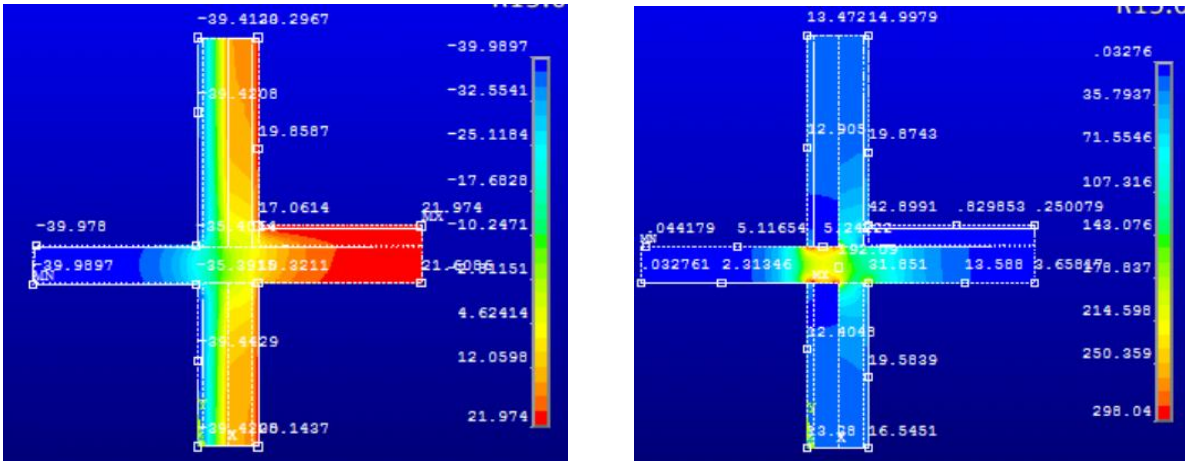


б). Нижняя часть конструкции

Рис. 9. Графики распределение температуры по внутренней поверхности конструкции

Анализ результатов расчета показывает, что стык неутепленной балконной плиты и межэтажного перекрытия с наружной стеной является ярко выраженным ТНЭ, который приводит к перестройке как поля температур, так и поля плотности теплового потока. Из представленных рисунков видно, что в углу, образованным наружной стеной и полом второго этажа, температура падает до 16,8 ^{o}C, а в углу между стеной и плитой перекрытия первого этажа температура опускается до 9 ^{o}C. Такое значение температуры ниже температуры точки росы, что может привести к образованию конденсата в области угла. Для того, чтобы уменьшить влияние балконной плиты на температуру угла была предпринята попытка его теплоизоляции. Для этого вся

поверхность плиты была покрыта слоем изоляции толщиной 0,01 м с коэффициентом теплопроводности λ=0,11 Вт/(м·ºС). На рис. 10 показаны теплограммы температурных полей и тепловых потоков для этого случая.



а). Поле температур б). Поле тепловых потоков

Рис. 10. Теплограммы температурных полей и тепловых потов

Анализ результатов показывает, что такой тонкий слой изоляции позволил повысить температуру в углу первого этажа до 10,3 ºС.

Таким образом, численное исследование ТНЭ, проведенное с помощью программного комплекса ANSYS, позволяет выяснить влияние как геометрических, так и теплофизических характеристик конструкции и сделать рекомендации по созданию энергоэффективных ограждающих конструкций, удовлетворяющих современным требованиям.

Литература

1. Выступление Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина в Ступино [Электронный ресурс]. – Условия доступа: http://premier.gov.ru, http://vladimirput.in.
2. Bernard Cash. Thermal Bridging: An Investigation of the Heat Loss Effects of Thermal Bridges common in Irish Construction Practice. – 1997.
3. Козлобродов А.Н. Нестационарный теплоперенос в пространсвенных элементах наружных ограждений на примере технологии «ВЕЛОКС» /А.Н. Козлобродов, Р.А. Жаркой, О.И. Недавний. // Вестник ТГАСУ. – 2011, № 3. – С. 164-175.
4. Козлобродов А.Н., Иванова Е.А. Теплоперенос в элементах современных наружных ограждений // Сборник трудов VI Всероссийской научно-технической конференции « Актуальные вопросы в строительстве», Изд-во НГАСУ, Новосибирск, 2013.
5. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. − М.: Едиториал УРСС, 2003. − 272 с.
6. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. М.: Компьютер Пресс, 2002. − 224 с.

УДК. 699.865

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Лебединская А.Р.
Академия архитектуры и искусств Южного Федерального Университета

Аннотация. Статья посвящена актуальной сегодня проблеме повышения энергоэффективности зданий, в частности, реконструкции старой части малоэтажного жилого фонда. В статье приведен краткий обзор современных практических подходов к решению проблемы повышения энергосбережения, обобщены основные средства повышения энергоэффективности зданий, проведено сравнение двух видов фасадных систем с точки зрения теплозащитных свойств наружных конструкций здания.

Ключевые слова: энергоэффективные технологии, теплопотери, фасадные системы, энергосбережение.

Одним из приоритетных направлений энергетической политики в экономике большинства стран во всем мире в последние десятилетия двадцатого века является определение и реализация мероприятий по снижению темпов роста энергетических потребностей экономики без вызова негативных последствий для развития общества и природы. В это же время в России активно стали разрабатываться и внедряться во все сферы экономической деятельности программы по реализации энергосберегающих мероприятий. Первоначально основные мероприятия по энергосбережению были направлены на сокращение потребления энергии, выработанной на основе ископаемых природных ресурсов, в основном за счет экономичного использования. Сокращение потерь энергии, затраченной на теплоснабжение, является значительным резервом энергосберегающих мероприятий, поскольку здесь в настоящее время затрачивается примерно 45% всех энергетических ресурсов, расходуемых в России. Основным потребителем энергетических ресурсов традиционно является жилищно-коммунальное хозяйство. Затраты на обогрев 1 $м^2$ площади здания в нашей стране в полтора раза превышают аналогичные зарубежные показатели. Острота проблемы еще в том, что территория России, свыше 80%, является отапливаемой и в холодные месяцы потребление энергоресурсов вырастает ещё на 30-50 млн.т. у.т., а годовое производство теплоэнергии в стране оценивается величиной 2400-2460 млн. Гкал и здесь имеется существенный ресурс энергосбережения. После введения изменений в СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» и последующая замена на СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и последующей актуализацией в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» требуемое приведенное значение сопротивления теплопередаче стеновых ограждающих конструкций возросло почти втрое. Как известно, самым значительным источником теплопотерь здания являются теплопотери через «оболочку» здания. В ранее построенных по «старым» технологиям зданиях, после проведения реконструкционных мероприятий по утеплению внешних ограждающих конструкций здания в зимнее время, часто стали часто возникать «перетопы» помещений при неизменных нормах по отоплению зданий, то есть наблюдается крайне неэффективное использование энергоресурсов.

Именно поэтому, наиболее перспективными мероприятиями, направленными на энергосбережение, становятся меры, учитывающие и сочетающие в себе новые архитектурные приемы, строительные технологии, новые строительные материалы. Мероприятия по энергосбережению в жилищном секторе должны обеспечить необходимую экономию энергоресурсов, оздоровление экологической обстановки из-за снижения выбросов углекислого газа и уменьшения загрязнения атмосферы продуктами сго-

рания углеводородного топлива. Трансформация формы здания, его размеров и ориентации с целью оптимизации влияния наружного климата на его тепловой баланс не требует изменения площадей или объема здания. Повышение энергоэффективности в жилищном секторе представляет собой меры по адаптации к климатическим изменениям за счет улучшения защищенности домов при низких температурах. Поэтому энергосбережение может рассматриваться как дополнительный источник энергии, обеспечивающий меньшие расходы, чем при производстве или закупке дополнительной энергии. На смену традиционным строительным технологиям и материалам пришли современные эффективные теплоизоляционные материалы, в основном минеральные и стекловаты, экструдированный пенополистирол, активно использующиеся в фасадных конструкциях.

При энергетическом обследовании жилых домов прошлых лет до реконструкции почти 50% теплопотерь происходит через оконные проемы и стены; из этого следует, что одной из самых эффективных мер по сохранению тепла в доме является утепление его фасада, что дает возможность делать дома энергоэффективными, существенно повысить комфортность внутренних помещений, поддерживая оптимальные параметры микроклимата в помещениях, и увеличить сроки эксплуатации помещений без ремонтных работ, также способствовать формированию современного эстетического облика зданий и окружающих общественных пространств, делая городскую среду современной.

На сегодняшний день существуют различные методы утепления фасадов зданий, обладающие как своими достоинствами, так и недостатками.

В настоящее время особенно в малоэтажном строительстве существенное распространение при утеплении зданий получили разнообразные многослойные утепляющие конструкции. «Мокрый метод» утепления фасадов пенопластом или пенополистиролом с последующим нанесением штукатурки является наиболее эффективным и недорогим способом сохранить тепло и обеспечить дополнительную шумоизоляцию.

Технология утепления фасада под «мокрую штукатурку» имеет некоторые ограничения. Работы рекомендуется проводить в теплое время года при относительной влажности воздуха не более 80%, во избежание проблем с клеем и штукатуркой. В процессе эксплуатации утепленных этим способом зданий под воздействием процессов усадки и температурных перепадов утепляющий слой может разрушаться, появляются трещины на наружной поверхности стен, что неизбежно приводит к потере своих тепловых характеристик. Избыток влаги, образовывающейся в результате жизнедеятельности людей, не выводится через пенопласт, в результате чего стены быстро отсыревают и в них образовывается грибок и плесень, что может привести к полной непригодности внутренних помещений для жизни. Также существенно ухудшаются и эстетические свойства фасадов при таких изменениях.

В отличие от домов с "мокрыми" фасадами здания с вентилируемыми фасадами отличает присутствие в воздушном зазоре эффективного теплоизоляционного слоя, жесткой металлической конструкции и современного облицовочного материала, определяющего привлекательный вид здания и защиту от ветровых нагрузок. Главным критерием, влияющим на теплозащитные свойства системы "вентилируемого" фасада, является теплотехническая однородность его конструкции. Поэтому основное внимание следует уделить качеству используемых теплоизоляционных материалов и качеству монтажных работ при возведении металлических конструкций. Минимизация влияния факторов, понижающих теплотехническую однородность и влияющих на влажностный режим эксплуатации стен зданий с системами вентилируемых фасадов, позволяет качественно проектировать здания и целенаправленно менять свойства фасадных конструкций, добиваясь повышения ее энергоэффективности и долговечности. Особенности

монтажа фасадов с вентилируемым воздушным зазором определяются естественной насыщенностью металлической конструкции с теплопроводными включениями в виде металлических кронштейнов и направляющих, необходимых для жесткого крепления со стеной здания. Фасадные системы, возведенные с нарушениями правил монтажа, требуют дорогостоящего ремонта уже на второй-третий год эксплуатации. Для анализа теплозащитных свойств фасадов с вентилируемым воздушным зазором методы расчета необходимо модифицировать с учетом возникающих неоднородностей, приводящих к образованию мостов холода как в самой конструкции фасада, так и в толще стены. Наличие мостиков холода значительно уменьшает приведенное сопротивление теплопередаче конструкции стены за счет возникновения существенной теплотехнической неоднородности. Потери тепла через крепежные элементы для различных фасадных систем могут существенно различаться, поскольку прямо пропорциональны коэффициенту теплопроводности материала металлической конструкции.

Метод расчета необходимо проводить с учетом следующих факторов:

- многообразия форм и материалов крепежных элементов фасадных конструкций;
- числа кронштейнов, используемых в крепежной конструкции;
- теплотехнических свойств теплоизоляционного материала;
- теплотехнических свойств облицовочного материала фасада.

Между поверхностями облицовочного материала фасада и теплоизоляционным материалом в воздушном зазоре осуществляется лучистый теплообмен. Между воздухом в зазоре, элементами конструкции и теплоизоляционным материалом осуществляется конвективный теплообмен, зависящий от скорости движения воздушных потоков и температуры воздуха и элементов конструкции. Скорость движения воздуха в зазоре, в свою очередь, зависит от его средней температуры. Расчет средней температуры предполагает знание скорости движения воздуха и коэффициентов конвективного теплообмена в воздушном зазоре. Данные расчеты также требуют знания характеристик влажностного состояния материала утеплителя. Поэтому при проектировании фасадных систем необходимо проводить подробные расчеты теплозащитных характеристик конструкций для объективной оценки используемых систем. Это будет способствовать техническому совершенствованию фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором и удовлетворению требуемых норм теплозащиты.

Литература

1. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23-01-99
2. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003
3. Е.Г. Гашо, А.Г. Спиридонов Функциональные особенности отопительных систем и комплексная оценка их эффективности. http://www.energosovet.ru/stat219.html
4. Ю.А Табунщиков, М.М. Бродач Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. - 194 с : ил.
5. В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором. Журнал АВОК. 2004, №2, №3.
6. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С.9-13.

УДК.697.1

МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ОТДЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Пуговкин А.В., Петрова Н.И., Купреков С.В., Абрамчук С.И.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск

Мониторинг теплового режима отдельных помещений и здания в целом на этапах ввода здания в эксплуатацию и самой эксплуатации является важной практической задачей. Данная задача включает в себя анализ теплового режима как отдельного помещения, так и здания в целом; анализ влияния на тепловой режим таких факторов, как эффективность работы отопительных приборов; влияния на тепловой режим помещения внешней среды, т.е. температуры воздуха внешней среды, ветровой нагрузки и пр. Решение этой задачи производится нами путем измерения в реальных условиях температур объектов и обработки результатов с помощью простой математической модели.

Математическому описанию тепловых режимов посвящено большое количество работ известных авторов [1–8]. Рассмотрим основные подходы.

1. Математическое моделирование тепловых процессов. Это сложная математическая модель, которая основана на решении уравнений теплопроводности, например, для отдельного помещения, когда учитываются граничные условия на стенах, конвекционные потоки внутри помещения. Данный подход, описанный в [1, 2], связан с большим объемом вычислений и поэтому может использоваться при проектировании систем теплоснабжения, но для систем мониторинга (энергоаудита) и учета потребляемой тепловой энергии данные алгоритмы являются сложными при технической реализации и дорогостоящими.

2. Математические модели, в которых оперируют средними температурами. Этот подход описан в [3, 4], но он недостаточно развит с точки зрения применимости в практике энергоаудита и учета тепловой энергии.

3. Анализ тепловых режимов зданий и помещений, основанный на применении стационарных уравнений, когда не учитывается развитие процессов во времени. Этот подход не позволяет учитывать динамические процессы, т.е. изменение температуры внешней среды, изменение параметров помещения [5–8].

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать основное требование к математической модели, которое состоит в обеспечении быстродействия при ее реализации, что может быть достигнуто относительной простотой модели.

При математическом описании зданий в целом и отдельных помещений можно выделить следующие основные направления моделирования:

- моделирование теплового режима отдельного помещения, в котором учитываются процессы, поведение температуры воздуха внутри помещения, поведение температуры ограждений (стены, перекрытия) при заданных температурах источника и температурах внешней среды. Так же нужно учитывать заданные температуры смежных помещений;
- моделирование при учете состояния теплового источника, когда его параметры и его температуры меняются под воздействием внешних условий. Модель теплоисточника может быть объединена с моделью помещения.

Рассмотрим математическую модель отдельного помещения, которое содержит внутренние стены и перекрытия, составляющие внутреннее ограждение, внешнюю

стену с окном, тепловой источник (батарея или тепловентилятор), а также имеет смежные помещения. Прирост тепловой энергии происходит за счет отопительных приборов, а ее убыль — за счет поглощения стен, излучения смежных помещений (коридор), излучения во внешнюю среду через окно и внешнюю стену. Кроме того, необходимо учитывать перенос воздушных масс за счет вентиляции, щелей в окнах и дверях.

В основу математического моделирования положен метод дифференциальных балансных уравнений [4]. Принятый подход исключает из рассмотрения некоторые особенности происходящих процессов, но общая картина передачи и преобразования тепловой энергии позволяет проследить все механизмы теплообмена от подведения ее к объекту до условий сохранения и диссипации в окружающее пространство.

$$\begin{cases} C_1 \cdot \dfrac{dT_1}{dt} = G_{\text{ист}} \cdot (T_{\text{ист}} - T_1) - G_{\text{огр}} \cdot (T_1 - T_2) - G_{\text{внеш}} \cdot (T_1 - T_{внеш}); \\ C_2 \cdot \dfrac{dT_2}{dt} = G_{\text{огр}} \cdot (T_1 - T_2) - G_{\text{см}} \cdot (T_2 - T_{\text{см}}); \\ C_{\text{ист}} \cdot \dfrac{dT_3}{dt} = M \cdot \Delta T_{\text{ист}} - G_{\text{ист}} \cdot (T_{\text{ист}} - T_1), \end{cases} \quad (1)$$

где $Q_1 = C_1 \cdot T_1$ — количество тепловой энергии воздушной массы, Дж; C_1 — теплоемкость помещения; T_1 — температура воздуха в помещении, °С; $G_{\text{ист}}$ — коэффициент теплоотдачи отопительного прибора, Вт/°С; $T_{\text{ист}} = \dfrac{T_{\text{вх}} + T_{\text{вых}}}{2}$ — средняя температура поверхности отопительного прибора,°С; $T_{\text{вх}}$ и $T_{\text{вых}}$ — температура теплоносителя подающего и обратного трубопровода соответственно, °С; $G_{\text{огр}}$ — коэффициент теплопередачи во внутренние ограждения, Вт/°С; T_2 — температура ограждения, °С; $G_{\text{внеш}}$ — коэффициент теплопередачи во внешнюю среду, Вт/°С; $T_{\text{внеш.}}$ — температура внешней среды, °С; $Q_2 = C_2 \cdot T_2$ — количество тепловой энергии ограждений помещения, Дж; C_2 — теплоемкость внутренних ограждений; $G_{\text{см}}$ — коэффициент теплопередачи из внутреннего ограждения в соседнее помещение, Вт/°С; $T_{\text{см}}$ — температура воздуха смежного помещения, °С. $Q_3 = C_{\text{ист}} \cdot T_{\text{ист}}$ — количество тепловой энергии отопительного прибора, Дж; $C_{\text{ист}}$ — теплоемкость отопительного прибора; $M = c_3 \cdot m$ — расход теплоносителя, Вт/°С; c_3 — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг·°С); m — массовый расход теплоносителя, кг/с; $\Delta T_{\text{ист}} = T_{\text{вх}} - T_{\text{вых}}$ — срабатываемый температурный напор теплоносителя, °С; t – текущее время, сек.

В системе уравнений (1) первое уравнение описывает изменение тепловой энергии воздушной массы Q_1, заключенной в комнате объемом V. Аналогичным образом выглядит второе уравнение для системы ограждений, в которую входят стены, перекрытия и смежные помещения. Учтем, что температура смежных помещений не совпадает с температурой ограждений рассматриваемого помещения. Третье уравнение описывает динамику поведения теплового источника и учитывает его инерционные свойства, скорость подачи теплоносителя и другие параметры. Данную систему уравнений можно применить для расчета теплового режима системы помещений как в стационарном, так и в динамическом режиме.

Для проверки адекватности математической модели (1) и исследования тепловых процессов в помещении было проведено моделирование с использованием

справочных значений параметров, учитывающих фактические теплотехнические характеристики наружных ограждений (приведенное сопротивление теплопередачи и воздухопроницания) [7]. Также были заданы следующие значения: $G_{\text{ист}}/C_1 = 5{,}15 \cdot 10^{-5}, \text{с}^{-1}$; $G_{\text{внеш}}/C_1 = 2{,}78 \cdot 10^{-5}, \text{с}^{-1}$; $G_{\text{огр}}/C_1 = 0{,}56 \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$; $G_{\text{см}}/C_1 = 0{,}49 \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$; температура теплового источника 45°С, температура внешней среды – 17°С, температура смежных помещений 17 °С.

При решении системы (1) можно сделать некоторые приближения.

1. Инерционные свойства отопительного прибора характеризуются постоянной времени $\tau_{\text{ист}} = C_{\text{ист}}/G_{\text{ист}}$. Вводя коэффициент $R_{\text{ист}}$, обратный коэффициенту $C_{\text{ист}}$, получим выражение для постоянной времени $\tau_{\text{ист}} = R_{\text{ист}} \cdot C_{\text{ист}}$. Постоянная времени $\tau_{\text{ист}}$ много меньше постоянных времени для воздуха помещений $\tau_{\text{внеш}} = C_1/G_{\text{внеш}}$ и для ограждений $\tau_{\text{огр}} = C_2/G_{\text{огр}}$. Поэтому уравнение для отопительного прибора можно решать независимо, полагая T_1 и T_2 постоянными.

2. Уравнения для воздуха и ограждений можно решать совместно без учета третьего уравнения, если температура отопительного прибора поддерживается постоянной.

Наибольший интерес данная математическая модель представляет при решении обратной задачи, когда тепловой режим приводится в нестационарное состояние путем нагревания или охлаждения помещения. При обработке полученной температурной зависимости находятся искомые параметры уравнений — коэффициенты теплоотдачи отопительных приборов, коэффициенты теплопередачи через внешние и внутренние ограждения, теплоемкости элементов помещения.

Рассмотрим возможность исследования и измерения коэффициента теплоотдачи в динамическом режиме, когда изменяются как тепловая мощность, так и температура поверхности отопительного прибора. Для этого рассмотрим третье уравнение теплового баланса отопительного прибора системы (1). В качестве допущения полагаем в первом приближении, что коэффициенты $G_{\text{ист.}}$ и $C_{\text{ист.}}$ являются константами, хотя на практике они могут быть функциями температуры $T_{\text{ист}}$.

Если прекратить подачу теплоносителя ($M = 0$), то из третьего уравнения системы (1) можно найти коэффициент теплоотдачи:

$$G_{\text{ист}} = \frac{C_{\text{ист.}} \cdot \dfrac{dT_{\text{ист}}}{dt}}{T^{\kappa}_{\text{ист.}} - T^{\kappa}_{1}}. \qquad (2)$$

Процедура измерения заключается в следующих действиях:

- нахождение температуры остывающего отопительного прибора как функции времени $T_{\text{ист.}} = f(t)$;

- измерение температуры воздуха, которая в пределах интервала наблюдения является постоянной величиной;

- нахождение скорости изменения температуры отопительного прибора во времени $dT_{\text{ист}}/dt$ в заданной точке, с последующим вычислением коэффициента

теплоотдачи (2) при известной теплоемкости отопительного прибора (задается справочно, либо измеряется в лаборатории).

В данном случае коэффициент теплоотдачи измеряется для каждого отопительного прибора с учетом его индивидуальных особенностей. Алгоритм реализуется в условиях эксплуатации при прекращении подачи теплоносителя в стояке системы отопления Еще одним достоинством такого является то, что он учитывает зависимость коэффициента теплоотдачи от температурного напора $(T_{ист} - T_1)$, учитывается конвекция и др. Это следует из дифференциального характера уравнения (2). При решении обратной задачи (нахождение $G_{ист}$) нелинейность будет учитываться.

Проверка предложенного метода осуществлялась на экспериментальной установке (рис. 1).

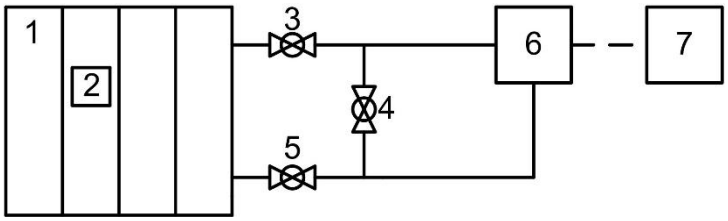
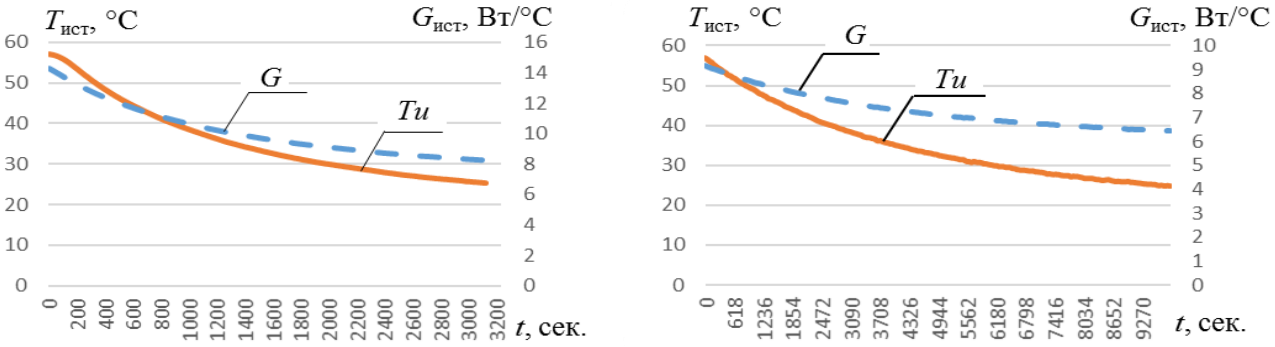


Рис. 1. — Структурная схема экспериментальной установки.
1 — исследуемый отопительный прибор, 2 — термодатчик,
3,4,5 — запорная арматура, 6 — водонагреватель, 7 — электросчетчик.

Здесь тепловая энергия поступает в исследуемый отопительный прибор от водонагревателя через систему водопроводных труб. Запорная арматура с помощью моста позволяет отключать отопительный прибор или включать его на полную нагрузку. Измерение потребляемой электрической мощности осуществляется электросчетчиком, а измерение температур – термодатчиками на основе термопар или полупроводниковых приборов. Тепловая мощность, поступающая в отопительный прибор, находится с помощью методики, упомянутой в [9]. Для этого из полной электрической мощности вычитается мощность, идущая на нагревание водонагревателя и подводящих труб. Результаты экспериментов приведены на (рис. 2).



а *б*

Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований различных типов радиаторов:
а — алюминиевого; *б* — чугунного радиатора.

На рис. 2 представлены экспериментально полученные зависимости остывания двух отопительных приборов: чугунного радиатора из четырех секций и алюминиевого

радиатора из восьми секций. Для устранения случайных выбросов произведена операция сглаживания.

Как видно из графиков, остывание происходит по закону, близкому к экспоненциальному, причем алюминиевый радиатор остывает быстрее, чем чугунный. Время остывания до температуры 25 °С для чугунного прибора составила 153 мин., для алюминиевого — 52 минуты.

Нахождение коэффициента $G_{ист}$ проводилось по формуле (2). При этом теплоемкость прибора находилась как сумма теплоемкостей теплоносителя (воды) и металлического корпуса (чугун или алюминий).

Результаты вычислений приведены на (рис. 2*а* и 2*б*), соответственно, и в (табл. 1). Экспериментальные значения снимались через 10 секунд. Как видно (рис. 2*а* и 2*б*), коэффициент теплоотдачи не является постоянной величиной, для чугунного радиатора он изменяется в диапазоне 6,5–9 Вт/°С при температурах отопительного прибора от 25°С до 57 °С (25% по отношению к среднему значению); для алюминиевого радиатора – от 8 Вт/°С до 14 Вт/°С (37% по отношению к среднему значению). Кроме этого, экспериментально были найдены значения коэффициентов теплоотдачи для температуры $T_{ист}$ = 57 °С, вычисленные по классической методике [9]. Для чугунного радиатора $G_{ист}$ = 8,32 Вт/°С, для алюминиевого $G_{ист}$ = 14,59 Вт/°С.

Таблица 1. — Основные результаты эксперимента.

Тип прибора	**$C_{ист}$, теплоемкость, Дж/°С**	**$G_{ист}$, коэфф. теплоотдачи, Вт/°С**
Чугунный радиатор, 4 секции	36054	6,5-9
Алюминиевый радиатор 8 секций	17700	8-14
Труба ¾ дюйма 3 м	6441	2,8

Коэффициент теплоотдачи приводится (табл. 1) для температурного напора от 5°С до 37°С.

В ходе проведения эксперимента было также рассмотрено влияние расположения отопительного прибора на коэффициент $G_{ист}$:

- Алюминиевая батарея: влияние стены – 6%;
- Алюминиевая батарея: влияние пола – 9%;
- Алюминиевая батарея: влияние мебели (стол) – 12,5%;
- Труба: влияние мебели и штор – 9,4%.

Таким образом можно сделать вывод, что теплоотдача алюминиевой батареи зависит от ее расположения и окружающей мебели в пределах 12,5%, теплоотдача стояков зависит от окружения в пределах 9,4%.

Зная коэффициент $G_{ист}$ нетрудно вычислить тепловую мощность и количество тепловой энергии, отдаваемой отопительным прибором согласно третьему уравнению системы (1).

При этом стоит учесть, что основной вклад в погрешность нахождения коэффициента $G_{ист}$ вносит аддитивная составляющая погрешности определения температурного напора ΔT. Поскольку разность температур находится с помощью одного температурного датчика, влияние аддитивной составляющей близко к нулю. Мультипликативная составляющая ошибки нахождения производной по формуле (2) $\frac{dT_u}{dt}$ будет мала, поскольку такая же ошибка присуща измерению температурного напора ΔT. При выполнении операции деления, согласно (2), эти ошибки компенсируют друг друга.

При вычислении количества тепловой энергии Q_3 происходит суммирование случайной величины, флуктуирующей относительно величины ($T_{i\text{ист}} - T_{i1}$). При этом происходит дальнейшее уменьшение погрешности измерений.

Для сравнения энергии, посчитанной предложенным методом, и энергии, зафиксированной электросчетчиком для обеих батарей, провели эксперименты в рабочем режиме (скорость и температура теплоносителя изменялись в процессе измерений) (табл. 2).

Таблица 2. — Тепловая энергия и погрешность ее измерения

Тип прибора	Тепловая энергия, Вт·ч	Вычисленная энергия, Вт·ч	Погрешность измерения, %
Алюминиевая батарея	3100	3319	6-7
Чугунная батарея	3300	3331	1-2

Известное значение $G_{\text{ист}}$ позволяет нам решить задачу нахождения остальных параметров уравнения (1). Для этого нами были проведены натурные эксперименты в жилом помещении объемом 20 м^3 с одним тепловым источником – водяным радиатором отопления (МС-140) из 8-ми секций. Помещение содержит внутренние ограждения, внешнее ограждение, окно, а также имеет смежные помещения. При проведении экспериментов с помощью нескольких температурных датчиков измерялись средние температуры воздуха и внутренних ограждений, а также температуры внешней среды и поверхности батареи в стационарных и динамических режимах. Для описанных выше экспериментов, которые повторялись 3 раза, при усреднении получены следующие значения параметров (при средней квадратической погрешности результата измерений не превышающей 1,8 %):

$G_{\text{ист}}$ = 27 Вт/°С, $G_{\text{огр}}$ = 170,41 Вт/°С, $G_{\text{внеш}}$ = 15,22 Вт/°С.

Выводы

1. Система уравнений (1) устанавливает взаимосвязь коэффициентов теплопередачи во всей цепочке подведения, преобразования и рассеяния тепловой энергии, а именно: теплоноситель — отопительный прибор — воздух — ограждения. Реальная оценка каждого из этих соотношений в конкретных условиях работы позволяет определить влияние различных параметров на процесс теплообмена.

2. Предложенная математическая модель может служить основой для создания алгоритма и программного обеспечения АСУ теплоснабжением, как отдельных помещений, так и целых зданий (сооружений).

3. Нахождение тепловых параметров из экспериментальных исследований позволит учесть индивидуальные особенности помещения, такие как тип и состояние источников тепла, состояние внешнего ограждения, реальное состояние внутреннего ограждения.

4. Предложенный метод нахождения тепловой энергии позволяет сократить погрешность измерения (меньше 5%) за счет экспериментального нахождения коэффициента теплоотдачи, компенсации ошибки измерения за счет калибровки, статистического усреднения при нахождении тепловой энергии.

5. Непрерывный внутренний энергоаудит помещения возможно сочетать с измерением потребляемой тепловой энергии с помощью одних и тех же температурных датчиков.

6. Предложенный метод позволяет организовать мониторинг теплового режима отдельных помещений и здания в целом на этапах ввода здания в эксплуатацию и самой эксплуатации.

Литература

1. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М. : АВОК-ПРЕСС, 2012.
2. Табунщиков Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. – М. : Стройиздат, 1986. – 382 с.
3. Федюк Р.С. Математическая модель управления тепловым балансом энергосберегающего здания / Р.С. Федюк // Конференция 2010 — Экономические аспекты экологической безопасности, Дальневосточный государственный технический университет, г. Владивосток, Россия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://ecology.ostu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=240:2010-12-20-10-21-35&catid=61:2010-11-01-09-42-55&Itemid =63.
4. Математическая модель теплоснабжения помещений для АСУ энергосбережения / А.В. Пуговкин [и др.] // Докл. ТУСУР. – Томск : В-Спектр, 2010. – № 2 (22).
5. Инженерное оборудование зданий и сооружений : энцикл. / под ред. С.В. Яковлева. – М. : Стройиздат, 1994. – 512 с.
6. МГСН 2.01–99. Энергосбережение в зданиях. Нормы по тепловодоэлектроснабжению для вновь строящихся зданий. – Введ. 1999–02–23.
7. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн. 1 / Р.В. Щекин, С.М. Кореневский, Г.Е. Бем. – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев : Будівельник, 1976. – 416 с.
8. Отопление и вентиляция: в 2 ч. / П.Н. Каменев [и др.]. – Ч. I. Отопление. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1975. – 483 с.
9. Действующая методика испытания отопительных приборов / В.И. Сасин, Г.А. Бершидский, Т.Н. Прокопенко, Б.В. Швецов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pkf-sk.ru/artic-les.php?id=365.html, свободный (дата обращения: 22.11.2014).

УДК. 658.26

К ПРОБЛЕМЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

Щеклеин С.Е.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Введение

Стремление построить энергоэффективное здание стимулируется желанием создания благоприятных для человека условий жизнедеятельности на фоне дефицитности и повышения стоимости энергетических ресурсов (страны ЕС), либо их значительных расходов в суровых климатических условиях (РФ), что также ведет к росту затрат на эксплуатацию зданий. Важным мотивом снижения энергозатрат является стремление обеспечить значительную долю энергопотребления здания за счет возобновляемых источников энергии. Однако, отсутствие системного подхода при разработке мероприятий по снижению теплопотерь стенами зданий в жилищном секторе развитых стран привело к существенному противоречию между поставленными целями и полученными результатами - снижение теплопотерь на единицу энергии влечёт за собой увеличение энергозатрат на производство тепловой изоляции [1]. Идея использовать количество энергии в качестве меры стоимости объекта была предложена еще в 1883 году В.И. Вернадским и получила развитие в работах ряда отечественных и зарубежных исследователей [3-7]. Особое значение при решении данной задачи приобретает качество энергии, используемой для производства строительных и теплоизоляционных материалов с одной стороны и целей теплоснабжения с другой. На рис. 1 приведена технологическая схема, применяемая при производстве минераловатных теплоизоляционных материалов [8].

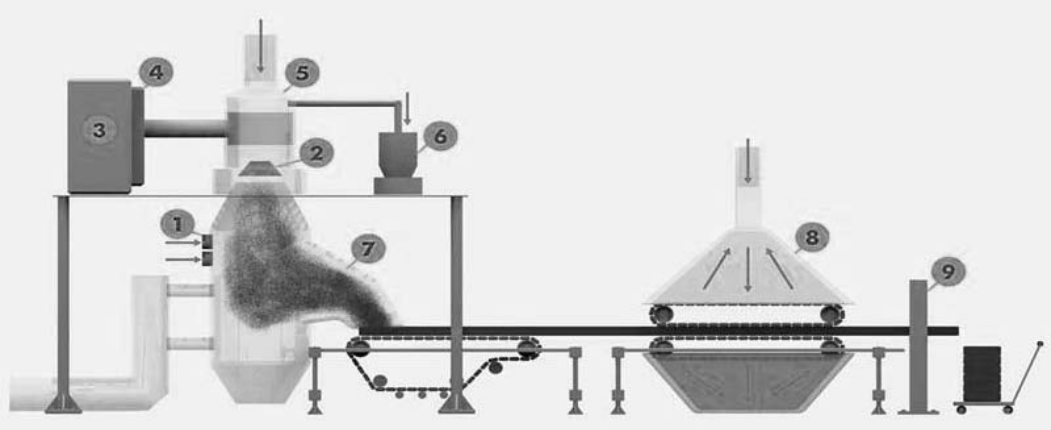


Рис. 1. Схема технологического модуля производства базальтоволоконной теплоизоляции. 1 - распылители связующего, 2 - дутьевая головка, 3 - генератор, 4 - блок нагрузочного контура, 5 -индукционная печь, 6 - дозатор, 7 - камера волокноосаждения, 8 - камера сушки, 9 - резак.

В табл. 1 приведены некоторые технические параметры, характеризующие энергоемкость процесса, производства теплоизоляции.

Таблица 1. Расход материальных и энергетических ресурсов для производства 1 тонны теплоизоляции [8].

Вид ресурса	Количество
Базальтового сырья, кг	1250
Электроэнергии, кВт*ч	3500
Сжатого воздуха, нм^3	12000
Технической воды, м^3	260
Электродов, кг	25

Другие материалы, применяемые в строительстве, также требуют для производства значительных затрат энергии, как правило высокого потенциала. В табл.2 приведены энергоемкости ряда стандартных материалов строительной индустрии по данным [9].

Таблица 2. Расход энергетических ресурсов для производства ряда строительных материалов.

Перечень материалов и конструкций	Общие энергозатраты, МДж
Цемент, т	7250
Кирпич глиняный, 1000 шт.	8903
Стекло листовое, т (1000 м^2)	90190
Керамзит гравийный, м^3	3538
Минеральная вата товарная, м^3	2320
Пенобетон, м^3	3451
Плитка керамическая облицовочная, 1000 м^2	368880
Трубы канализационные чугунные, т	28710
Трубы пластмассовые из поливинилхлорида, т	140331
Трубы стальные, т	55941
Гипсокартонные листы, 1000 м^2	54549
Железобетонные сборные стеновые конструкции из легкого бетона, м^3	9106
Бетонные сборные конструкции, м^3	5858
Железобетонные монолитные конструкции,	7830
Бетонные монолитные конструкции, м^3	3944
Раствор марки М50, м^3	1682
Раствор марки М200, м^3	4437

1. Постановка задачи

Оценить суммарные затраты на сооружение и эксплуатацию в течение длительного периода (50 лет) двухэтажного жилого здания общей площадью 200 кв.м., при выполнении санитарно - гигиенических требований к жилым помещениям [10] с учетом потребности в тепловой энергии для целей отопления и вентиляции. В качестве модельных климатических условий использованы данные для зоны Среднего Урала [11]. Анализ выполнялся для нескольких видов строительных материалов и комбинированных вариантов конструкций стеновых материалов (кирпич, железобетон, пенобетон, полистиролбетон и кирпич + пенопласт, пенобетон + пенопласт) и производился по критериям отыскания минимальных значений суммарных затрат-**финансовых, энергетических и эксергетических**. Последний из данных критериев учитывает не только количество, но и качество используемой энергии. Эксергия – физическая величина, характеризующая способность системы совершать полезную работу - следовательно отопление зданий производимое средами с низкими энергетическими параметрами значительно менее эксргоемко, чем процесс создания теплоизоляции и стройматериалов, как правило, связанный с затратами электрической и высокопотенциальной тепловой энергии.

2. Методика исследований

2.1 Затраты энергии

Затраты энергии на создание строительных материалов и всего здания оцениваются по данным работ [1,3-7]:

$$Q_{k\Sigma} = K_{изг} \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i \cdot Q_{k\,i}}{K_{им}} \qquad (1)$$

где $K_{изг}$ – поправочный коэффициент, учитывающий затраты энергии на изготовление деталей, сборку, транспортировку.

Затраты энергии на отопление и вентиляцию здания оцениваются по [12] :

$$Q_{от} = Q_{тр} + Q_{в} - Q_{быт} \qquad (2)$$

где

$Q_{тр}^{n} = A(t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \Sigma\beta) n / R,$ - трансмиссионные потери теплоты через ограждающие конструкции,

A - расчетная площадь ограждающей конструкции, м^2;

R - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м$^2\cdot{}^0$С/ Вт.

β - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

t_p - расчетная температура воздуха в помещении, ^{0}С;

t_{exp} - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения (со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С).

Общие трансмиссионные потери теплоты равны сумме трансмиссионных потерь через отдельные ограждающие конструкции с учетом географической ориентации:

$$Q_{тр} = \sum_{1}^{n} Q_{тр}^{n}$$

Расход теплоты $Q_в$, Вт, на нагревание вентиляционного воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, компенсируемой подогретым приточным воздухом [12]:

$$Q_{в} = 0{,}28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{вн} - t_p) \cdot (1 - k_{рек}) \qquad (3)$$

где L_n = 3×200 - расход удаляемого воздуха, м^3/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, для жилых зданий - удельный нормативный расход 3 м^3/ч на 1 м^2 жилых помещений;$k_{рек}$ – коэффициент регенерации (принят 0,8).

2.2 Затраты эксергии.

Полные затраты эксергии на создание и последующую эксплуатацию объекта оцениваются в виде суммы произведений затрат энергии на коэффициент качества (эксергетический КПД):

$$E_{\Sigma} = E_{к\Sigma} + E_{о\Sigma} = \Sigma Q_{кi} * \eta_{ei}^{\ o} + Q_o * \eta_e^{\ o} = Q_{к\Sigma} + Q_{о\Sigma} * (1 - \frac{T_2}{T_1}), \qquad (4)$$

где

$E_{k\Sigma} = \Sigma Q_{кi} * \eta_{ei}^{\ o}$ - суммарные затраты эксергии на изготовление материалов здания

$E_{о\Sigma} = Q_o * \eta_e^{\ o} = Q_{о\Sigma} * (1 - \frac{T_2}{T_1})$ - затраты эксергии на отопление и вентиляцию.

T_1, T_2 – температуры источника тепловой энергии и окружающей среды, соответственно, °С.

При использовании разных материалов для создания здания (i) и продолжительности строительства (t_1) суммарные затраты эксергии на изготовление материалов и строительство здания:

$$E_{\kappa\Sigma} = \int_0^{t_1} \int_1^n Q_{ki} * \eta_{ei}^{\ k} di dt = \iint Q_{ki} * \eta_{ei}^{\ k} di * dt \qquad (5)$$

При использовании электрической и высокопотенциальной тепловой энергии $\eta_{ei}^{\ k} \cong 1$.

и выражение (5) приобретает вид:

$$E_{\kappa\Sigma} = Q_{k\Sigma} \qquad (6)$$

затраты эксергии на отопление и вентиляцию на протяжении всего периода эксплуатации здания (t_2) при условиях постоянства температуры источника теплоты (T_1) и средней температуры окружающей среды отопительного периода (T_2) приобретает вид:

$$E_{o\Sigma} = \int_0^{t_2} Q_o * \eta_e^{\ o} dt = Q_{o\Sigma} * (1 - T_2 / T_1) * \tau_{от} \qquad (7)$$

С учетом неравноценности эксергии, получаемой в ближайшем и отдаленном будущем подобно аналогичным расчетам в экономике [13], может быть введено дисконтирование эксергии. Тогда полный расход эксергии *E* вычисляется как интеграл с весовой функцией, отражающей убывание во времени:

$$E = \int_0^{\tau_э} \dot{E} \exp(-\lambda\tau) \approx \dot{E}\left[1 - \exp(-\lambda\tau_э)\right] = \dot{E}(\tau_э)\overline{\lambda}, \qquad (8)$$

где

$$\overline{\lambda} = \frac{\tau_\lambda}{\tau_э}\left[1 - \exp\left(\frac{\tau_э}{\tau_\lambda}\right)\right] \qquad (9)$$

Здесь $\tau_\lambda = 1/\lambda$ - нормативное время дисконтирования, обратное степени дисконтирования λ. Фактор $\overline{\lambda} < 1$ монотонно возрастает с ростом отношения $\tau_\lambda / \tau_э$. Для учета истощения первичных энергоресурсов аналогичный прием проводится с величиной η_e, что отражает геологические прогнозы о повышении затрат эксергии на добычу ресурса:

$$E_{отв} = \int E_{отв} \exp(-\mu\tau) d\tau = \dot{E}_{отв} \tau_э \overline{\mu} \qquad (10)$$

(здесь коэффициент μ играет ту же роль, что и степень дисконтирования λ, но при оценке истощения ресурсов; $\overline{\mu}$ вычисляется аналогично $\overline{\lambda}$).

2.3 Критерии определения оптимальной тепловой защиты зданий.

Для определения условий оптимальности при решении уравнений (1) – (7) необходимо выразить расходы соответствующих затрат - **финансовых, энергетических и эксергетических** в виде обобщенных функций от конструкционных, теплофизических и климатологических характеристик. Например, для энергии в виде функций типа:

$$Q_{\kappa i} = \phi_1(M_i, q_i)$$

$$Q_o = \phi_2(M_i, Z)$$

где Φ_1 – функция энергоемкости материальных затрат,

Φ_2 – функция энергоемкости эксплуатационных затрат,

M_i, q_i, Z – количество используемых материалов, удельная энергоемкость производства материалов и показатель градусо-суток отопительного периода (ГСОП), соответственно.

Для финансовых и эксергетических затрат используются удельные стоимости материалов и удельные затраты эксергии.

Значение оптимума во всех случаях определяется минимумом совокупных затрат за весь период эксплуатации здания:

$$\partial Q_\Sigma / \partial M \Rightarrow 0$$

$$\partial E_\Sigma / \partial M \Rightarrow 0$$

$$\partial C_\Sigma / \partial M \Rightarrow 0$$

где $Q_\Sigma, E_\Sigma, C_\Sigma$ - совокупные затраты энергии, эксергии и финансов.

3. Результаты исследования.

Расчетные исследования выполнялись численно при помощи разработанного программного комплекса, включающего модули энергетических и климатических характеристик.

Результаты расчетов расходов энергии, эксергии и финансовых затрат для здания, выполненного из ряда материалов приведены на (рис. 2 – 5).

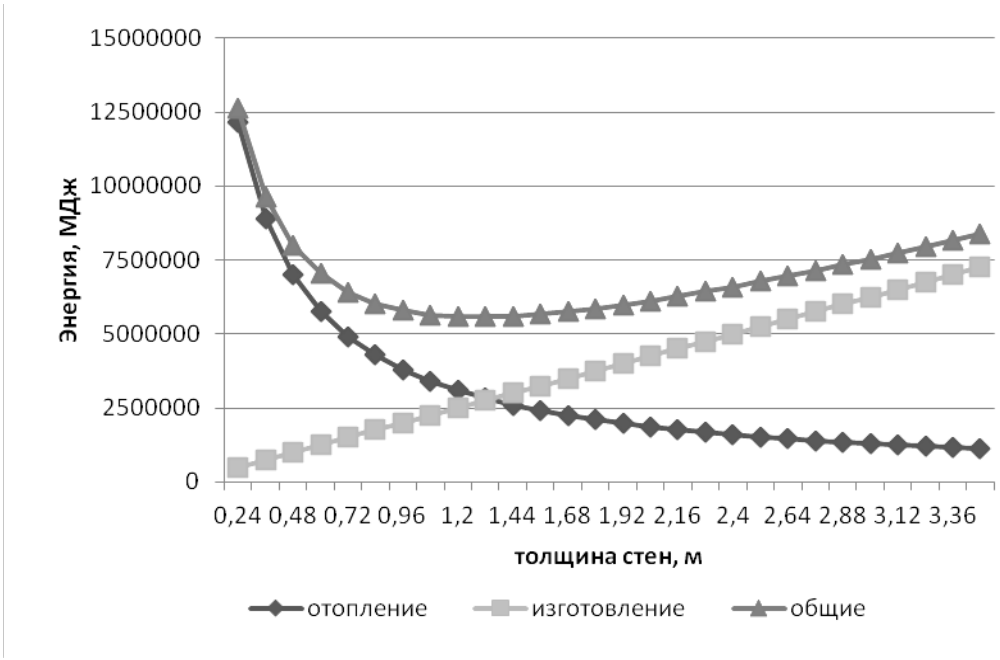


Рис. 2. Расход энергии на создание и энергоснабжение здания из кирпича.

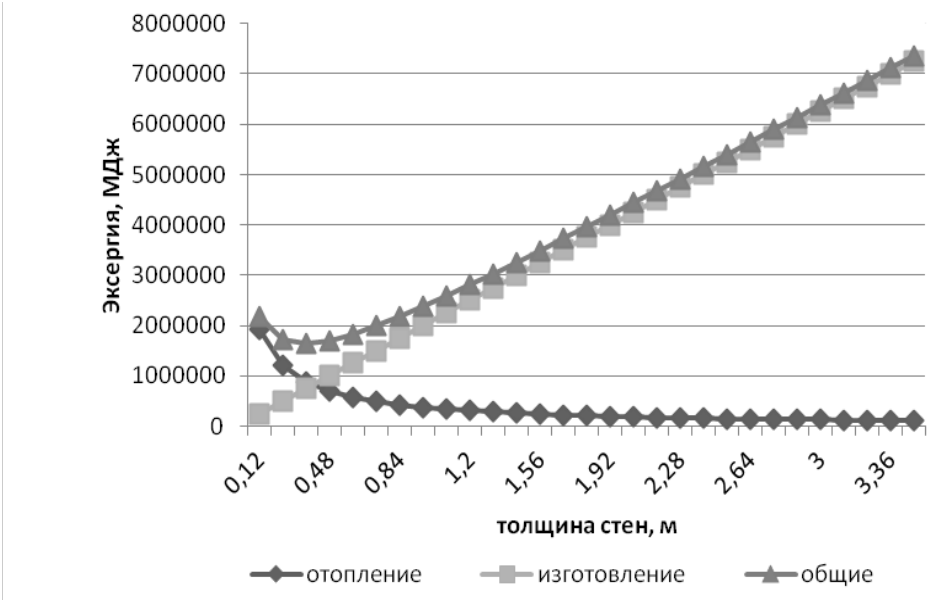


Рис. 3. Расход эксергии на создание и энергоснабжение здания из кирпича.

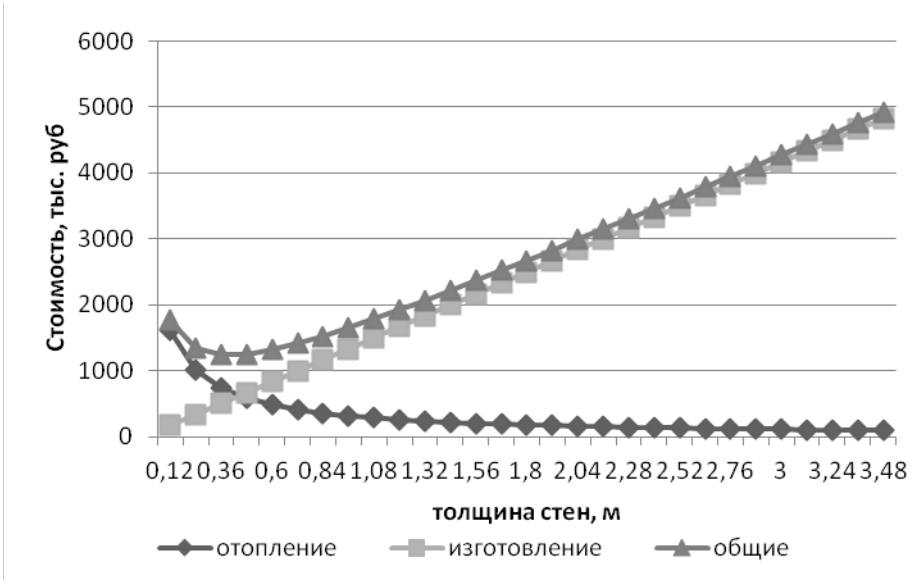


Рис. 4. Финансовые расходы на создание и энергоснабжение здания из кирпича (тариф 350 руб/Гкал).

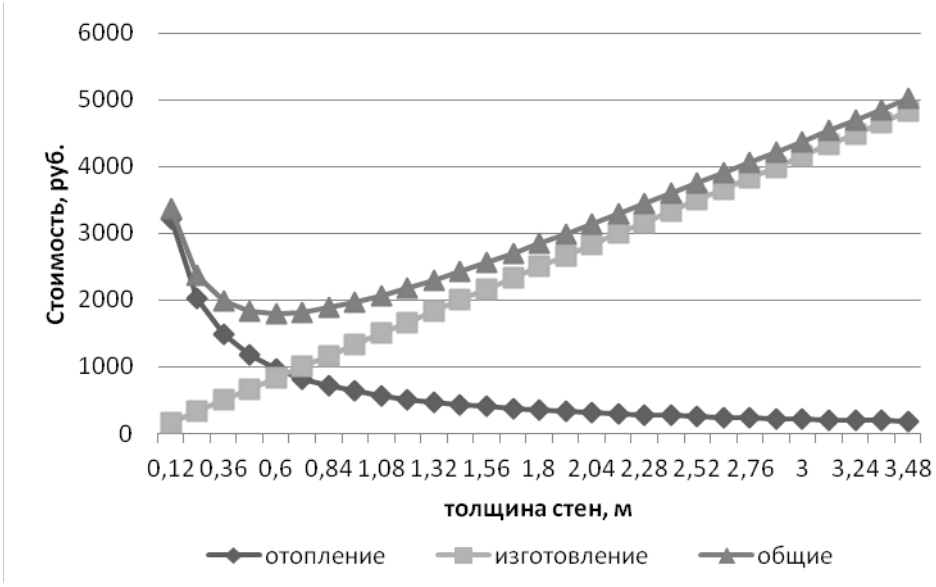


Рис. 5. Финансовые расходы на создание и энергоснабжение здания из кирпича (тариф 700 руб/Гкал).

Значения толщин защитной стены из кирпича, полученных по данной методике, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Оптимальные значения толщины тепловой защиты и общего расхода ресурса (кирпич).

Критерий оптимальности	Толщина стены, м	Значение оптимума
Расход энергии - $\partial Q_\Sigma / \partial M = 0$	1,32	5400 ГДж
Расход эксергии - $\partial E_\Sigma / \partial M = 0$	0,36	1900 ГДж
Финансовые затраты - $\partial C_\Sigma / \partial M = 0$ (тариф 350 руб/Гкал)	0,35	1100 тыс.руб
Финансовые затраты - $\partial C_\Sigma / \partial M = 0$ (тариф 700 руб/Гкал)	0,6	1800 тыс. руб

Результаты расчетов общих затрат эксергии на создание и эксплуатацию зданий из разных материалов приведены на рисунке 6.

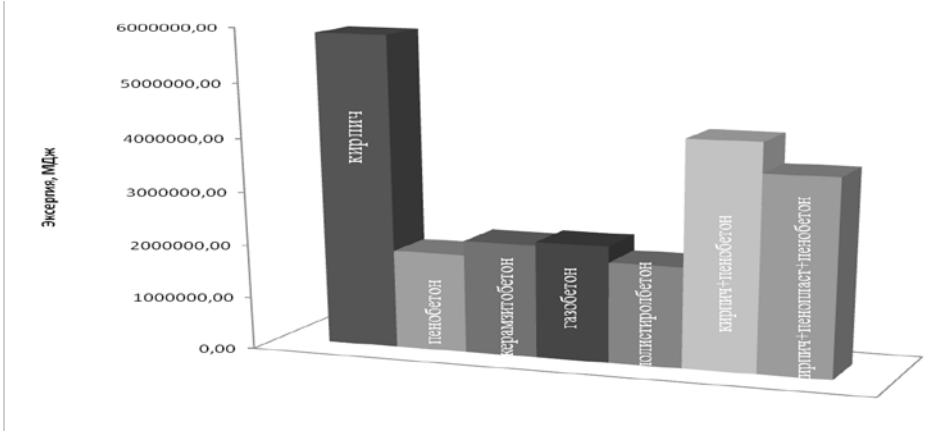


Рис. 6. Общий расход эксергии на создание и эксплуатацию зданий из разных материалов с эксергетически оптимальным слоем тепловой защиты.

Обсуждение результатов

Из рисунков 2 – 5 видно, что все исследованные параметры имеют оптимальные значения (минимумы) при соответствующих значениях толщины защиты. Энергетический критерий оптимальности приводит к существенно завышенному уровню толщины тепловой защиты; финансовые затраты имеют высокую чувствительность к уровню цен на топливо и материалы, но более близки к результатам оптимизации по эксергетическому критерию. Последний дает значение, соответствующее современному уровню энергоемкости процесса производства материалов и при совершенствовании технологии будет приводить к увеличению оптимального значения толщины при снижении общего уровня расходов.

Литература

1. Мейер-Бое В. Строительные конструкции зданий и сооружений. Пер. с нем. под ред. Казбек-КазиеваЗ.А.// М.: Стройиздат, 1993г. 408с.
2. Ананьев А. И., Комов В. М. и др. Экономия тепловых ресурсов в жилых зданиях//Теплоэнергоэффективные технологии: ИБ. 2001. № 4. С. 74−80.
3. Пирогов А.Н., Щеклеин С.Е. Энергетический дизайн – новый концептуальный подход при проектировании и строительстве энергоэффективных и экологичных малоэтажных жилых зданий./Научно-практическая конференция «Энерго-и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий»// ИТФ СО РАН, 2013. С.67-72
4. Савин В.К. Энергоэффективность наружных конструкций зданий // Энергосбережение №6, 2002. С.63-66
5. Степанов В. С., Степанова Т. Б. Эффективность использования энергии // Новосибирск, ВО «Наука», Сибирская издательская фирма, 1994. 257 с.
6. Кононов Ю. Д. Влияние энергетических стратегий на энергопотребление // Иркутск, СЭИ, 1985.
7. . Бродянский В. М., Верхивкер Г. П., Карчев Я. Я. и др. Эксергетические расчеты технических систем // Киев, Наук. думка, 1991. 360 с.
8. http://www.naftaros.ru/kompozitsionnye_/bazaltovye_tehno/
9. Исакович Г. А., Слуцкин Ю. Б. Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве // Москва, Стройиздат, 1988. 214 с.
10. Санитарно- эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» (СанПиН 2.1.2. 2645-10)
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 9./С-Пб., Гидрометиздат,1990. 557 с.
12. СНИП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»
13. Янтовский Е.И. Энергия – нетто // Промышленная энергетика, 1985. №1.С.33-37.

УДК 620.031

ОПЫТ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПУТЕМ РЕКОНСТРУКЦИ ЗДАНИЯ

Щеклеин С.Е., Велькин В.И., Матвеев А.В.
УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург

Строительный комплекс, являющийся крупным потребителем металла, цемента, кирпича и других энергоемких материалов, требует для обеспечения своей деятельности большого количества топливно-энергетических ресурсов.

Известно, что вторичное использование ресурсов существенно снижает энергоемкость продукции, т.к. позволяет избежать расходов энергии на добычу, транспортировку и переработку первичного сырья [1].

В докладе представлены результаты анализа энергоемкости реализованного проекта реконструкции заброшенного строения общей площадью около 2000 кв.м в 8-ми квартирном жилом доме с высокой степенью тепловой защищенности. Существовавшее одноэтажное здание заброшенной сельскохозяйственной фермы имело ленточный фундамент, кирпичные стены по периметру толщиной 0,6 м, несущий металлический каркас 1-го этажа, перекрытие из железобетонных плит, утепленное 2-я слоями пенопласта (0.1 м) и гидроизоляцию кровли из рубероида (рис.1.а).

Специалистами УГТУ-УПИ были проведены прочностные расчеты фундаментов, стен, металлоконструкций; разработан проект реконструкции.

В ходе реконструкции здание было надстроено вторым этажом на металлическом каркасе, являющимся продолжением каркаса 1-го этажа, кровля 2-го этажа утеплена листами минеральной ваты толщиной 0,3 м, наружный периметр здания поверх кирпича дополнительно утеплен слоем пенополистиролбетона толщиной 0,2 м. (рис.1.б).



Рис.1.а. Заброшенная ферма крупного рогатого скота (июль 2001 г.).



Рис.1.б. Реконструированная в жилой дом ферма КРС (февраль, 2008 г).

Энергетические затраты на создание материалов, имевшихся в существовавшем здании и добавленных в ходе модернизации, оценивались по энергетическому прейскуранту [2].

$$Э_{уст} = K_{изг} \sum_{i=1}^{n} m_i^{заг} \cdot Э_i = K_{изг} \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i \cdot Э_i}{K_{им}},$$

где $K_{изг}$ – поправочный коэффициент, учитывающий затраты энергии на изготовление деталей, сборку, транспортировку,

$K_{им} = \frac{m}{m^{заг}}$ -коэффициент использования материала,

m – масса готовой детали, $m^{заг}$ – масса заготовки для данной детали, $Э_i$ – удельная энергоемкость материала (изделия).

На рис.2 приведены данные энергетического анализа энергоемкости объекта после реконструкции и дополнительные затраты энергоресурсов на повышение энергоэффективности.

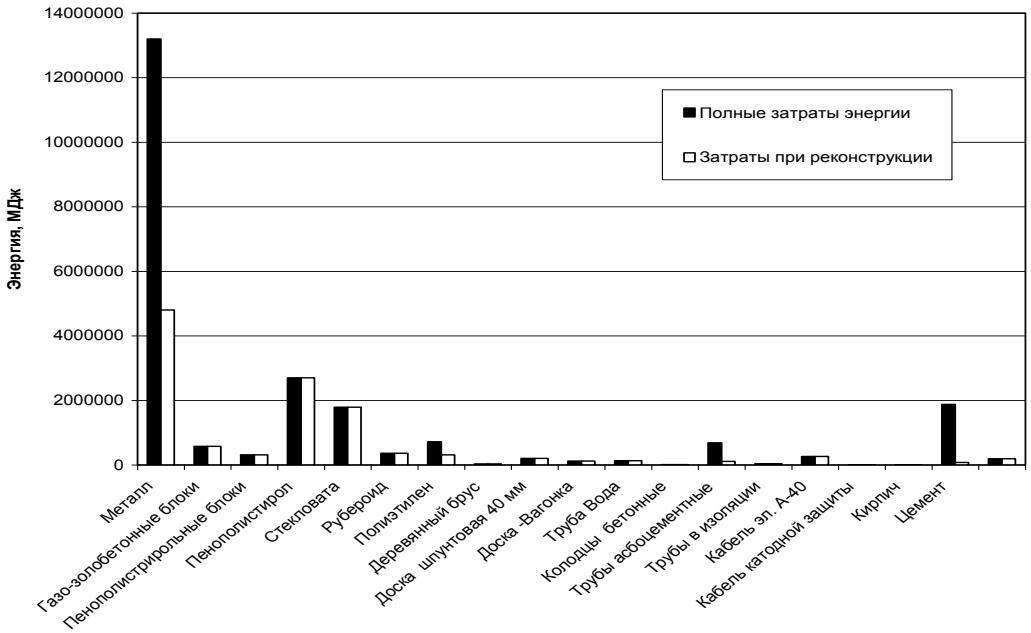


Рис.2. Энергетические затраты на сооружение энергоэффективного дома.

Затраты энергоресурсов, на создание дополнительной тепловой защиты здания, приведены в табл. 1.

Таблица 1.

	Материал	**Энергетические затраты, МДж**
	Пенополистиролбетон	1788000
	Минвата	360000
	Рубероид	313600
	Пенополистирольные блоки	2697600
	Пенопласт	864000
	Итого	6023200

Доля тепловой защиты в полной энергоемкости объекта составляет около 25%. Высокий уровень тепловой защиты позволил снизить эксплуатационные затраты энергии в 1,8 раза по сравнению с исходным зданием.

Выводы

Применение метода реконструкции позволило снизить энергетические затраты на сооружение здания в 2 раза по сравнению с вариантом нового строительства.

Основная экономия достигнута в результате повторного использования основных энергоемких строительных материалов и конструкций (металл, кирпич, цемент).

Полученные данные показывают высокую эффективность решения задач энергосбережения путем модернизации и реконструкции ранее построенных зданий с применением современных материалов и технологий.

Литература

1. Рей Д. Экономия энергии в промышленности: Справ. пособие для инж.-техн. работников / Пер. с англ. - М.: ЭАИ, 1983. - 208 с.
2. Исакович Г. А., Слуцкин Ю. Б. Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве // Москва, Стройиздат, 1988. 214 с.

УДК 625.7

МОДУЛЬ КОМПЛЕКСНОГО ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОГРАЖДАЮЩИХ

Солдатов В.П., Сапелин Н.А., Сапелин А.Н., Щетинин П.В.
г. Москва

Сегодняшние основные требования к строительным стеновым материалам можно было бы ограничить следующим перечнем:

- универсальность материалов по вариантам разнообразного применения. Материалы, одновременно, должны обладать высокими конструктивными и теплоизоляционными качествами;
- малый вес;
- высокая заводская точность изготовления базовых строительных элементов и конструкций;
- доступность сырья;
- низкая себестоимость;
- высокая заводская воспроизводимость качества продукции;
- привлекательный внешний вид;
- неприхотливость к транспортировке и погрузкам/разгрузкам;
- легкость монтажа и обработки непосредственно на стройплощадке;
- минимальное водопоглощение – стены не должны промокать и промерзать:
- высокая морозостойкость;
- долговечность;
- экологическая безупречность.

Для создания эффективных ограждающих конструкций в настоящее время используются разнообразные конструкционные и теплоизоляционные строительные материалы. Назрела острая необходимость понятного и наглядного их комплексного сравнения как по физико-техническим характеристикам, так и по критерию Цена/Качество.

В качестве примера, в авиационной промышленности для оценки структурных свойств материала по прочности используется показатель относительной прочности. Так называемый коэффициент конструктивного качества, представляющий отношение прочности к объемной плотности материала. Особенно важна удельная прочность для авиастроения, ракетостроения, космических аппаратов.

Физический смысл промышленного коэффициента конструктивного качества заключается в том, что он показывает, насколько прочной будет конструкция при заданной массе. Чем выше коэффициент, тем больше прочность при заданной объемной плотности. Весьма наглядный и эффективный показатель.

Требования же к стеновым материалам гораздо более многообразны. В домах живут люди. И создание комфортной среды проживания – сложнейшая многофакторная задача.

В строительной практике предпринимались многочисленные попытки введения тех или иных показателей качества стеновых строительных материалов и конструкций стен [1-9]. Однако, многофакторность требований к жилью, не способствовали появлению в строительной практике наглядных комплексных критериев качества, понятных для широкого круга потребителей – жителей. В основном, все предложенные критерии носили локальный характер, понятный только для профессионалов.

Предлагаем для комплексной оценки качества стеновых материалов и ограждающих конструкций ввести новый строительный коэффициент или **безразмерный модуль их физико-технического качества (M_k)**, имеющий наглядный физический смысл и универсальный характер для любых стеновых материалов и многослойных ограждающих конструкций.

Для начала мы разделили все показатели и требования на две главных категории: основные показатели (А) и граничные условия (Б). Смысл в том, что если стеновые материалы и ограждающие конструкции жилых помещений не удовлетворяют требованиям граничных условий, то они чаще и не рассматриваются как стеновые. Для нежилых помещений граничные условия более либеральны.

Отметим, что есть и другие требования к стеновым материалам, с учетом которых, в дальнейшем можно ввести модифицированные комплексные безразмерные показатели модуля качества стены, введя поправочные коэффициенты. Например, с учетом теплотехнической однородности здания, экологии, привлекательного внешнего вида, долговечности и др. Важнейшим показателем является также и Цена/Качество непосредственно конструкции стены.

Теперь о главном.

(А) **Основные нормируемые показатели качества** стеновых строительных материалов следующие:

1. Высокая прочность – в большинстве востребованы (а) (в) многоэтажные(х) здания(х).
2. Высокая теплоемкость - здание должно сохранять тепло в холод и хранить прохладу в зной.
3. Низкая объемная плотность – чем легче, тем меньше затраты на фундамент и возведение.
4. Низкая теплопроводность – минимизация энергозатрат на обогрев.

(Б) **Граничные условия**:

1. Умеренное влагопоглощение – нельзя жить в доме, который промокает и в нем расползается плесень.
2. Морозостойкость – чем выше, тем долговечнее здание;
3. Высокая теплотехническая однородность – также один из основных критериев долговечности здания.
4. И еще один критерий - паропроницаемость стеновых материалов. Однако, в соответствии с пунктом **6.4.** СНИП II-3-79, не требуется определять сопротивление паропроницанию: однородных (однослойных) наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом; двухслойных наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом, если внутренний слой стены имеет сопротивление паропроницанию более 1,6 $м^2$чПа/мг.

В основу предлагаемого нового безразмерного модуля качества $\mathbf{M_k}$ положены простые соображения:

- чем выше прочность и теплоемкость стеновых материалов и ограждающих конструкций – тем выше качество;
- чем ниже объемная плотность и чем ниже теплопроводность (плотность теплового потока) – тем лучше и выше качество при прочих равных параметрах.

Принимая размерности в системе СИ:

P – удельная (*усредненная*) прочность на сжатие стены, $Па = Н/м^2 = Н\,м^{-2}$

C_v - удельная объемная (*усредненная*) теплоемкость стены, $Дж/(м^3\,^0К) = Дж\,м^{-3}\,^0К^{-1}$

γ - удельный объемный (*усредненный*) вес стены, $Н/м^3 = Н\,м^{-3}$

λ - теплопроводность (*приведенная*) стены, *Вт/(м ^{0}К)* = *Дж м$^{-1}$ с$^{-1}$ ^{0}К$^{-1}$*

Q – плотность теплового потока, $Q = \frac{\lambda}{\ell}\Delta T = q\Delta T$ *Вт/м^2* = *Дж с$^{-1}$ м$^{-2}$*,

где:

q – удельная плотность теплового потока = *Дж с$^{-1}$ м$^{-2}$ ^{0}К$^{-1}$*,

ℓ - толщина стены = *м*

ΔT - разность температур по обе стороны стены = ^{0}К$^{-1}$

Удельная плотность теплового потока и теплопроводность при толщине стены 1метр численно совпадают.

Отсюда с очевидностью появляется комплексный критерий или модуль физико-технического качества любых стеновых материалов и конструкций стен.

$$M_k = \frac{P\,C_v}{\gamma q} = \frac{P\,C_v}{\gamma \frac{\lambda}{\ell}} = \frac{PC_v\ell}{\gamma\lambda},$$

Размерность введенного модуля:

$$[M_k] = [\frac{PC_v\ell}{\gamma\lambda}] = [\frac{H\cdot м^{-2} \times Дж\cdot м^{-3}\cdot^0 K^{-1}\cdot м}{H\cdot м^{-3}\times Дж\cdot с^{-1}\cdot м^{-1}\cdot^0 K^{-1}}] = [с].$$

Так как стеновые материалы сравниваются между собой одномоментно, то секунду (*с*) в полученном критерии можно опустить, приняв ее равной **1**. Ниже мы вернемся к секунде (времени), присутствующей в формуле. И она получит свою нагрузку в предлагаемом критерии с учетом амортизации, которая как раз и проистекает во времени.

В результате получили изящную каноническую формулу комплексной числовой оценки физико-технического качества любых стеновых материалов и конструкций стен любой толщины:

Вот этот модуль качества (M_k) или его числовое значение мы предлагаем ввести в строительную практику как новый безразмерный критерий – **модуль физико-технических качества стеновых строительных материалов и ограждающих конструкций.**

Модуль качества собственно стеновых материалов при толщине l = 1*м*, относится по своей сути к одному кубометру стеновых материалов. Это соответствует размерности численных значений принятого модуля. Весь критерий рассчитан на один (*м*), (*м^2*) и на (*м^3*).

Отметить еще раз, что новый введенный критерий или комплексный модуль качества годится и для сравнения между собой любых стеновых материалов, включая и композиционные (так называемые, сэндвич конструкции – с внутренним теплоизолятором). В этом случае все четыре основных показателя (прочность, теплоемкость, объемная плотность и теплопроводность) комплексные или эффективные, приведенные на один (м), (м^2), (м^3), соответственно. В настоящей статье такие расчеты не производились и делегируются читателям - специалистам.

Отметим повторно, что веденный модуль качества стены может быть скорректирован умножением его на другие критерии качества, например:

- теплотехническая однородность конструкции;
- пожарная безопасность;
- долговечность;

- ремонтодоступность;
- сейсмоустойчивость;
- энергоэффективность;
- звукоизоляция;
- экологическая безопасность;
- архитектурная привлекательность;
- амортизационные отчисления;
- сроки межкапитального ремонта;
- и др.

Еще одним важным критерием является цена (*Ц*) одного квадратного метра стены или критерий Цена/Качества. Новый введенный модуль позволяет с легкостью вычислить и этот показатель.

Определяющим здесь является стоимость цены одного квадратного метра стены. Из более дорогого стенового материала может быть возведена более тонкая стена, а в итоге и более дешевая при том же критерии качества. Таким образом, критерий Цена/Качества определяется выражением, рассчитанным на конкретную толщину стены:

$$\frac{Ц}{\mathrm{M}_к},$$

где, *Ц* – цена одного квадратного метра стены.

На складе продавца – это отпускная цена строительных материалов, пересчитанная в расчете на кубометр. Продавцы строительных материалов имеют дело с тоннами, кубометрами и штуками, а не толщиной стены.

По окончании строительства, это может быть финишная цена одного квадратного метра стены с учетом всех затрат на транспортировку, возведение и отделку. А модуль качества стены может быть принят и с учетом вышеперечисленных поправок на другие критерии качества, частично перечисленные выше.

Пояснения к Таблице 1.

В ***Таблице 1*** в качестве примеров приведены параметры наиболее распространенных в строительной практике стеновых материалов с их характеристиками. А также разрабатываемых перспективных стеновых материалов на основе полых микросфер.

Критерий Цена/качество рассчитан на термосопротивление стены R = 1$м^2$°К/В$т$, (равное единице). Соответственно приведена и толщина стены, соответствующая этому термосопротивлению. Любой читатель может потом рассчитать свою толщину стены в соответствие с принятыми критериями в конкретном регионе и собственными экономическими соображениями. Чиновники – по принятым законодательствам. А жители – по собственному опыту и наказам предков.

Дело в том, что критерии по теплоизоляции, по мнению многих ведущих ученых страны завышены в 2-3 раза. Потому как основные энергетические потери идут через воздушный теплообмен. А попросту через вентиляцию. А дышать жителям морозным воздухом принято самым полезным всеми медиками мира.

Цены за 1$м^3$ стеновых материалов приняты среднерыночными со склада продавца без учета доставки и являются оценочными. Любой читатель может произвести пересчет с учетом конкретных реалий в регионе и условий местности.

Таблица 1

№	Стеновой материал	Прочность, P *МПа*	Объемная теплоемкость, C_V *МДж/м³ ⁰К*	Объемный вес, γ *т/м³*	Теплопроводность, λ *Дж/с м ⁰К*	Модуль качества стенового материала $М_к$	Толщина стены, при R=1, *l* *м*	Модуль качества стены, $М_к$	Цена 1*м³* материала со склада, Ц Руб.	Цена стены* Мод. кач. стены, при R=1 Ц/$М_к$ Руб.
1	Керамический полнотелый кирпич	15	1,344	1.8	0.56	20	0.56	11,2	5 120	256
2	Силикатный полнотелый кирпич	15	1,7	1.8	0.70	20.24	0.70	14.2	4 000	197
3	Бетон монолитный	15	2.5	2.3	1.35	12.1	1.35	16.34	3 250	268
4	Газобетон D400	1.1	0.462	0.425	0.108	11.1	0.108	1.2	2 500	225
	Разрабатываемые стеновые материалы на основе полых микросфер									
5	ВПК, керамический кирпич	15	0,672	0.9	0.25	44,8	0.25	11.2	5 120	114
6	ВПК, керамический кирпич	14	0.52	0.7	0.18	57.8	0.18	10.4	5 120	103
7	ПСК, силикатный кирпич	10	0.47	0.5	0.13	72.4	0.13	9.4	4 000	55
8	ПБ, бетон	15	0.87	0.7	0.22	84.7	0.22	18.6	3 250	38

Примечание:

*Цена стены определяется только стоимостью материала, без учета строительно-монтажных работ и отделку.

ВПК – вакуумно поровый кирпич (на основе полых микросфер).

ПСК – поровый силикатный кирпич (на основе полых микросфер).

ПБ – поровый бетон (на основе полых микросфер).

При увеличении толщины стены до нужного термосопротивления, модули качества стены, рассчитанные на термосопротивления $R=1м^2/Вт^0К$, складываются (*См. Таблицу 1*). Так, например, стены, выложенные из вакуумно порогового кирпича с объемным весом:

$$0{,}7\ т/м^3$$

и термосопротивлением:

$$R = 3\ м^2/Вт^0К,$$

будут иметь толщину:

$$0{,}54м,$$

(стандартная кладка в 2,5 кирпича) и модуль качества:

$$М_к = 31,2$$

Для сравнения стена из конструкционного пенобетона марки D400 с тем же термосопротивлением будет иметь толщину 0,324 м, но с модулем качества $М_к = 3,6$. Практически почти в 10 раз хуже. И высотное здание без применения каркасных конструкций из него не построишь.

Вернемся теперь ко времени, присутствующем в предлагаемом модуле качества стеновых материалов и стен. С годами стены ветшают, и качество их ухудшается. Приходит время и зданию требуется капитальный ремонт. В экономике это отражается в амортизационных отчислениях, которые в строительной технике выражаются определенным коэффициентом β. С учетом времени (в годах) модуль качества возведенных стен будет выглядеть так:

$$М_к = М_{к0}(t_0 - \beta t) = М_{к0}(1 - \beta t)$$

Выводы

На наш взгляд, предложенный комплексный критерий или модуль качества стеновых материалов и ограждающих конструкций (в том числе и с учетом многочисленных поправочных коэффициентов) достаточно нагляден и понятен.

Имеет все перспективы стать одним из важнейших показателей в строительной практике. Позволит со временем дисциплинировать многофакторную строительную индустрию и строительную экономику по единым критериям цена/качество, рассчитанным, например, на 100-150 летний период и учитывающим все издержки за этот период, включая эксплуатационные, ремонтные и другие. В настоящее время требования по долговечности полностью исключены из нормативной документации.

Наглядно докажет последствия ошибочного подхода к решению проблемы энергосбережения в эксплуатации зданий за счет чрезмерного повышения уровня теплоизоляции наружных стен.

Литература

1. Бессонов И.В. Комплексные исследования теплофизических свойств пеногипса и возможности его применения в ограждающих конструкциях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. г.Москва, 1996 г.
2. Давидюк А.Н. Конструкционно-теплоизоляционные легкие бетоны на стекловидных пористых заполнителях. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Г.Ростов-на-Дону, 2009 г, 381 с.
3. Дульнев Г.Н, Новиков В.В. Процессы переноса в неоднородных средах. -Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1991. – 248 с.
4. Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции). Издательство литературы по строительству, М., 1972.- 137 с.
5. Пинскер В.А. “Экспериментально-теоретические исследования влияния плотности на прочность и модуль упругости автоклавных ячеистых бетонов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. г.Ленинград, 1980 г.
6. Теплотехнический справочник. Под общей редакцией В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева. В 2-х т.Т.2. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1976г, 896 с.
7. Теплотехнический справочник. Под общей редакцией В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева. В 2-х т.Т.1. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1975г, 744 с.
8. Сапелин Н.А, Сапелин А.Н. Влияние структуры пустот на прочность силикатных строительных материалов. Строительные материалы, май 2011, стр.44-48.

УДК. 728.3: 699.86

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАРУЖНЫХ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Стерлягов А.Н., Низовцев М.И.
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

С 20 мая 2011 г. постановлением Госстроя России приняты и введены в действие СП 55.13330.2011 «Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001» [1]. Настоящие нормы разработаны в связи с возрастающим объёмом строительства и развитием рынка одноквартирных жилых домов. Так, по итогам 2014 года на территории Новосибирской области сдано в эксплуатацию жилья общей площадью 1,7 млн. м^2, в том числе малоэтажного - 707 тыс. м^2, то есть 41 % от общего объема введенного жилья (в 2013г. - 32% от общего уровня) [2]. Подобная ситуация наблюдается в целом по стране. Растущий объем нового малоэтажного жилья требует разработки ряда стандартов эксплуатационных характеристик отдельно стоящих и блокированных жилых домов. Разработанные строительные нормы, как правило, применяются ко всем малоэтажным жилым домам независимо от того, за счёт средств каких организаций или индивидуальных застройщиков они строятся.

По разным оценкам от 30 до 40% мировых энергетических ресурсов расходуется на энергоснабжение зданий и сооружений [3]. Поэтому для эффективного использования энергетических ресурсов, прежде чем начать строить или проектировать здание, необходимо решить проблему максимального сбережения в нем тепла, которое уходит через пол, стены, окна, покрытие и вентиляцию. При оценке энергоэффективности жилого дома по характеристикам его строительных конструкций требования строительных норм считаются выполненными, если приведенное сопротивление теплопередаче и воздухопроницаемость ограждающих конструкций не ниже нормируемых. Нормируемые показатели определяются из требований выполнения санитарно-гигиенических условий в помещениях и удельного расхода тепловой энергии на отопление здания [3]. В структуре теплового баланса одноэтажного жилого здания теплопотери в холодный период года через наружные стены составляют 15 – 30% от общих потерь [4]. Толщина и конструкция наружной стены принимается по конструктивным соображениям и в соответствии с теплотехническими расчётами.

В докладе представлены данные по теплотехническим особенностям наружных стен зданий, полученные в результате исследований тепло- и влагопереноса в строительных конструкциях, выполненные в Институте теплофизике СО РАН за последние годы [5]. В условиях современного развитого рынка строительных материалов в малоэтажном строительстве встречается большое разнообразие типов и конструкций наружных стен. При этом для каждой конструкции наружной стены свойственны свои теплотехнические особенности. В целом большинство используемых в малоэтажном строительстве наружных стен можно разделить на однослойные и многослойные.

Однослойные наружные стены, как правило, выполнены из одного основного строительного материала и внутренней и внешней отделки (штукатурки, покраски). Теплотехническим преимуществом однослойных наружных стен является их однородность и соответственно равномерное температурное поле. Кроме того, линейное распределение температуры и парциального давления по толщине стены

исключает возможность накопления влаги в таких конструкциях в обычных условиях эксплуатации. Наиболее распространенными однослойными наружными стенами малоэтажных зданий в России на данный момент являются деревянные и кирпичные (до 50% от общего объема) [6]. Несмотря на то, что данные конструкции являются однослойными, они выполнены из отдельных элементов (брус, бревно, кирпич и т. д.), поэтому для таких конструкций характерны проблемы, связанные со швами и стыками между отдельными элементами. Тепловизионные обследования подобных зданий показали, что для деревянных брусчатых наружных стен могут наблюдаться проблемы, связанные с повышенными теплопотерями через швы (рис. 1). Вероятно, это обусловлено недостаточной ветрозащитой стен даже при условии тщательной заделки швов.

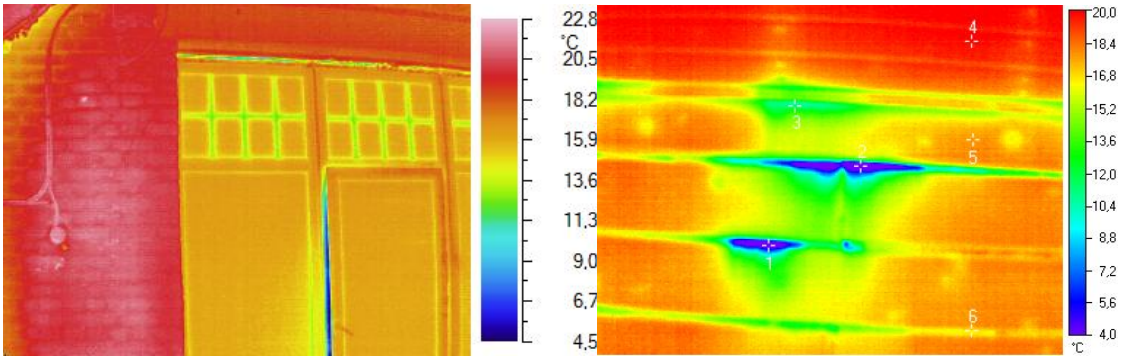


Рис. 1. Термограммы внутренней поверхности стен кирпичного и брусчатого зданий.

У большинства конструкционных материалов таких как, например, кирпич, не высокие теплотехнические характеристики. В результате, для того чтобы стены из данных материалов удовлетворяли современным нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче, необходимо выполнять их значительной толщиной, что экономически нецелесообразно.

В последнее время большое распространение получили однослойные наружные стены из конструкционно-теплоизоляционных материалов, таких как ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон), полистиролбетон и т.д. Такие стены могут оказаться экономически целесообразными, если за расчетную теплопроводность принимать фактически наблюдаемую в эксплуатируемых на протяжении многих лет конструкциях. По данным ЦНИИЭП жилища [7], НИИЖБа и ряда других организаций фактическая эксплуатационная влажность ячеистых бетонов значительно ниже установленных СНиПом влажностей в 8 и 12 % для условий А и Б. Это значит, что расчетную теплопроводность ячеистых бетонов следует назначать на существенно более низком уровне. В этом случае толщина наружных ячеистобетонных стен может составлять для центральных регионов России приемлемую толщину 55 - 60 см при плотности бетона 600 кг/м^3. Особенностью конструкционно-теплоизоляционных материалов являются высокие паропроницаемость и водопоглощение. Поэтому в наружных стенах, выполненных из таких материалов, необходимо обеспечить беспрепятственный перенос пара изнутри помещения наружу. Этого можно добиться применением высокопаропроницаемых штукатурок или с помощью пароизоляции. Наружные стены из конструкционно-теплоизоляционных материалов могут быть возведены, как по монолитной технологии непосредственно на стройплощадке, так и из отдельных блоков заводского изготовления. В последнем варианте, как правило, наблюдается более высокое качество изготовления, однако возможны проблемы связанные с высокой воздухопроницаемостью стыков.

В настоящее время большинство наружных стен, применяемых в современной практике строительства малоэтажных зданий, относится к многослойным. В многослойных конструкциях, как правило, имеется слой конструкционного материала, отвечающий за прочностные свойства стены и слой теплоизоляционного материала, обеспечивающего теплозащитные свойства конструкции. Многослойные наружные стены с теплоизоляционным слоем для малоэтажного строительства проектируются с использованием различных конструкционных материалов и изделий: лесоматериалы, кирпич, камень, различные панели, монолитный бетон и др. В зависимости от применяемых материалов, конструктивные решения стен имеют свои особенности и правила конструирования [8]. Проблему утепления стен зданий технически можно решать путем их утепления либо с наружной, либо с внутренней стороны.

При внутреннем утеплении стена, расположенная перед утеплителем, находится в зоне отрицательных температур, которая отчасти захватывает и собственно утеплитель. Кроме того, нарушается естественная диффузия водяных паров, и создаются условия для образования конденсата в толще конструкции на границе утеплителя и стены. Следует обратить внимание на тот факт, что при внутреннем утеплении практически невозможно установить теплоизоляционный материал в местах примыкания перекрытий к наружной стене. Здесь образуются “мостики холода”, причем потери тепла в этих зонах могут превышать потери через остальную площадь стены (рис. 2). Внутреннюю теплоизоляцию допустимо применять только при невозможности использования наружной при обязательном расчете и проверке годового баланса влагонакопления в конструкции.

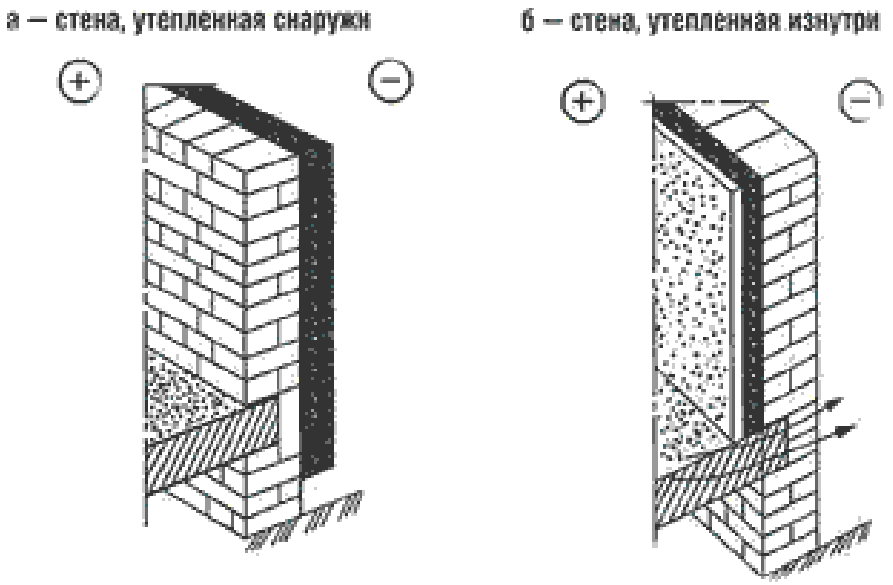


Рис. 2. Варианты наружного и внутреннего утепления наружных стен.

При наружном утеплении снижение температуры по толщине стены происходит достаточно медленно и плавно. Резкое падение температуры наблюдается ближе к наружной стороне, а зона отрицательных температур располагается в толще слоя дополнительной теплоизоляции. Расположение плотных, плохо пропускающих водяные пары материалов изнутри, а легких и пористых снаружи благоприятно влияет на влажностный режим стены и не создает условий для скопления в ней влаги. Если теплоизоляционный материал надежно защищен от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечной радиации), такая стена в течение всего года сохраняет высокие теплозащитные свойства. С точки зрения поддержания нормального температурно-

влажностного режима утепление с наружной стороны стены является оптимальным. Однако этот процесс отличается повышенной сложностью и трудоемкостью, требует тщательного подбора отделочных материалов. При этом наружный отделочный слой необходимо надежно соединить с несущей частью стены. Внутренний и наружный конструкционные слои соединяются между собой гибкими или жёсткими связями. С позиций теплотехники эти связи являются мостиками холода и снижают термическое сопротивление ограждающей конструкции. Предпочтительными и наиболее перспективными являются связи из стеклопластика, обладающего низкой теплопроводностью, высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Необходимость в установке связей отпадает в случае использования монолитного утеплителя (например, полистиролбетона), способного надёжно сцепляться с конструкционными слоями. При эксплуатации многослойных стен существует ещё одна серьёзная проблема – конденсация влаги внутри конструкции. Во избежание отсыревания утеплителя и потери им теплоизоляционных свойств необходимо устройство пароизоляционного слоя перед утеплителем с внутренней стороны, при этом наружный конструкционный слой должен иметь достаточную паропроницаемость.

Системы наружного утепления с внешней сплошной облицовкой, вследствие нее, с недостаточной паропроницаемостью, выполняют с воздушным вентилируемым зазором между утеплителем и облицовкой. Системы наружного утепления фасадов с вентилируемой воздушной прослойкой представляют собой конструкцию, в которой между утеплителем и защитной облицовкой расположена вентилируемая воздушная прослойка (рис. 3).

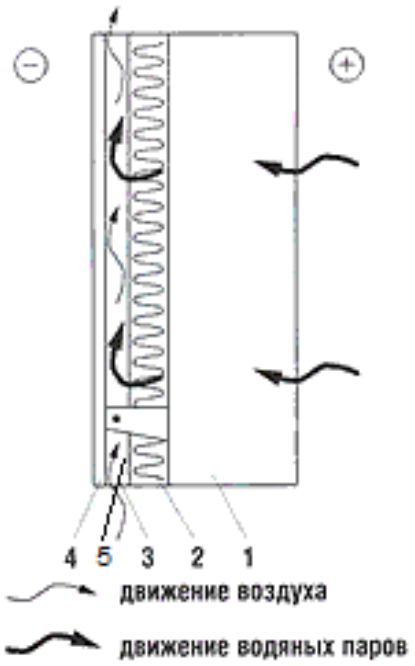


Рис. 3. Конструкции наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой: 1 - утепляемая стена; 2 - утеплитель; 3 - вентилируемая прослойка; 4 - наружная облицовка; 5 – ветрозащитная пленка.

В холодное время года водяные пары, диффундирующие из помещения наружу, попадают в утепляющий слой и вызывают повышение влажности утеплителя, что влечет за собой снижение его теплозащитных характеристик. Благодаря наличию вентилируемой воздушной прослойки влага не задерживается в толще утеплителя, а удаляется из нее восходящим потоком воздуха. Такая конструкция фасада позволяет стенам круглый год оставаться в сухом состоянии и сохранять высокие теплозащитные

качества. Для вентилируемых стен подходит не каждый утеплитель. Нет смысла применять закрытопористые материалы с низкой паропроницаемостью. Если с наружной стороны установить, например, пенопласт, то образуется пароизоляционный барьер. Влага будет накапливаться в зоне стены, контактирующей с воздухом помещения, и это приведёт к повышению влажности материала стены. Оптимальное влажностное состояние рассматриваемой конструкции может обеспечить гидрофобный утеплитель, например, минераловатная плита. Важным элементом наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой является гидроветрозащита. Эту функцию может выполнять специальная плёнка (мембрана) или теплоизоляционная плита с покрытием диффузионной плёнкой. Плёнка защищает теплоизоляционный слой от проникновения влаги снаружи и способствует выходу пара наружу. Кроме того, использование ветрозащитной пленки предотвращает выветривание минераловатного утеплителя.

При наружном утеплении деревянных и кирпичных стен, их часто облицовывают с наружной стороны кирпичом, мелкими блоками, керамическими или бетонными камнями. В качестве утепляющего материала используют плиты из минваты или стекловаты, размещаемые в пространстве между облицовкой и основной стеной, и предусматривают вентилируемую воздушную прослойку (рис. 4).

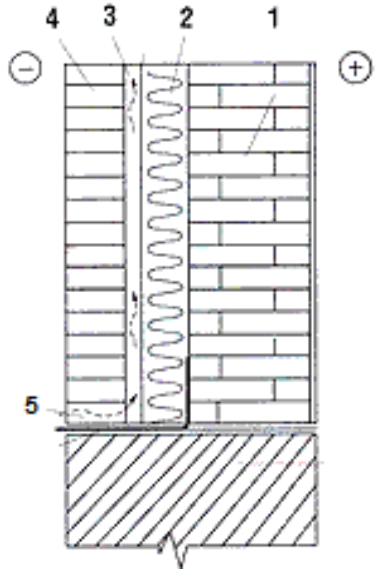


Рис. 4. Наружная стена с вентилируемой воздушной прослойкой и облицовкой кирпичом: 1 - утепляемая стена; 2 - утеплитель; 3 - вентилируемая воздушная прослойка; 4 - наружная облицовка; 5 - вентиляционный продух.

Для вентиляции полости стены в нижнем ряду кладки устраивают специальные продухи. Для нижних продухов можно использовать щелевой кирпич, положенный на ребро таким образом, чтобы наружный воздух через отверстия в кирпиче имел возможность проникать в воздушную прослойку в стене. Верхние продухи предусматривают в карнизной части стены. Расчеты влажностного режима, выполненные по общепринятым методикам, показывают, что в таких стенах будет накопление влаги в теплоизоляционном слое. В тоже время, в профессиональной среде строителей существует мнение [7], что системы утепления с облицовкой кирпичом или другими мелкоштучными материалами обладают достаточной паропроницаемостью и не требуют обязательного устройства вентилируемого зазора. Данное мнение

справедливо, если расчетный коэффициент паропроницаемости для облицовочного слоя кирпичной кладки принимать существенно выше, чем для обычной кирпичной кладки [9]. Однако это должно быть подтверждено соответствующими экспериментальными и натурными исследованиями.

В последнее время активно применяются системы с навесным защитно-декоративным экраном и вентилируемой воздушной прослойкой. Данная система является одной из наиболее дорогостоящих, однако обладает рядом достоинств, поэтому получила широкое распространение. Такая система способствует созданию устойчивого режима передачи тепла, влаги, воздуха через наружные стены при любых условиях эксплуатации. Система утепления с навесным экраном представляет собой конструкцию, состоящую из наружной облицовки, продуваемой воздушной прослойки, несущей подоблицовочной конструкции, утеплителя и конструкционного слоя (рис. 5).

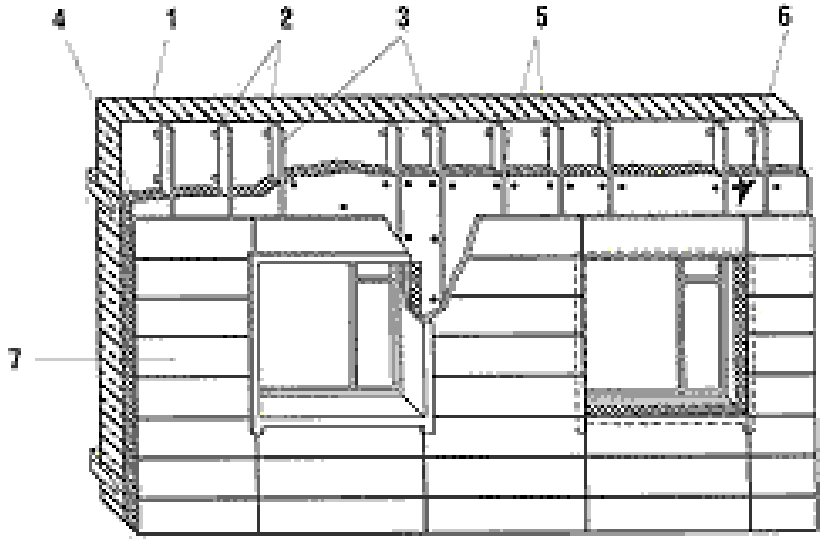


Рис. 5. Конструкция стены с вентилируемым фасадом с навесной защитной облицовкой: 1 - стена; 2 - узлы крепления направляющих; 3 - металлические направляющие; 4 - утеплитель, с ветрозащитным материалом; 5 - дюбели; 6 - воздушная прослойка; 7 - наружная облицовка.

Навесной облицовочный экран в конструкции вентилируемой стены выполняет защитно-декоративную функцию. В качестве облицовочных изделий применяются: цементно-волокнистые панели, керамический гранит, стеклянные облицовочные изделия, металлические панели и кассеты, композитные изделия. Наружная облицовка, защищающая утеплитель от атмосферных воздействий, крепится непосредственно к стене при помощи специальных кронштейнов, металлических профилей или деревянных антисептированных брусков. Системам с «вентилируемым фасадом» свойственна существенная теплотехническая неоднородность, вызванная наличием большого количества кронштейнов, пронизывающих теплоизоляционный слой и соответственно являющихся мостиками холода [10]. В тоже время, несмотря на активное применение систем с вентилируемым зазором, до сих пор методики расчета таких систем недостаточно проработаны. Особое внимание при этом необходимо обратить на определение соответствующих коэффициентов теплотехнической однородности и обоснованный выбор толщин воздушных зазоров, размеров и конструкций воздухоприточных и воздуховыводящих щелей.

Весьма перспективной для применения в малоэтажном строительстве может быть фасадная система на основе теплоизоляционных панелей заводского изготовления с вентилируемыми каналами (рис. 6).

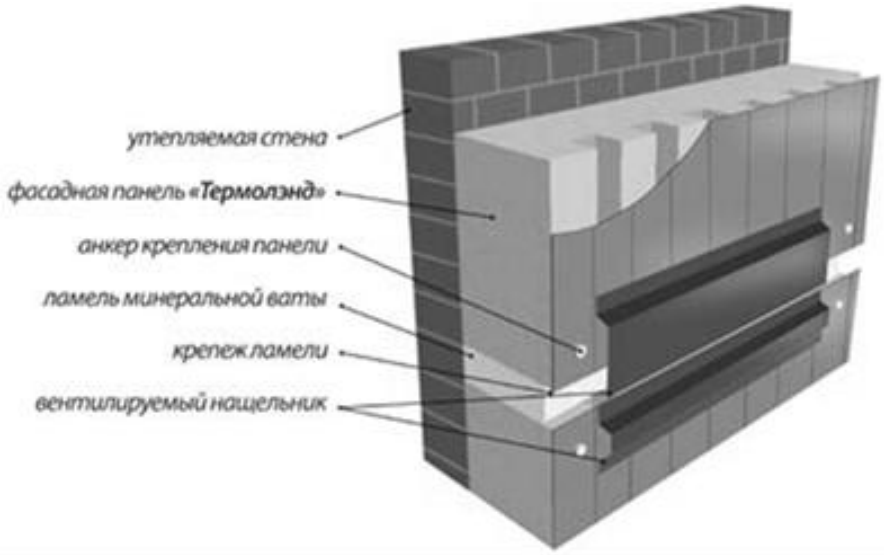


Рис. 6. Система на основе теплоизоляционных панелей с вентилируемыми каналами.

Основу данной фасадной системы составляют теплоизоляционные панели, которые изготавливаются в заводских условиях. Снаружи панели расположена облицовка, представляющая собой тонкий слой металла со специальным декоративным покрытием. Облицовка наклеивается на слой минеральной ваты, который с наружной стороны имеет продольные вентилируемыми каналы, размеры которых определены из тепло-влажностных расчетов. Панели крепятся к стене здания стальными анкерами. Между панелями при монтаже оставляются горизонтальные промежутки, заполняемые минеральной ватой до дна вентиляционных каналов, таким образом, формируются горизонтальные вентилируемые щели, которые с наружной стороны прикрываются вентиляционными нащельниками.

Выполненные расчеты показали, что коэффициенты теплотехнической однородности крепления панелей с вентилируемыми каналами лежат в диапазоне 0.98 – 0.93, и они существенно выше коэффициентов теплотехнической однородности крепления обычных вентилируемых фасадов [11]. Выполненные влажностные расчеты позволили сделать вывод, что для вновь строящихся и реконструируемых кирпичных зданий могут быть использованы фасадные системы на основе панелей с вентилируемыми каналами предложенной геометрии, при этом кирпичная кладка и слой утеплителя в панелях будут находиться в относительно сухом состоянии, удовлетворяющим нормативным требованиям. Конденсации и накопления влаги в вентилируемых каналах происходить не будет при организации межэтажных воздухоприточных и воздухоотводящих щелей. Выполненные тепловизионные обследования ряда зданий в зимний период времени подтвердили высокие теплозащитные характеристики фасадной системы.

Сравнительно недавно в России применяются конструкции стен с наружным утеплителем и его защитой штукатуркой (наружная отделка «мокрого» типа). Штукатурная система утепления фасадов (рис. 7) предусматривает крепление теплоизоляционного материала к стене при помощи анкеров, дюбелей и клеевых составов, с последующим нанесением штукатурного слоя (по армирующей сетке).

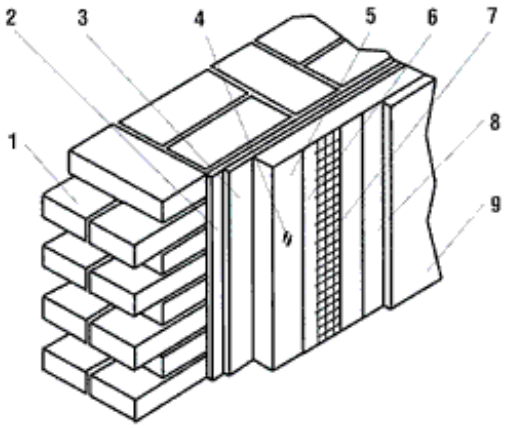


Рис. 7. Штукатурная система утепления фасадов: 1 - стена; 2 - наружная отделка; 3 - клеящий состав; 4 - дюбель; 5 - утеплитель из минеральной ваты или пенополистирола; 6 - клеевой армирующий состав; 7 - армирующая сетка; 8 - грунтовка; 9 - отделочный слой

Для штукатурного утепления фасадов могут использоваться только сертифицированные системы, а сами работы должны выполняться специалистами с использование мокрых процессов при температуре наружного воздуха не ниже +5 °С. Жесткие плиты из минеральной ваты на основе базальтового волокна или стекловаты, применяемые для утепления наружных стен, наклеивают вплотную друг к другу без образования щелей, обеспечивая перевязку стыков (по типу кирпичной кладки). Помимо общего требования к надежному закреплению в данной системе утепления обязательным по условиям годового баланса влагонакопления является требование к паропроницаемости наружных штукатурных слоев.

Как и любое конструктивно-технологическое решение стены с наружным утеплением и «мокрой» отделкой имеют ограничения и недостатки: необходимость применения для защитного слоя высокопаропроницаемых материалов (клеи, грунтовки, краски); отделочное покрытие должно обладать атмосферной стойкостью. К преимуществам систем утепления с оштукатуриванием фасадов следует отнести отсутствие и соответственно высокий коэффициент теплотехнической однородности.

Большую популярность при строительстве малоэтажных зданий получили каркасные технологии: «канадский дом», «финский дом» и т.д. (рис. 8).

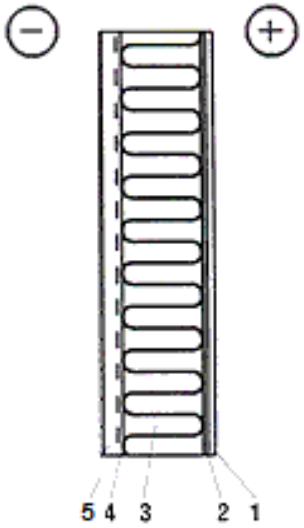


Рис. 8. Каркасная система наружной стены: 1 - внутренняя обшивка; 2 - пароизоляция; 3 - утеплитель; 4 - ветрозащитный паропроницаемый материал; 5 – наружная обшивка.

Суть каркасной технологии строительства малоэтажных зданий заключается в том, что несущую функцию в доме выполняет каркас, чаще всего из деревянных брусьев. Внутрь каркаса укладывается утеплитель. Наружная и внутренняя обшивки обеспечивают пространственную жесткость каркаса стен и служат основой для последующей отделки или облицовки. Кроме того, они защищают утеплитель от атмосферных воздействий. Обшивка каркаса наружных стен, внутренних стен и перегородок с обеих сторон выполняется из различных жестких плитных или листовых материалов (фанера, цементностружечная, древесноволокнистая, ориентированно-стружечная плита и т. д.). При этом наружная обшивка должна быть влагостойкой, обладать достаточной паропроницаемостью и хорошо защищать внутреннее пространство каркасной стены от продувания.

Конструкции каркасных стен с утеплителем внутри обладают сравнительно небольшим весом, что позволяет снизить затраты на фундамент. В тоже время, такие конструкции имеют малую тепловую инерционность и соответственно низкую теплоустойчивость. То есть, например, в случае отключения отопления температура воздуха в каркасных домах понизится гораздо быстрее, чем в домах с массивными стенами.

Кроме рассмотренных в докладе в практике строительства еще встречаются и другие, менее распространённые конструкции наружных стен, к ним можно отнести несъемную опалубку из пенополистирола, блоки с термовкладышами, аквапанели и т.д. Однако описание и анализ теплотехнических особенностей этих конструкций требует отдельного специального рассмотрения.

В заключение следует отметить, что проблему утепления стен зданий технически можно решать различными способами. Теплотехнический анализ показывает, что предпочтение следует отдавать однослойным однородным конструкциям или наружному утеплению. Выполненные расчетно-аналитические и проектные разработки показали, что устройство теплоизоляции с наружи здания защищает стену от переменного замерзания и оттаивания и других атмосферных воздействий; выравнивает температурные колебания основного массива стены, способствует повышению срока службы несущей части наружной стены; сдвигает точку росы во внешний теплоизоляционный слой, создает благоприятный режим работы стены по условиям ее паропроницаемости, исключающей необходимость устройства специальной пароизоляции.

Конструкция стен с вентилируемой воздушной прослойкой имеет несколько лучшие эксплуатационные качества. Вентиляционный воздушный зазор способствует высыханию утеплителя и, соответственно, более высокому качеству теплоизоляции. Однако, несмотря на то, что вентилируемые фасады применяются на практике строительства уже более 15 лет, до настоящего времени нет единой научно обоснованной методологии расчета таких фасадов.

Таким образом, для успешного развития технологий малоэтажного строительства необходимо провести комплексные научно-исследовательские и проектно- конструкторские работы с мониторингом уже построенных зданий, в результате которых, должны быть разработаны эффективные конструктивно-технологические системы тепловой изоляции наружных стен зданий, выполняемые на основе использования отечественных материалов, соответствующих климатическим условиям применения, обладающих низкой стоимостью и высокой конкурентоспособностью на отечественном рынке систем утепления.

Литература

1. СП 55.13330.2011 Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001, Госстрой России. 2011.
2. Боярский С.В. По итогам 2014 года Новосибирская область сохранит свои достигнутые лидирующие позиции в области жилищного строительства / Всё о новостройках. 2015, №1 (128).
3. СП 50.13330.2011 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, Госстрой России. 2011.
4. Рябико Г.Д., Лях В.М., Дмитренко А.Ю. Теплоэффективные стены малоэтажных жилых зданий / Строительство и архитектура. 2004. – №5.
5. Исследования и разработки Сибирского Отделения Российской Академии Наук в области энергоэффективных технологий / под общей редакцией С.В. Алексеенко - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. - 405 с.
6. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / под ред. д.э.н., проф. А. Н. Асаула. - СПб.: «Гуманистика», 2005. - 563с.
7. Граник Ю.Г. Теплоэффективные стены зданий / Энергосбережение. 2001, №2.
8. Дёмина А.В. Малоэтажное жилое здание. Ч. I. Несущие и ограждающие конструкции: учебное пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 52 с.
9. Ватин Н.И. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций из газобетона с облицовкой из силикатного кирпича / СтройПРОФИль. 2007, №5(59).
10. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Цыкановский Е.Ю. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором. // Журнал АВОК. 2004, №2, №3.
11. M.I. Nizovtsev, V.T. Belyi, A.N. Sterlygov The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings // Energy and Buildings 2014, No. 75, pp. 60-69.

УДК. 697.133:697.147

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИК ПИРОМЕТРОВ

Трофимов К.Д., Немова Т.Н.
Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

В соответствии с ГОСТом микроклимат помещения – это состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое такими показателями, как температура воздуха и ограждающих конструкций, влажность и подвижность воздуха. Расчетные параметры микроклимата нормируются в зависимости от функционального назначения помещения, среди которых стандартом выделяются жилые, детские дошкольные учреждения и другие, отличающиеся интенсивностью деятельности и продолжительностью пребывания в них людей.

Требуемые параметры микроклимата помещений в зависимости от их назначения задаются для теплого и холодного периодов года. Оптимальные параметры микроклимата – это «сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние…».

Однако при длительном и систематическом воздействии на человека иных, отличных от допустимых (по ГОСТу), главным образом в худшую сторону, параметров воздушной среды, последние могут вызвать у человека общее или локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

В действительности, требуемые нормативные параметры микроклимата в помещениях не всегда выдерживаются по ряду причин. Подтверждением тому могут служить многочисленные обращения жителей в адрес управляющих организаций на дискомфорт в жилых помещениях в холодный период года, особенно при длительном стоянии критически низких температур, характерных для сибирского климата. Это связано с появлением в помещениях промерзших углов, повышением влажности воздуха, установлением аномально низкой для жилого помещения температуры глади стены и углов, образованных наружными стенами, оконными проёмами и т. д.

Установление истинных причин изменения параметров микроклимата в помещениях и выдача конкретных рекомендаций по их устранению возможно только при проведении экспресс-обследования теплового состояния ограждающих конструкций таких помещений.

Необходимо отметить, что в последнее десятилетие учёными и инженерами при инспекции качества теплозащиты строительных сооружений широко используются автономные, удобные в эксплуатации, приборы ИК теплового контроля (тепловизоры, ИК пирометры и др.). Тепловой контроль теплозащиты строительных сооружений с помощью тепловизора или ИК пирометра - это бесконтактный, оперативный, достаточно достоверный способ диагностики.

Одними из первых в России применять метод ИК теплового контроля для оценки качества строительных работ при приемке зданий в эксплуатацию стали специалисты города Северска Томской области [1]. В настоящее время управляющие компании, технические центры, ТСЖ города Северска оснащены современными ИК термометрами (оптическими пирометрами), позволяющими проводить экспресс – обследование помещений, включающее определение температурных полей в аномальных по температуре зонах; выявление размеров и координат этих зон, формирование достоверной версии о причинах температурных аномалий. После

детального анализа специалисты выдают надёжные технические и организационные решения, проверенные практикой, по нормализации обстановки.

Экспресс-обследование жилых и нежилых помещений специалистом – оператором проводится с использованием специальной «Методики экспресс – обследования микроклимата помещений с помощью бесконтактного ИК термометра (оптического пирометра)», разработанной и внедренной в практику К.Д. Трофимовым. Методика предусматривает обучение специалиста – оператора (в дальнейшем оператор) как основным принципам практической работы с ИК пирометром, так и особенностям проведения измерений температуры в конкретных условиях.

Основные принципы практической работы с ИК пирометром включают в себя знание характеристик ИК пирометра, таких как угол визирования (оптическое разрешение), допустимые для ИК пирометра температуры окружающей воздушной среды, условия хранения и время адаптации прибора в конкретном помещении перед началом проведения измерений (если прибор транспортирован из холодной среды в отапливаемое помещение).

Кроме того, известно, что каждый материал характеризуется таким важным для инфракрасной теплометрии параметром как степень черноты (коэффициент излучения), поэтому, перед обследованием объекта оператору необходимо знать степень черноты применённого отделочного строительного материала в обследуемом помещении. Если обследуемый объект неоднороден по этой характеристике, то оператору следует дополнительно внести некие поправочные коэффициенты для измеренных температурных полей, что может быть сделано на основании практического опыта и значительно усложняет задачу исследования.

Следует заметить, что обследование температурного состояния помещения должно проводиться двумя специалистами: оператором, проводящим непосредственные измерения температурных полей, и ассистентом, фиксирующим данные измерений специальным образом на бумажном носителе (в журнале). Ассистент в эскизной форме вычерчивает фрагмент стены или угла, (с указанными собственником помещения местами аномалий). Обследуемый участок глади стены (оптимальный размер 1.0 х 1.0 м) необходимо изобразить в журнале в масштабе 1:10. На этот фрагмент (квадрат) наносится сетка со сторонами ячейки 0,1х0,1 м также в масштабе 1:10. Таким образом, формируется сетка с десятью точками как по горизонтали, так и по вертикали. В итоге получится не менее 100 измерений на одном фрагменте. Все эти точки опытный оператор мысленно воспроизводит на стене. Для удобства можно временно на стене приклеить маячки из липкой хлорвиниловой ленты (ПХВ – 0.20), имеющей степень черноты ε=0.92.

По узлам сетки, ряд за рядом, оператором проводятся измерения температуры стены с привязкой их к соответствующим узлам сетки. Процесс измерения начинают от уровня поля по линии плинтуса (от вертикали угла к центру стены), поднимаясь вверх ряд за рядом. В процессе работы оператор должен держать ИК пирометр таким образом, чтобы луч лазерного целеуказателя находился перпендикулярно плоскости стены на расстоянии 0,15 – 0,25 м от нее.

Обязательное условие: тепловая инспекция планируется таким образом, чтобы весь объем измерений проходил в утренние часы до восхода солнца. В это время параметры теплообмена внутреннего и наружного воздуха с ограждающими конструкциями достигают максимальных значений (стационарный режим теплообмена) и тепловые дефекты («мостики холода») явно обозначатся.

Кроме того, специалисты до начала пирометрирования на основании опроса жильцов проводят сбор информации о длительности теплового дискомфорта, устанавливают возможную связь тепловой аномалии с метеорологическими явлениями

(скорость и направление ветра, температура в течение последних 5-7 дней), экспериментально определяют температуру наружного воздуха и воздуха в помещении на расстоянии 0,5 м от наружной стены на высоте 0.1, 0.4 и 1,7 м от пола (ГОСТ 30494-2011, раздел 6). Эти показатели, обязательные по требованиям ГОСТ 30494-2011, не дают, как показывает практика, исчерпывающей информации о микроклимате в помещении, поэтому экспресс-обследование проводится по предложенной методике.

В итоге получается матрица температурного поля, по которой после обработки легко визуализируется температурный график. Используя знания строительной теплофизики и с учетом значений точек росы, проводится линия раздела аномальной и соответствующей нормативным требованиям зон.

На рис. 1 представлен фрагмент стены, на которой производили измерение. В табл. 1 для примера приведены значения температур в ^{0}С в узлах сетки, являющиеся результатом экспресс - обследования реального жилого помещения, в одном фрагменте стены размерами 1,0х1,0 м, прилегающем к углу и расположенном внизу стены.

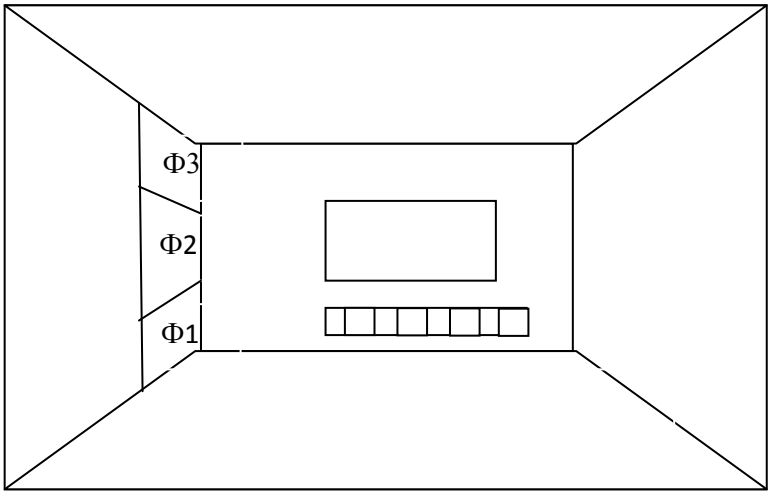


Рис.1. Фрагменты исследуемой стены (Ф1, Ф2, Ф3).

Таблица 1.Температурное поле фрагмента стены.

	Номер по горизонтали									
Номер по вертикали	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	11,0	11,0	10,6	10,6	10,0	9,3	8,5	7,7	7,3	6,9
9	10,8	10,8	10,5	10,5	9,8	8,8	8,1	7,4	7,1	6,9
8	10,6	10,6	10,4	10,4	9,6	8,7	7,9	7,4	7,3	6,8
7	10,4	10,4	10,2	10,2	9,3	8,4	7,8	7,2	7,1	6,6
6	10,2	10,2	9,8	9,8	9,0	8,3	7,8	7,1	7,0	6,6
5	10,0	10,0	9,7	9,7	8,9	8,1	7,7	7,0	6,6	6,3
4	9,7	9,7	9,5	9,5	8,6	8,0	7,4	6,7	6,4	6,3
3	9,5	9,6	9,3	9,3	8,5	7,8	7,2	6,5	6,3	6,1
2	9,2	9,2	9,0	9,0	8,2	7,6	6,9	6,2	5,9	5,6
1	9,0	9,0	8,9	8,8	8,0	7,4	6,7	6,0	5,6	5,4

На основании полученной информации в зависимости от влажности воздуха в помещении и значения температуры точки росы в таблице и, соответственно, на глади стен, выделяется область тепловой аномалии (для рассмотренного случая при 50% влажности температура точки росы равна 9,2 ^{0}С [2]).

Аналогичным образом проводится экспресс - диагностика других исследуемых фрагментов стены. По результатам выделяется обобщающая область тепловой аномалии на всей поверхности стены. При необходимости (в зависимости от конкретных условий) определяется аналогичная обобщающая область тепловой аномалии на другой образующей угол стене и на базе имеющейся информации составляется экспресс-прогноз причин тепловых аномалий.

Как показывает многолетний опыт, причиной неблагоприятного микроклимата может быть отсутствие в углу, образованном наружными стенами, стояка отопления. В этом случае угол, недополучая тепловую энергию, находится в условиях, когда на внутренней поверхности стен реализуются такие физические явления как роса, промерзание, образование плесени.

Представленная методика экспресс – обследования помещений с помощью ИК пирометров позволяет быстро и эффективно установить причины тепловых аномалий в обследованных помещениях и выдать рекомендации по их устранению.

Литература

1. Вавилов В.П. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике / В.П. Вавилов, А.Н. Александров – М. : НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2003. – 75 с.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский – М. : Высшая школа, 1970. – 376 с.

УДК 697.921.4

РАСЧЕТ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ВОЗДУШНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Бородулин В.Ю., Низовцев М.И.
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Введение

В настоящее время актуальность решения вопросов регулируемой вентиляции помещений с регенерацией тепла вентилируемого воздуха становится особенно остро, так как с одной стороны растут цены на энергоносители, а с другой, всё шире начинают применяться новые энергоэффективные конструкции стен и окон, которые, как правило, обладают низкой воздухопроницаемостью.

Сложность решения вопросов воздушной регенеративной вентиляции вызвана низкими коэффициентами теплообмена между воздушной средой и поверхностью твердого тела, что приводит к протяженным теплообменным поверхностям и значительным габаритам теплообменных аппаратов. Другая проблема, которую приходится решать это отвод влаги, конденсирующейся из воздуха внутреннего помещения по мере его охлаждения в теплообменном аппарате.

Эффективность используемых конструкций воздушных регенераторов тепла не достаточно высока, кроме того, существенным недостатком известных устройств является и то, что они надежно работают только при относительно высоких температурах наружного воздуха. При низких температурах поверхности теплообмена в них обмерзают, и аппараты перестают выполнять свои функции. Это вызывает необходимость проведения научно-исследовательских работ по поиску новых технических решений [1–5].

При выборе теплообменника для утилизации тепла вентиляционных выбросов необходимо принимать во внимание особенности его эксплуатации. Основным назначением вентиляционной системы является обеспечение необходимого количества свежего воздуха, удаление из помещения вредных веществ, бактерий, влаги и пыли. Обычно основными требованиями к такому аппарату являются: высокая эффективность, простота конструкции, способность выводить из теплообменника влагу, сконденсированную из потока удаляемого воздуха, надежностью в условиях отрицательных температур наружного воздуха. Этим требованиям во многом удовлетворяют регенераторы с использованием промежуточного теплоносителя.

На рис. 1 показана принципиальная схема исследуемого теплообменника. Основными элементами конструкции рекуператора с промежуточным теплоносителем являются скрубберы (колонны с насадкой). Колонны с насадкой являются широко распространённым видом технологического оборудования и применяются в различных областях промышленности. Также они используются для увлажнения газов в установках кондиционирования воздуха, для нагревания или охлаждения газа при контакте с жидкостью. Несмотря на широкое применение скрубберные процессы остаются еще недостаточно изученными. При объединении двух колонн с насадкой для нагрева и охлаждения вентиляционного воздуха можно получить теплообменную установку с промежуточным теплоносителем. Достоинствами такого типа регенераторов являются отсутствие обмерзания, малые потери напора воздуха и возможность пространственно разнести места ввода и вывода воздушной вентиляции, что повышает эффективность их работы. Подобные регенераторы тепла являются

новыми, и поэтому в литературе имеется ограниченная информация о таких аппаратах [6,7]. В работе представлена расчетная модель теплообмена воздушного регенератора тепла с промежуточным теплоносителем, и с ее использованием проведен анализ влияния различных параметров на эффективность его работы.

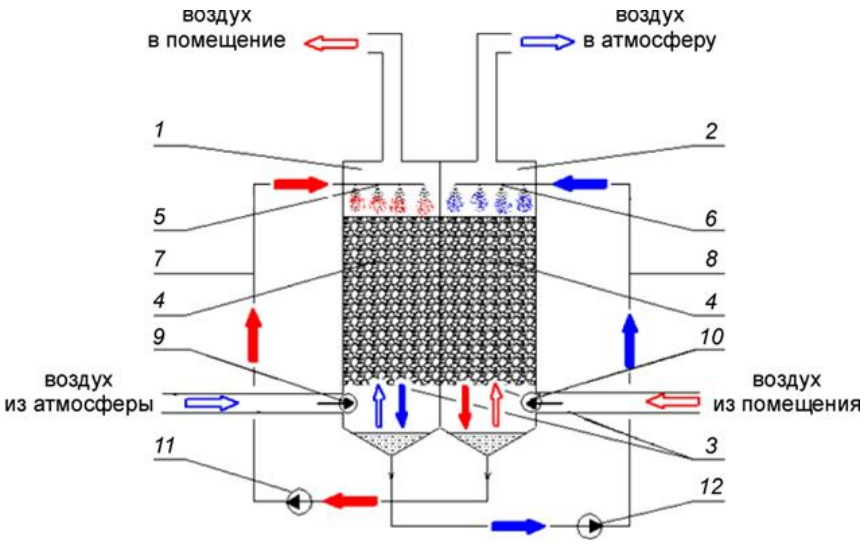


Рис. 1. Схема воздушного регенератора тепла с промежуточным теплоносителем
1, *2* – корпуса колонн, *3* – решетки, *4* – насадка, *5*, *6* – оросители,
7, *8* – трубопроводы, *9*, *10* – воздушные вентиляторы, *11*, *12* – водяные насосы.

Расчетная модель

Рассмотрим процесс теплообмена в одной насадочной колонне при противоточном движении жидкой и газообразной фаз (рис. 2). Насадка в колонне сверху орошается жидкостью, которая и служит в качестве промежуточного теплоносителя между колоннами. Жидкость стекает по поверхности насадки под действием силы тяжести сверху вниз. Воздух подается в теплообменную колонну так, чтобы его движение происходило через насадку снизу вверх, т.е. противотоком по отношению к потоку жидкости.

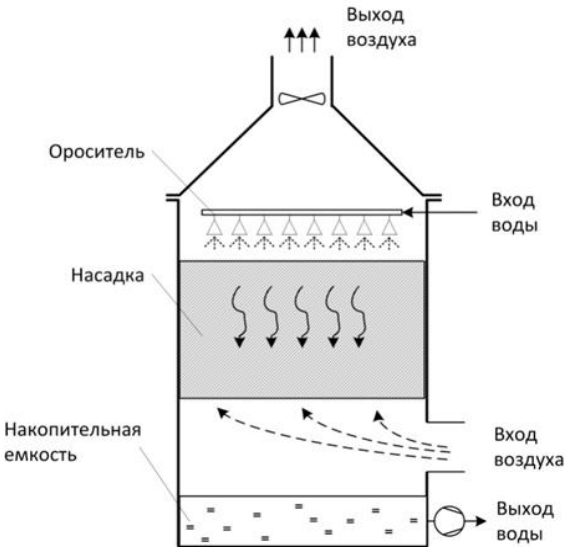


Рис. 2. Противоточная насадочная колонна.

В основу математической модели положено представление о двух противоточных взаимопроникающих континуумах жидкой и газообразной фаз, которые, не смешиваясь, проходят сквозь друг друга, обмениваясь при этом теплом через некоторую фиксированную межфазную поверхность. При этом межфазная поверхность образуется на жесткой основе, в качестве которой выступает поверхность насадки. Рассмотрим баланс тепловой энергии для воздуха и жидкости, участвующих в теплообмене, при этом будем считать, что конвективный перенос тепла преобладает над кондуктивным и последним можно пренебречь. Для произвольно выбранного объема насадки баланс будет заключаться в том, что изменение внутренней энергии жидкости или воздуха в нём складывается из энергии, поступившей через поверхность раздела фаз и энергии переносимой через внешнюю границу с помощью механизма конвекции. При построении модели тепло поглощаемое или выделяемое при возможных фазовых превращениях не учитывалось.

Пусть материал насадки имеет плотность ρ_f и теплоёмкость - c_f. Площадь сечения насадки обозначим A, а её объёмно-геометрические характеристики будем описывать величиной порозности ε и удельной поверхностью σ. Изменение внутренней энергии воздуха δQ_{a1} в слое насадки толщиной dx зависит от скорости изменения температуры воздуха и его массы. Если считать, что весь объём свободного пространства в насадке заполнен воздухом, то его массу в слое толщиной dx можно выразить как $\rho_a A\varepsilon dx$, где ρ_a - плотность воздуха. Следовательно, δQ_{a1} будет иметь вид:

$$\delta Q_{a1} = \rho_a c_a A\varepsilon \frac{\partial T_a}{\partial t} dx,$$

где c_a - удельная теплоёмкость, а T_a -температура воздуха. Примем за положительное направление оси $0X$ то, которое совпадает с направлением движения воздуха через насадку. Тогда, конвективный поток тепла δQ_{a2} через границы слоя насадки толщиной dx можно выразить через градиент температуры и массовый расход воздуха G_a^m:

$$\delta Q_{a2} = -G_a^m c_a \frac{\partial T_a}{\partial x} dx.$$

Будем считать, что теплообмен между жидкостью и воздухом происходит на границе жидкой плёнки, которая тонким слоем покрывает материал насадки. Если полагать, что в теплообмене участвует вся поверхность насадки, то площадь теплообмена будет равна площади поверхности насадки. Для слоя толщиной dx она будет $\sigma A dx$. В результате, количество тепла δQ_{a3}, передаваемое воздуху через межфазную поверхность в единицу времени, можно записать:

$$\delta Q_{a3} = \sigma A\alpha \cdot \left(T_w - T_a\right) dx,$$

где α коэффициент теплоотдачи, T_w - температура воды. Баланс тепловой энергии по воздушной среде:

$$\delta Q_{a1} = \delta Q_{a2} + \delta Q_{a3}.$$

Подставляя сюда соответствующие выражения, получим неоднородное дифференциальное уравнение:

$$\rho_a c_a \varepsilon A \frac{\partial T_a}{\partial t} + G_a^m c_a \frac{\partial T_a}{\partial x} = \sigma A\alpha \cdot \left(T_w - T_a\right). \quad (1)$$

Рассмотрим балансные соотношения тепловой энергии для жидкой фазы. Количество воды в слое насадки зависит от режима её течения. В силу предположения о плёночном его характере массу воды в слое насадки толщиной dx можно записать в виде $\rho_w A\sigma h dx$, где ρ_w -плотность воды, h -толщина плёнки на поверхности смоченной насадки. Тогда, изменение внутренней энергии жидкости в слое насадки примет вид:

$$\delta Q_{w1} = \rho_w c_w \sigma A h \frac{\partial T_w}{\partial t} dx ,$$

где c_w - удельная теплоёмкость воды. Результирующий поток тепла δQ_{w2}, переносимый через границы слоя насадки конвекцией с учётом направления движения воды можно записать:

$$\delta Q_{w2} = G_w^m c_w \frac{\partial T_w}{\partial x} ,$$

где G_w^m-массовый расход жидкости. Количество тепла δQ_{w3}, передаваемое через межфазную поверхность в единицу времени равно с обратным знаком теплу δQ_{a3}, поэтому в окончательном виде балансное уравнение для жидкости можно записать:

$$\rho_w c_w \sigma A h \frac{\partial T_w}{\partial t} - G_w^m c_w \frac{\partial T_w}{\partial x} = -\sigma A \alpha \cdot \left(T_w - T_a \right) . \quad (2)$$

Толщина плёнки воды h на поверхности материала насадки, скорость плёночного течения жидкости u и массовый расход связаны между собой уравнением:

$$G_w^m = \rho_w u \sigma A h . \quad (3)$$

Для учёта влияния количества тепла, которое может аккумулироваться в насадке и увеличивать тепловую инерцию слоя вместо уравнения (2) можно записать:

$$\rho_w c_w \sigma A h + \rho_f c_f A \cdot \left(1 - \varepsilon \right) \cdot \frac{\partial T_w}{\partial t} - G_w^m c_w \frac{\partial T_w}{\partial x} = -\sigma A \alpha \cdot \left(T_w - T_a \right) .$$

На рис. 3 представлена блок-схема регенератора с нагревающей и охлаждающей колонками, а также двумя накопительными ёмкостями. Как следует из схемы, жидкость на выходе из колонн попадает сначала в накопительные ёмкости, в которых температура жидкости может отличаться от температуры входящей жидкости и температуры окружающей среды. В ёмкостях происходит смешивание, в результате температура жидкости в них изменяется, пока не установится некоторое равновесное состояние.

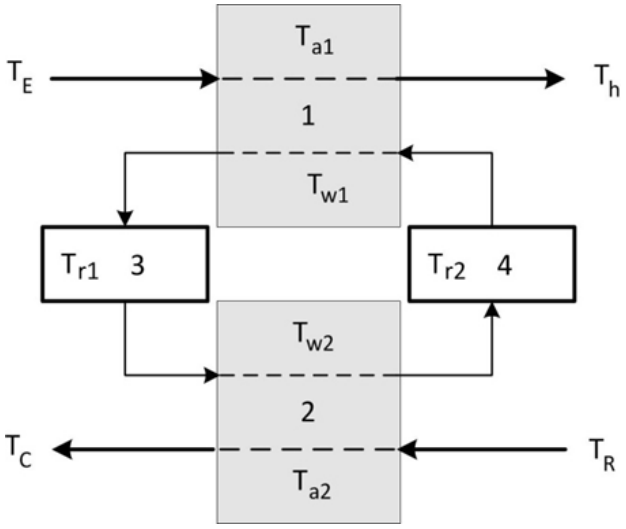


Рис. 3. Блок-схема регенератора с промежуточным теплоносителем.
1 - нагревающая колонка; 2 - охлаждающая колонка; T_E –температура наружного воздуха; T_h – температура воздуха, поступающего в помещение; T_C – температура воздуха, удаляемого из помещения; T_R – температура воздуха в помещении; T_{r1},и T_{r2} – температура жидкости в промежуточных накопительных ёмкостях 3, 4.

Если считать, что уровень жидкости сохраняется, а температура жидкости в ёмкости при поступлении малой порции жидкости быстро выравнивается, то текущее значение температуры в накопительном баке можно определить с помощью обыкновенного дифференциального уравнения:

$$\frac{dT_t}{dt} + \frac{G_w^m}{M} \cdot T_t = \frac{G_w^m}{M} \cdot T_w, \quad (4)$$

где M - масса жидкости, а T_t её температура в накопительной ёмкости.

Примем, что воздух с улицы поступает в нагревающую колонну 1 при значении температуры T_E, а воздух из помещения поступает в охлаждающую колонну 2 при значении температуры T_R. Температура выходящего воздуха из колонн в помещение и на улицу будет равна T_h и T_c соответственно. Жидкость, выходящая из греющей колонны 1, поступает в накопительную ёмкость 3, из которой она, в свою очередь, подаётся в охлаждающую колонну 2. Аналогично осуществляется движение жидкости из колонны 2 через накопительную ёмкость 4 в колонну 1.

Пусть начальная температура жидкости в колоннах и емкостях одинаковая и совпадает с температурой воздуха в помещении T_R.

При моделировании процесса теплообмена будем считать, что дополнительных потерь тепла при движении жидкости между колоннами и во время нахождения её в накопительных емкостях нет.

Запишем систему уравнений теплообмена в регенераторе, дополнив уравнения (1), (2), (4) для каждой из колонн соответствующими начальными и граничными условиями:

$$\frac{\partial T_{a1}}{\partial t} + \frac{G_a^m}{\rho_a \varepsilon A} \cdot \frac{\partial T_{a1}}{\partial x} = \frac{\sigma \cdot \alpha}{\rho_a c_a \varepsilon} \cdot \left(T_{w1} - T_{a1} \right),$$

$$\frac{\partial T_{w1}}{\partial t} - \frac{G_w}{\rho_w \sigma h} \cdot \frac{\partial T_{w1}}{\partial x} = -\frac{\alpha}{\rho_w c_w h} \cdot \left(T_{w1} - T_{a1} \right),$$

$$\frac{\partial T_{a2}}{\partial t} - \frac{G_a^m}{\rho_a \varepsilon A} \cdot \frac{\partial T_{a2}}{\partial x} = \frac{\sigma \cdot \alpha}{\rho_a c_a \varepsilon} \cdot \left(T_{w2} - T_{a2} \right),$$

$$\frac{\partial T_{w2}}{\partial t} + \frac{G_w}{\rho_w \sigma h} \cdot \frac{\partial T_{w2}}{\partial x} = -\frac{\alpha}{\rho_w c_w h} \cdot \left(T_{w2} - T_{a2} \right),$$

$$T_{a1}(t,0) = T_E \text{ при } t > 0,$$

$$T_{a2}(t,H) = T_R \text{ при } t > 0,$$

$$T_{a1}(0,x) = T_{a2}(0,x) = T_R \text{ при } x \in [0,H],$$

$$T_{w1}(t,H) = T_{r2}(t) \text{ при } t > 0,$$

$$\frac{dT_{r2}}{dt} + \frac{G_w^m}{M} \cdot T_{r2} = \frac{G_w^m}{M} \cdot T_{w2}(t,H) \text{ при } t > 0,$$

$$T_{w2}(t,0) = T_{r1}(t) \text{ при } t > 0,$$

$$\frac{dT_{r1}}{dt} + \frac{G_w^m}{M} \cdot T_{r1} = \frac{G_w^m}{M} \cdot T_{w1}(t,0) \text{ при } t > 0,$$

$$T_{w1}(0,x) = T_{w2}(0,x) = T_R,$$

$$T_{r1}(0) = T_R,$$

$$T_{r2}(0) = T_R.$$

Здесь индексы 1 и 2 обозначают номер колонны или накопительной ёмкости, G_w - интенсивность орошения насадки, H - высота насадки в колоннах.

Обсуждение результатов расчетов

Проведём анализ влияния различных параметров регенератора на основе результатов численных расчётов. В качестве материала засыпки в колонках используется керамзитовый гравий с диаметром фракции (насадки) 0,0125 м, а промежуточным теплоносителем является водный раствор хлористого кальция. При этом за исходные параметры выберем следующие: $\rho_a = 1.27$ кг/м^3, $\rho_f = 400$ кг/м^3, $\rho_w = 1280$ кг/м^3, $c_a = 1005$ Дж/(кг К), $c_f = 840$ Дж/(кг К), $c_w = 2760$ Дж/(кг К), $\varepsilon = 0.42$, $A = 0.04$ м^2, $H = 0.4$ м, $d = 0.0125$ м, $\Phi = 0.9$, $G_w^m = 0.04$ м^3/ч, $G_a^m = 110$ м^3/ч, $h = 100$ мкм, $\alpha = 13$ Вт/(м^2 К), $T_R = +25$ °С, $T_E = -12$ °С, $M = 70$ кг.

Эффективность теплообменных процессов в каждой из теплообменных колонн можно характеризовать температурной эффективностью Θ, которая определяется отношением абсолютной величины перепада температуры воздуха на входе и выходе колонны к температурному перепаду для воздуха между входами греющей и охлаждающей колонн:

$$\Theta_1 = \frac{|T_h - T_E|}{|T_R - T_E|}, \quad \Theta_2 = \frac{|T_R - T_C|}{|T_R - T_E|}.$$

Определим влияние различных параметров регенератора на температурную эффективность. Следует отметить, что в рассматриваемом воздушном регенераторе равновесная температурная эффективность для обеих колонн одинакова при одинаковой конструкции колонок, равных расходах, как по жидкости, так и по воздуху и без учета процессов испарения жидкости. Типичный выход температурной эффективности колонн регенератора с течением времени на равновесное значение по результатам расчетов показан на рис. 4. Под температурной эффективностью далее будем иметь в виду равновесную температурную эффективность регенератора $\Theta = \Theta_1 = \Theta_2$.

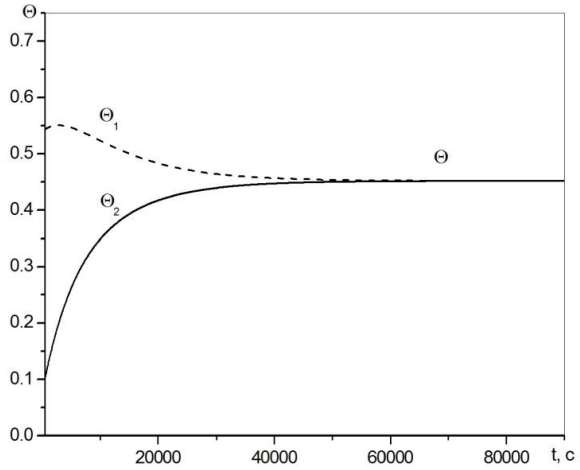


Рис. 4. Изменение температурной эффективности нагревающей и охлаждающей колонн с течением времени.

Рассмотрим влияние высоты засыпки H на температурную эффективность. Согласно расчетам увеличение H приводит к росту эффективности (рис. 5). Это обусловлено увеличением площади теплообменной поверхности S, которая зависит от высоты засыпки в соответствии с выражением $S = A\sigma H$. Очевидно, что естественным ограничителем высоты засыпки выступают габариты регенератора.

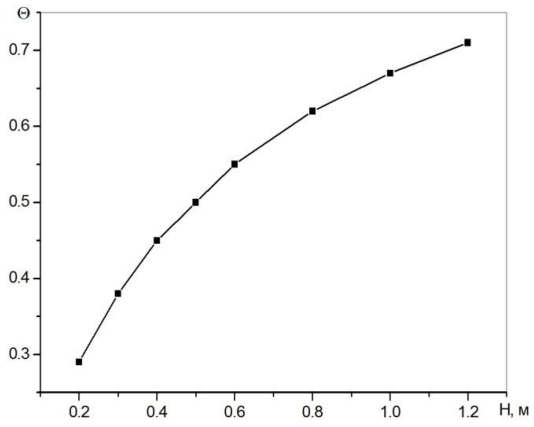


Рис. 5. Зависимость температурной эффективности от высоты засыпки.

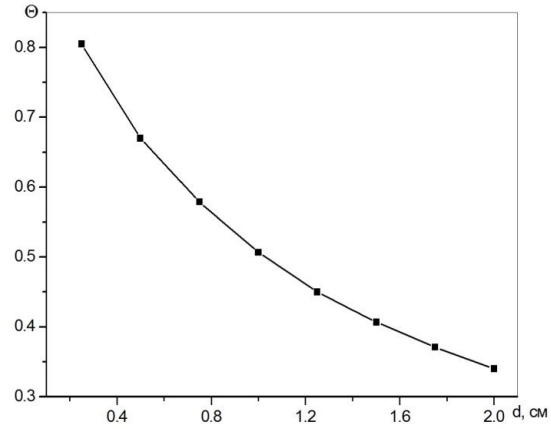


Рис. 6. Зависимость температурной эффективности от диаметра насадки.

При уменьшении диаметра насадки и сохранении всех остальных параметров происходит увеличение температурной эффективности (рис. 6), причем темп ее роста увеличивается с уменьшением диаметра. Такая зависимость температурной эффективности связана с увеличением удельной поверхности засыпки при уменьшении диаметра насадки, согласно:

$$\sigma = \frac{6 \cdot 1 - \varepsilon}{\Phi \cdot d},$$

где Ф – коэффициент формы, а ε – порозность.

Для повышения температурной эффективности регенератора при увеличении высоты засыпки или уменьшении размеров насадки следует учитывать рост потерь гидравлического сопротивления засыпки.

Расчеты показали, что повысить температурную эффективность рекуператора можно за счет интенсификации теплообменных процессов между жидкостью и воздухом. На рис. 7 приведена расчетная зависимость температурной эффективности от коэффициента теплоотдачи на контактной поверхности.

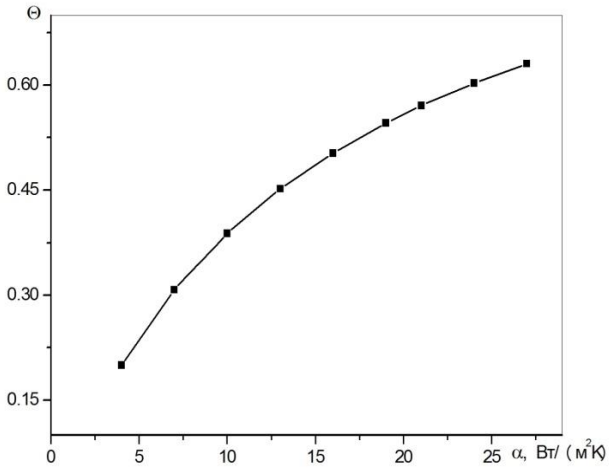


Рис. 7. Зависимость температурной эффективности от коэффициента теплоотдачи.

Рассмотрим влияние расходных характеристик воздуха и жидкостного теплоносителя на температурную эффективность регенератора. Влияние расхода жидкости на эффективность при постоянном расходе воздуха через колонны 110 м^3/час и высоте колонн 0.4 м. показано на рис. 8. В исследуемом диапазоне расходов жидкости температурная эффективность возрастала до максимального значения, а при дальнейшем увеличении расхода происходило ее незначительное снижение. Максимальное значение эффективности наблюдалось при расходе жидкости $G_w \approx 40$ л/час, который можно получить из равенства водяных эквивалентов:

$$G_w^m c_w = G_a^m c_a \qquad (5)$$

На рис. 9 приведены расчетные зависимости температурной эффективности регенератора от расхода воздуха через колонны для расхода жидкости 40 л/час при разных высотах засыпки в колоннах. Зависимость эффективности при каждой высоте засыпки имеет максимум, причем с увеличением высоты значение максимальной эффективности увеличивается, и положение максимума приближается к его значению при расходе воздуха, полученному из равенства водяных эквивалентов воздуха и воды (5). При уменьшении высоты засыпки поверхность теплообмена сокращалась, значение максимума снижалось и его положение смещалось в сторону меньших расходов воздуха через колонны.

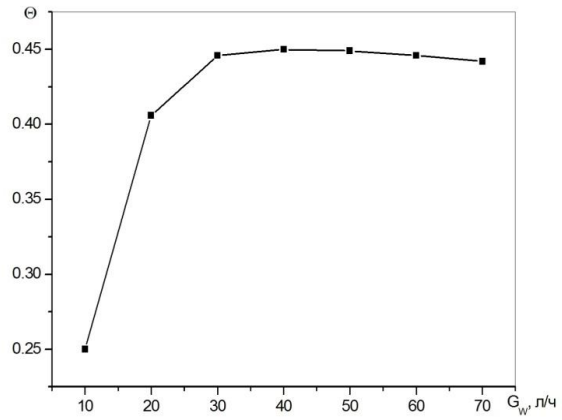


Рис. 8. Зависимость температурной эффективности от расхода воды.

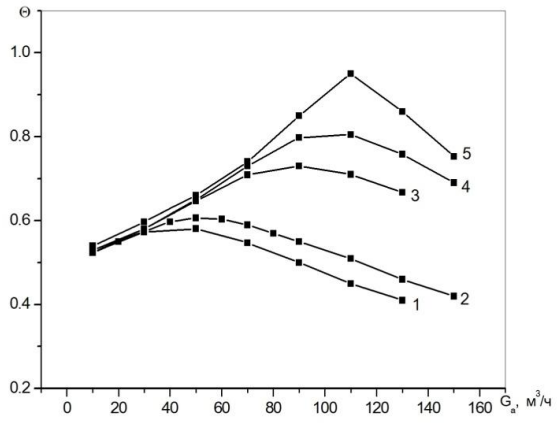


Рис. 9. Зависимость температурной эффективности от расхода воздуха при высоте засыпки: 1 - H=0.4 м, 2 - 0.5 м, 3 -1.2 м, 4 - 2 м; 5 - 10 м.

Основные выводы

В работе предложена и апробирована расчетная модель теплообмена нового воздухо-воздушного регенеративного теплообменника с промежуточным жидкостным теплоносителем для вентиляции помещений.

При анализе влияния различных факторов на температурную эффективность регенератора показана возможность значительного повышение его эффективности при уменьшении размеров насадки.

В результате расчетов обнаружено, что при уменьшении высоты засыпки происходило смещение максимума температурной эффективности в сторону снижения расхода воздуха от его значения, определенного из равенства водяных эквивалентов жидкости и воздуха.

Литература

1. Kragh J., Rose J., Nielsen T.R., Svendsen S. New counter flow heat exchanger designed forventilation systems in cold climates// Energy and Buildings. 2007, Vol. 39, P. 1151–1158.
2. AristovYu.I., Mezentsev I.V., Mukhin V.A. A new approach to regenerating heat and moisture inventilation systems// Energy and Buildings. 2008, Vol. 40, P. 204–208.
3. Ephraim M. Sparrow, Jimmy Tong C.K., Mark R. Johnson and Gerry P. Martin. Heat and Mass transfer characteristics of rotating regenerative total energy wheel// International Journal of Heat and Mass Transfer. 2007, Vol. 50, P. 1631–1636.
4. Низовцев М.И., Терехов В.И., Яворский А.И. Дисковый теплообменник// Патент на изобретение № 2255282 от 27 июня 2005.
5. Низовцев М.И. Экспериментальное исследование динамических и тепловых характеристик дискового вентилятора-регенератора тепла вентиляционного воздуха// Известия Вузов. Строительство. 2007, № 10, С. 46–50.
6. Яворский А.И. Способ регенерации тепла вентиляции// Заявка на изобретение № 2010121465/06 от 26.05.2010.
7. Низовцев М.И., Яворский А.И., Летушко В.Н., Бородулин В.Ю. Экспериментальное исследование воздухо-воздушного теплообменника с промежуточным теплоносителем для утилизации тепла вентиляционного воздуха// Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Докл. науч.-практ. конф.,– Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН, 2013, ISBN 978-5-89017-034-7, С. 43-49.

УДК.533.6.08:533.5:533.722

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ НАНОВОЛОКОН В ГИБРИДНЫХ ФИЛЬТРАХ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ОБТЕКАНИЯ

Карелин В.А., Горев В.Н.
Институт теплофизики СО РАН, Новосибирский государственный университет, АО «ТИОН Инжиниринг»

Высокая герметичность оконных систем приводит к недостаточной вентиляции. В городских условиях в зданиях важно поддерживать стабильную вентиляцию воздуха и высокую степень его очистки от загрязнений. Одним из способов решений данной задачи является использование низкозатратных высокоэффективных фильтров очистки воздуха.

В настоящее время существующие типы фильтров тонкой очистки воздуха имеют ряд недостатков, связанных с высокой энергозатратностью, сложностью конструкции, быстрым увеличением перепада давления по мере загрязнения. Наибольшее качество фильтрации достигается у фильтрующих материалов, состоящих из наноразмерных волокон, однако такие материалы имеют крайне низкую прочность. Для решения этой проблемы было предложено [1] совместить несущую жесткую основу микроволокон и фильтрующие свойства нановолокон (рис.1). Технологию получения таких гибридных фильтров можно разделить на два этапа: экструзия полипропиленового волокна (толщина волокна 100-200 мкм) и электропрядение (толщина волокна 100-200 нм).

Изображение комбинации разных типов волокон гибридного фильтра представлено на рис. 2. Интерес к такому типу фильтра вызван его низкой себестоимостью, простотой производства и существенно более высоким качеством фильтрующего материала. Процессы фильтрации в гибридных фильтрах недостаточно хорошо изучены [2,3]. Основные трудности моделирования процессов связаны с наличием нескольких характерных масштабов течений.

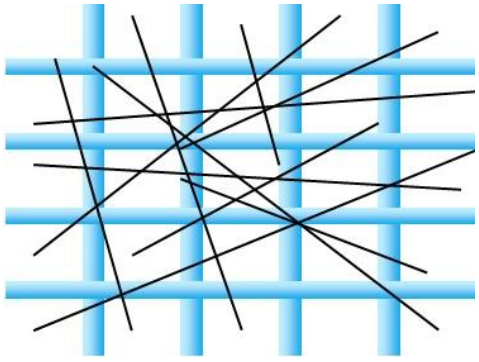


Рис. 1. Структура гибридного фильтра: «толстые» микроволокна и «тонкие» нановолокна.

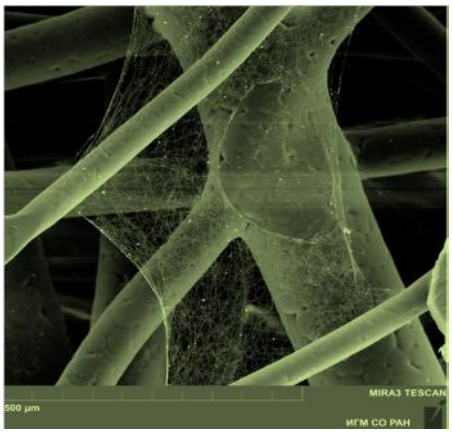


Рис. 2. Изображение образца гибридного фильтра, полученного с помощью электронного сканирующего микроскопа.

Целью настоящей работы является создание модели фильтрации воздуха в гибридном фильтре. Модель должна включать процессы обтекания микроволокон в рамках приближения сплошной среды и нановолокон в приближении переходного или молекулярного режима течения.

На начальном этапе построения модели была выполнена оценка прочностных характеристик фильтра при помощи модели взаимодействия аэрозольных частиц и нановолокна. Для контроля качества фильтров использовалась сканирующая электронная микроскопия образцов пленок наноматериалов. В ходе работы были проведены испытания ряда образцов пленок нетканого материала из нановолокон. На рис. 3 приведена схема эксперимента.

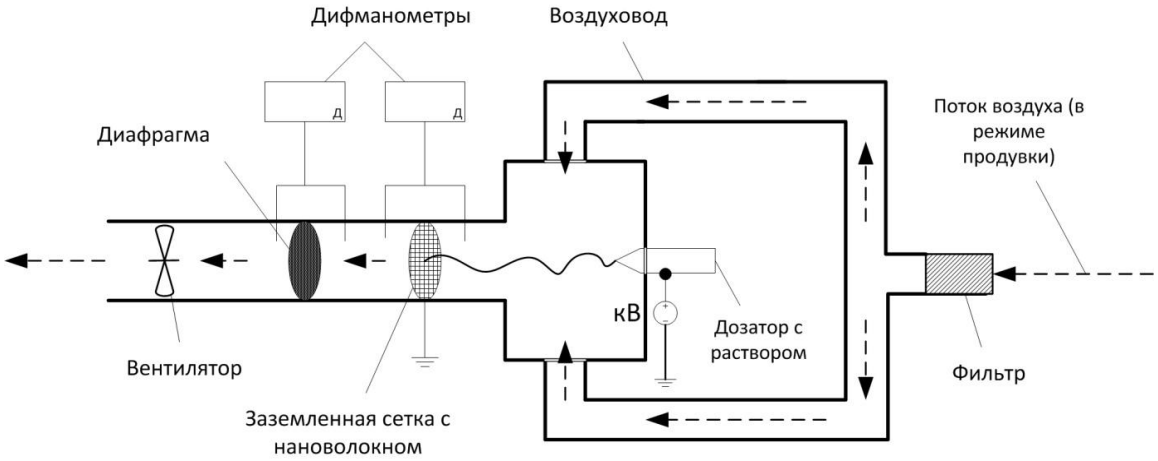


Рис. 3. Схема эксперимента с измерением перепада давления на нановолокне.

Установка состоит из трубы, в которой располагаются регулируемый воздушный вентилятор, мишень (заземленная стальная сетка), на которую наносится нановолокна, и калиброванная диафрагма, с помощью которой измеряется расход воздуха. Нанослой получается методом электропрядения при помощи дозатора с заданным расходом полимерного раствора под высоким электрическим напряжением 20-30 кВ. Измерения потерь давления в нанослое проводились через заданный интервал времени. В итоге была получена зависимость перепада давления от времени нанесения пленки при заданном расходе раствора (рис.4).

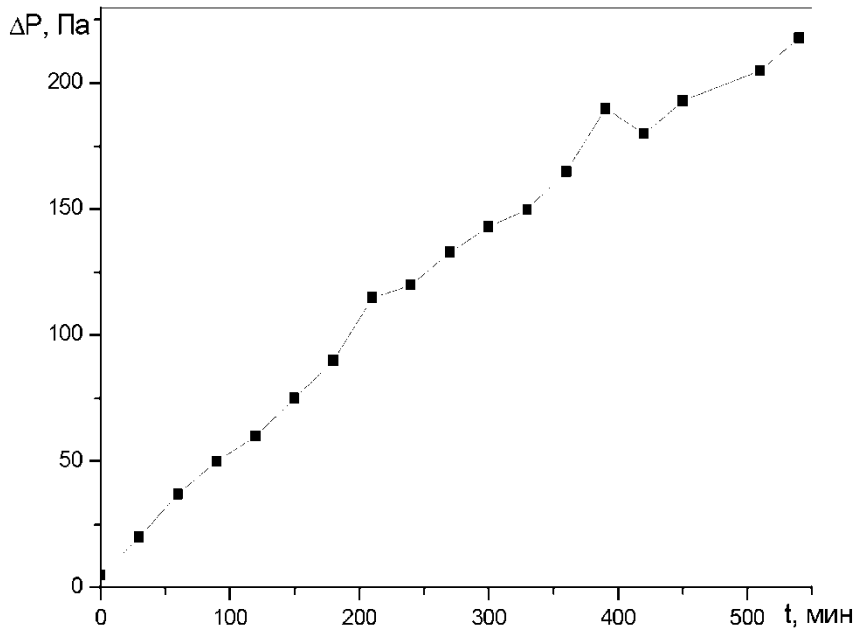


Рис. 4. Потери давления на нанослое в зависимости от времени нанесения волокон.

На основании результатов экспериментов определены коэффициенты сопротивления единичного нановолокна в зависимости от скорости воздуха и диаметра волокон, что позволило определить режим течения и верифицировать разрабатываемую численную модель.

Литература

1. Wallace Woon-Fong Leunga, Chi-Ho Hung, Ping-Tang Yuen. Effect of face velocity, nanofiber packing density and thickness on filtration performance of filters with nanofibers coated on a substrate. J. Separation and Purification Technology 71 (2010) 30–37.
2. Yu-Qin Wan, Qian Guo, Ning Pan. Thermo-electro-hydrodynamic model for electrospinning process. International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation 5(1) 5-8, 2004.
3. Jiang-Yi Zheng, Hai-Yan Liu, Xiang Wang, Yang Zhao, Wei-Wei Huang, Gao-Feng Zheng, and Dao-Heng Sun. Electrohydrodynamic Direct-Write Orderly Micro/Nanofibrous. Structure on Flexible Insulating Substrate. Journal of Nanomaterials, Volume 2014, Article ID 708186,7 pages.

УДК. 613.648; 613.63; 613.14/15

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ «СВЕЖЕГО» ВОЗДУХА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Ким К.К., Спичкин Г.Л., Колоколов П.Э.
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

Актуальность проблемы

Уровень комфорта проживания человека в замкнутом помещении напрямую зависит от характеристик внутреннего воздуха. Несмотря на то, что качество воздуха описывается системой известных количественных параметров, человек воспринимает окружающую его атмосферу субъективно, оценивая «свежесть» эмоционально. Однако понятно, что в массовом порядке энергоёмкие и затратные системы комфортного кондиционирования в повсеместную практику войдут еще не скоро.

Решение проблемы повышения качества внутреннего воздуха и создания ощущений свежести воздуха заключается в его специальной аэроионной обработке.

Обеспечение качественного воздуха в закрытых помещениях связано с рядом эксплуатационных и функциональных особенностей:

- наличие значительного долговременного скопления людей на небольших пространствах и, как следствие, высокие плотности микробиологического, органического и аэрозольного (пылевого) загрязнения,
- наличие большого количества помещений, без естественной солнечной радиации, в которых полностью отсутствуют факторы, присущие «качественному» воздуху – легкие аэроионы, озон, влажность и концентрация кислорода в оптимальных «природных» концентрациях.

Воздух, поступающий в такие помещения по вентиляционным системам, как правило, очищается от пыли и, в зависимости от требований к температурному режиму, нагревается, или охлаждается.

Результаты многочисленных отечественных и зарубежных исследований воздушной среды закрытых помещений, в которых сконцентрировано большое количество народа, демонстрируют, что, несмотря на наличие воздухоочистительных фильтров, уровни основных загрязнителей воздуха внутри помещений превышают таковые в наружном воздухе в 70 - 100 раз. Человек, длительное время пребывающий в таких условиях, подвергается хроническому воздействию множества токсичных агентов. Современные системы вентиляции и кондиционирования (СВиК) способны существенно повысить качество воздуха, очистив его от основных фракций аэрозолей (пыли) и, частично, от газообразных поллютантов, а также поддерживать оптимальные параметры микроклимата в помещениях. Однако, такие системы не могут войти в повседневную практику из-за их энергоёмкости и достаточно высокой стоимости.

Но, даже применяя СВиК, некоторые параметры воздушной среды, как правило, остаются без внимания специалистов по управлению качеством воздуха закрытых помещений. Подвергаясь фильтрации и проходя по вентиляционным воздуховодам воздух теряет ионы и озон. Деионизированный и деозонированный воздух «денатурирован», лишен нативных свойств.

Синдром «мертвого воздуха» часто проявляется у людей, вынужденных длительное время находиться в атмосфере деионизированного и деозонированного воздуха. Сегодня очевидно, что дефицит, а чаще всего, практически полное отсутствие легких ионов и озона в воздухе закрытых помещений, характеризующихся большим скоплением народа, является основной причиной возникновения недомоганий,

головных болей, головокружений, хронической усталости, расстройств сна, аллергических проявлений у людей, пребывающих в таких помещениях длительное время. Люди уверенно заявляют, что им «душно», хотя концентрация кислорода в воздухе нормативная.

Человек, как высший примат, эволюционно адаптирован к природному воздуху, обладающему определенными физико-химическими свойствами, и который мы определяем как чистый, свежий, целебный. Можно сказать, что такой воздух содержит своего рода энергоносители. К таким природным энергоносителям относятся легкие отрицательные ионы кислорода (отрицательные аэроионы) и озон – так называемые «активные формы кислорода» (АФК), присутствие которых во вдыхаемом воздухе в «природных» концентрациях придают ему особое ощущение свежести. АФК являются катализаторами биологических процессов на всех без исключения уровнях организма, начиная с молекулярного; они необходимы для нормального (здорового) функционирования. Адекватное восприятие организмом физических нагрузок при сохранении оптимальных показателей работы отдельных систем и органов, полноценный обмен веществ возможны только в присутствии АФК во вдыхаемом воздухе. Именно поэтому наиболее полезны прогулки на открытом воздухе. Благоприятное биологическое действие атмосферного озона и аэроионов реализуется лишь при их «природных» концентрациях, значения которых значительно ниже предельно допустимых нормативов. В данном случае действует универсальный принцип: малые («природные») дозы АФК вызывают стимулирующий эффект, высокие дозы – угнетающий.

Нормализация ионно-озонного режима помещений

Искусственная ионизация и озонирование воздуха («реактивация воздуха») в последние годы все шире используется для улучшения качества воздушной среды в закрытых помещениях. Задача нормализации ионно-озонного режима помещений сводится к обеспечению в воздухе помещения концентраций АФК, близких к природным показателям.

Действующие в РФ для воздушной среды помещений максимально допустимый уровень аэроионов как отрицательной, так и положительной полярности - 50000 ионов/см^3, предельно допустимая концентрация для озона – 100 мкг/м^3. При превышении указанной концентрации озон, являющийся самым мощным природным окислителем, становится крайне опасным из-за своей токсичности. Перенасыщение же вдыхаемого воздуха легкими отрицательными кислородными ионами, являющимися супероксид - анион радикалами, ведет к разбалансировке электрофизиологических параметров организма и нарушению нейроэндокринных и биохимических регуляторных механизмов.

Когда мы говорим, что воздух ионизирован, это значит, что некоторая (очень небольшая) часть газовых молекул воздуха несет электрический заряд отрицательного или положительного знака. При нормальных условиях в 1 см^3 воздуха содержится около $2{,}7 \cdot 10^{19}$ молекул. Чистый атмосферный воздух насыщен легкими кислородными ионами каждого знака в концентрациях 1000-5000 ионов/см^3 (лесной и морской воздух), 5000 – 10000 ионов/см^3 (воздух горных курортов), 10000 – 50000 ионов/см^3 (воздух у водопада), а также, озоном с концентрацией до 40 мкг/м^3. Создавая в помещении с помощью систем искусственной ионизации и озонирования воздуха «природные» уровни АФК, имеется полная гарантия исключения неблагоприятных эффектов для здоровья человека и животных. С психологической точки зрения целесообразно не превышать при этом порог ощущения запаха озона, который может значительно варьироваться в зависимости от индивидуальной чувствительности, но в

среднем составляет 18-20 мкг/м^3; тогда «реактивация» не будет восприниматься людьми, как принудительное изменение химического состава воздуха. По гигиеническим показателям и в соответствие с санитарными нормами (Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха СанПиН 2.2.4.1294-03 от 16 июня 2003 года) представляется оптимальным создание в зоне дыхания человека концентрации легких аэроионов в пределах 1000-5000 ионов/см^3, озона – 10-15 мкг/м^3. При повышении физических и психоэмоциональных нагрузок возможно увеличение концентраций АФК в воздухе, при этом допустимые уровни не должны быть превышены, особенно в течение длительного времени.

Таким образом, система искусственной ионизации и озонирования воздуха, будучи абсолютно безопасной, создаст у личного состава эмоциональное ощущение свежести и чистоты воздуха. Отметим сразу, что это будет не обман человека, а личная эмоциональная оценка. На этих оценках базируется так называемые «зоны комфорта» - комбинации физических параметров воздушной среды, которые более 80% испытуемых людей определяли эмоционально как комфортные.

Биологическое действие АФК на организм человека

Биологическое воздействие АФК воздуха на организм – явление многостороннее, поликомпонентное и разнонаправленное. Некоторые исследователи сравнивали влияние ионов воздуха с эффектом витаминов и гормонов, подчеркивая колоссальный отклик организма на ничтожные дозы действующего агента. А.Л. Чижевский называл легкие отрицательные аэроионы (ЛОАИ) витаминами воздуха.

Значительный экспериментальный материал (табл. 1), полученный на человеке, свидетельствует о том, что в подавляющем большинстве случаев ЛОАИ действуют противоположно легким положительным аэроионам (ЛПАИ) и, при их примерном равенстве в природных условиях, обеспечивают некое равновесие с точки зрения их влияния на физиологические процессы в организме.

Таблица 1

Параметр	ЛОАИ	ЛПАИ
Число эритроцитов	увеличение	уменьшение
Гемоглобин	повышение	снижение
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)	уменьшение	увеличение
Артериальное давление у гипертоников	уменьшается	увеличивается
Артериальное давление у гипотоников	повышение	снижение
Частота сердечных сокращений	уменьшение	увеличение
Амплитуда зубца Т на электрокардиограмме	уменьшение	увеличение
Морфологические и физико-химические свойства крови	нормализация	-
Окислительно-восстановительные процессы в тканях	ускорение	угнетение
Скорость регенерации тканей (в т.ч. костной)	увеличение	уменьшение
Легочная вентиляция в состоянии покоя	усиление	ослабление
Водный обмен и диурез	нормализация	-
Сахар крови (особенно у диабетиков)	снижение	повышение
Возбудимость мускулатуры	усиление	ослабление
Функциональная деятельность коры головного мозга	нормализация	-

Установлена способность ЛОАИ повышать устойчивость организма к недостатку кислорода, витаминов, холоду, бактериальной интоксикации, к статической и динамической работе. Интенсивная кислородная ингаляция с отрицательной ионизацией используется для быстрого восстановления и реабилитации персонала, занятого интенсивным трудом. Данный метод применения высоких доз ионизированного кислорода для профессионалов был назван джет-тренинг (реактивная тренировка).

Показан выраженный благоприятный эффект ЛОАИ при общей слабости, снижении физической и умственной работоспособности, при бессоннице, головных болях любой этиологии, аллергических проявлениях, неврозах. Продемонстрировано положительное влияние ЛОАИ на когнитивные способности (повышение внимания и восприятия) и поведенческие реакции (антистрессорное и антидепрессивное действие). ЛОАИ активизируют метаболизм, стабилизируют процессы вегетативной регуляции.

Согласно одной из современных парадигм развития патологии, коагуляция (сгущение) тканей, в том числе крови, начинает развиваться при потере тканью отрицательного электрического заряда, а при восстановлении заряда отрицательной полярности до номинальных значений восстанавливается нормальное физиологическое состояние ткани. В данном контексте аэроионизация выступает как один из простых и эффективных способов предотвращения и обращения патологических изменений в организме.

Несмотря на то, что именно отрицательные аэроионы оказывают столь позитивное влияние на физиологические процессы в организме, искусственная ионизация воздуха должна обеспечиваться ионами обеих полярностей с некоторым преобладанием ионов отрицательной полярности (в соответствие с СанПиН 2.2.4.1294-03 концентрация отрицательных ионов должна превышать концентрацию положительных ионов в 1 – 1, 6 раза). Примерно такой баланс отрицательных и положительных ионов наблюдается и в природных условиях, что является, пожалуй, самым весомым аргументом в дискуссии о целесообразности применения для искусственной ионизации только отрицательных ионов или ионов обеих полярностей.

Кроме того, при искусственной униполярной ионизации в воздухе помещения накапливается униполярный избыточный заряд, оседающий на незаземленные предметы. При определенных условиях (низкая влажность воздуха, близкое нахождение от источника униполярной ионизации, изолирующие полы и обувь) на человеке, находящемся в данном помещении, также может быть наведен электрический заряд. Потенциал этого заряда зависит от геометрических параметров человека, а точнее, от его электрической емкости, прямо пропорционален скорости движения ионизированного воздуха и обратно пропорционален подвижности аэроионов. При скорости ионизированного воздуха 0,5 м/с на человеке, со средним ростом 1,7 м и средней комплекции, может наводиться заряд, величина потенциала которого достигает 3 – 4 кВ. Это может приводить не только к неприятным болезненным ощущениям при прикосновении человека к заземленным предметам или предметам, обладающим значительной электрической емкостью, но и к возникновению наведенных электрических токов в теле человека из–за градиента потенциала между различными частями тела.

Как правило, в закрытом помещении вследствие незначительной влажности воздуха и наличия предметов, способных генерировать электростатические заряды (синтетика, шесть, мониторы компьютеров и т.д.), изначально присутствуют наведенные заряды, причем, как положительной, так и отрицательной полярности. При искусственной ионизации воздуха биполярная ионизация не вызывает дополнительного

усиления потенциалов зарядов одной из полярностей, но обеспечивает эффективную нейтрализацию уже наведенных ранее зарядов.

При небольших «природных» концентрациях 10 – 20 мкг/м^3 озон усиливает окислительно – восстановительные реакции в организме, оказывает мощное стимулирующее воздействие на антиоксидантную систему организма, улучшает обмен веществ в клетках. Озон действует намного лучше всякого рода синтетических иммуномодуляторов. Биологическое действие малых доз озона изучено не столь подробно, как аэроионов. Тем не менее, убедительно доказано, что озонирование подаваемого в закрытое помещение воздуха в концентрации 20 мкг/м^3 достоверно снижало количество жалоб личного состава на ощущение духоты, недостаток свежего воздуха, повышенную утомляемость; при этом достоверно улучшалось самочувствие, активность и настроение личного состава.

Экспериментально показано, что вдыхание воздуха, обогащенного озоном с концентрацией 55 мкг/м^3 (0,55 ПДК), в течение 5 минут у группы испытуемых (мужчины 18-32 лет) приводило, по сравнению с контрольной группой, дышавшей деозонированным воздухом, к снижению латентного периода двигательной реакции, увеличению мышечной выносливости кистей рук, повышению продолжительности и общей выносливости при работе на велоэргометре, активизации восстановительных процессов после физической нагрузки, в частности, к укорочению времени восстановления частоты сердечных сокращений.

При использовании АФК, как одного из важнейших параметров системы управления качеством воздушной среды в помещении, необходимо помнить, что положительное воздействие на организм ионов и озона возможно в том и только в том случае, если приточный воздух предварительно отфильтрован.

Необходимо заметить, что при искусственном озонировании воздуха должно обеспечиваться равномерное заполнение озоном объема всего помещения для того, чтобы гарантированно исключить накопление озона в отдельных зонах помещения выше уровня оптимально установленных концентраций.

Ввиду того, что техника очистки воздуха в вентиляционных системах развита достаточно хорошо на современном уровне, по – видимому, является целесообразным дооснащение вентиляционных систем специальными устройствами, обеспечивающими «природное» качество воздуха – ионизаторами и озонаторами. Именно по этому пути начинают идти некоторые ведущие зарубежные фирмы - производители кондиционеров и воздухоочистителей - LG, Panasonic и др.

Заключение

Малые «природные» концентрации легких аэроионов и озона, как компонентов природного чистого воздуха, оказывают на организм человека общеукрепляющее, тонизирующее действие, оптимизируя основные функциональные показатели состояния организма, особенно при выполнении повышенных физических и психоэмоциональных нагрузок. Использование искусственной ионизации и озонирования воздуха в закрытых помещениях с большим скоплением народа с целью нормализации и реактивации воздуха, лишенного активных форм кислорода, будет способствовать «оздоровлению» воздушной среды, благоприятному воздействию на организм, улучшению самочувствия при выполнении психофизических нагрузок.

УДК. 620.9

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Кисляк С.М., Сеначин П.К.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Как правило, вопрос о применимости напольного отопления решается только после полных расчетов теплопотерь зданий. Выполнение качественных проектов по малоэтажному индивидуальному строительству всегда ограничено финансовыми затратами. Ранее нами рассматривалась эта проблема, однако достаточно удобные формулы получены не были [1]. В данной статье предлагается методика быстрой оценки применимости напольного отопления без проведения точных расчетов.

Рассмотрим основные здания: площадь этажа $F_1=ab$, площадь пола всех этажей $F_{пол}=F_1N$ (где N - число этажей), h - высота этажа. Площадь боковых ограждающих конструкций $F_{бок}=\Pi hN$ (где $\Pi=2a+2b$). Площадь стен $F_{ст}=F_{бок}(1-k_{ос})$, где $k_{ос}$- коэффициент остекления здания.

Рассмотрим соотношение $F_1/\Pi=ab/(2a+2b)$. Считая, что величины a и b не сильно отличаются друг от друга (такое соотношение часто встречается в малоэтажном строительстве), воспользуемся теоремой о среднем двух близких величин - среднее гармоническое двух чисел равно их среднему геометрическому, то есть

$$2ab/(a+b)=\sqrt{ab}\ . \qquad (1)$$

Используя (1), получим

$$\Pi=4\sqrt{F_1}\ . \qquad (2)$$

Если обозначить $q_{от}$, Вт/м^2 – плотность теплового потока напольного отопления, а $q_{тп}=\Delta t/R$, Вт/м^2- плотность тепловых потерь через ограждающие конструкции, где $\Delta t=(t_{вн}-t_н)$- разность внутренней и наружной температур, а R– приведенное сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций, то тепловой поток системы отопления будет равен $Q_{от}=q_{от}F_{пол}$, а теплопотери через стены, потолок, пол и светопрозрачные конструкции будут соответственно:

$Q_{ст}=q_{ст}F_{ст}$, $Q_{пот}=q_{пот}F_{пот}$, $Q_{пол}=q_{пол}F_{пол}$, $Q_{ок}=q_{ок}F_{ок}$.

Значения сопротивлений ограждающих конструкций выберем согласно нормативным требованиям [2, 3], м^2/(Вт К):

$R_{ст}$=0,00035·ГСОП+1,4; $R_{пол}$=0,00035·ГСОП+1,4;

$R_{пот}$=0,00035·ГСОП+1,4; $R_{ок}$=0,62,

где ГСОП=$(t_{вн}-t_н)z$- градусосутки отопительного периода.

Используя уравнение теплового баланса

$Q_о=Q_{ст}+Q_{пот}+Q_{пол}+Q_{ок}+Q_{инф}-Q_{тв}$,

получим требования на среднее значение плотности теплового потока теплого пола $q_{от}$.

Значения потерь на инфильтрацию могут сильно отличаться, но при использовании современных стеклопакетов эта величина обычно меньше потерь на вентиляцию. Согласно требованию [2, 3] значения удельных вентиляционных потерь для жилых зданий $q_в$ определяются по табличным данным, которые можно представить в виде графической зависимости (рис. 1). Усредняя данные (рис. 1) получим зависимость

$$q_в=0{,}614-0{,}000801F_1\ ,\ \text{Вт/(м}^3\text{К)}\ . \qquad (3)$$

Потери тепла на вентиляцию определяются следующей зависимостью:

$$Q_в = q_в V_в (t_{вн} - t_{нв}) , \quad V_в = F_1 h N , \qquad (4)$$

где $t_{нв}$- расчетная наружная температура для вентиляции.

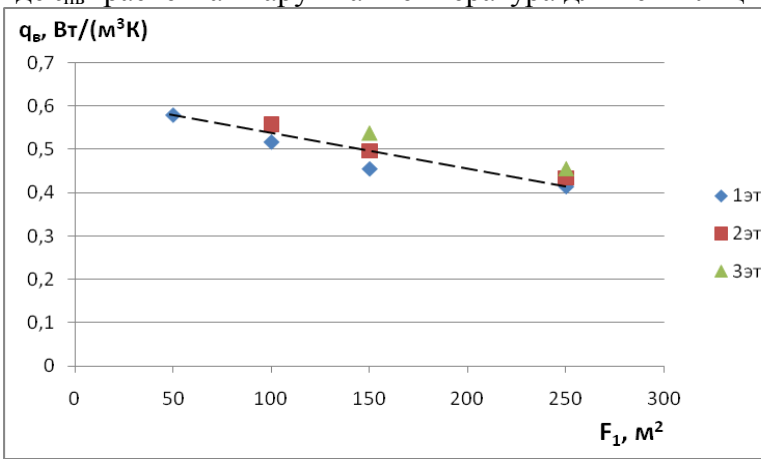


Рис. 1. Удельные нормируемые вентиляционные теплопотери

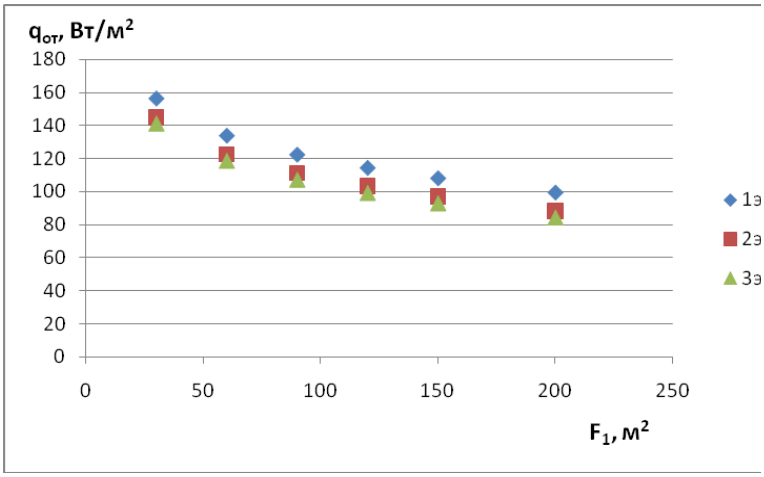


Рис. 2. Плотность теплового потока теплого пола в зависимости от площади основания здания

Рассмотрим случай $t_{вн}$=20°С, $t_н$= –36°С, h=3 м, $t_{ср}$= –7,7°С (Барнаул). Величину удельных тепловыделений примем $q_{тв}$=10 Вт/м^2 [2, 3]. Коэффициент остекления $k_с$=0,2. Тогда можно построить зависимость теплового потока системы отопления от площади основания здания для разного количества этажей (рис. 2).

Как видно из рис. 2 при выполнении требований по тепловой защите здания напольное отопление при $q_{от}$≈100 Вт/м^2 позволяет полностью компенсировать тепловые потери зданий с площадью основания F_1 более 100 м^2. Чем больше объем здания, тем менее жесткие требования к его теплоизоляции.

Для быстрых расчетов при выполнении нормативных требований плотность теплового потока для теплого пола можно оценить по формуле (зона Барнаула)

$$q_{от} = A / \sqrt[4]{F_1} , \ \text{Вт/м}^2 \qquad (5)$$

где A=369 Вт/м$^{3/2}$ для одноэтажных и A=335 Вт/м$^{3/2}$ для двух- и трехэтажных зданий.

Литература

1. Кисляк С.М., Сеначин П.К. К вопросу о применимости напольного отопления в индивидуальных домах // Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики (ЭЭТПЭ-2007): Матер. Всерос. научно-практ. конф. / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, 17-20 октября 2007 г.- Барнаул:
2. Тепловая защита зданий. СП 50.13330.2012.ОАО «Алтайский дом печати», 2007.- С. 53-55.
3. Bearzi V. Теплые полы. Теория и практика // АВОК №7/2005.

УДК. 628.8

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Мансуров Р.Ш., Мансуров А.Р.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный Университет, «Сибстрин»

Основной проблемой в современных жилых помещениях является низкое качество внутреннего воздуха, обусловленное в первую очередь значительным снижением воздухообмена необходимого по санитарно-гигиеническим требованиям. Снижение воздухообмена вызвано применением при строительстве зданий так называемых пластиковых окон, практически герметичных (воздухонепроницаемых) для осуществления инфильтрации (естественной вентиляции) наружного воздуха в помещение. Нарушение воздухообмена привело к значительному увеличению влажности (выше нормируемых значений) в холодный период года и к увеличению концентрации вредных выделений от различных полимерных материалов, используемых при изготовлении мебели, строительных материалов и бытовой техники.

Увеличение влажности в помещении вызывает ряд негативных процессов - это конденсация влаги на оконных откосах, на внутренней поверхности наружной стены и в её толще, а так же приводит к размножению болезнетворных микробов, как в воздухе помещения, так и в толще стены. Из-за конденсации водяных паров нарушается тепло-влажностный режим ограждающей конструкции, увеличиваются тепловые потери помещения, разрушаются строительные материалы.

Следовательно, приведение воздухообмена в жилых помещениях к нормативным значениям по санитарно-гигиеническим требованиям, что в конечном итоге благотворно скажется на состоянии здоровья людей, актуально.

Как уже было отмечено ранее, естественный неорганизованный воздухообмен в помещении невозможен из-за применения воздухонепроницаемых светопрозрачных ограждающих конструкций, т.е. пластиковых окон. Одним из вариантов решения озвученной выше проблемы является применение **Д**ецентрализованных **П**риточно-**В**ытяжных **С**истем **В**ентиляции (далее по тексту используется сокращение ДПВСВ) с рекуперативными или регенеративными теплообменниками.

Нами были проведены натурные испытания ДПВСВ с рекуперативными и регенеративными теплообменниками. Для оценки эффективности работы ДПВСВ были выбраны следующие критерии:

1. Основные энергетические показатели оценки эффективности работы ДПВСВ:

1.1 Коэффициент энергосбережения – отношение количества возвращённой ДПВСВ теплоты к количеству теплоты, которое требовалось бы затратить для нагрева наружного воздуха до температуры воздуха помещения.

1.2 Коэффициент энергетической эффективности – отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведённым в целях получения такого эффекта. Здесь данный показатель выражается как отношение возвращенной тепловой мощности, к электрической мощности, потребляемой при работе ДПВСВ.

1.3 Коэффициент теплопередачи – тепловой поток передаваемый через поверхность теплообмена (стенку), отнесённый к единице площади поверхности и

температурному напору в один градус между приточным (наружным) и вытяжным (внутренним) воздухом, Вт/(м^2·ºС).

1.4 Коэффициент эффективного использования поверхности теплообмена - отношение расхода воздуха к площади поверхности теплопередачи, (м^3/ч)/м^2. Показатель характеризует эффективность использования поверхности теплопередачи ДПВСВ.

2 Основные санитарно-гигиенические показатели оценки эффективной работы ДПВСВ:

2.1 Фактическая температура приточного воздуха – показатель, который сравнивается с минимально допустимым значением температуры приточного воздуха.

2.2 Фактическая скорость воздушной струи на входе в обслуживаемую зону – показатель, сравниваемый с нормативным значением скорости (подвижности) воздуха в обслуживаемой зоне.

2.3 Фактический уровень шума при работе ДПВСВ – данный показатель сравнивается с нормативным значением.

2.4 Фактический расход наружного воздуха – данный показатель сравнивается с нормативным значением.

3 Основные массогабаритные показатели ДПВСВ:

3.1 Коэффициент эффективного использования массы ДПВСВ - показатель характеризующий отношение расхода перемещаемого воздуха к массе ДПВСВ, (м^3/ч)/кг.

3.2 Коэффициент эффективного использования занимаемой площади – показатель характеризующий отношение расхода приточного воздуха к занимаемой площади на поверхности стены обслуживаемого помещения, необходимой для установки ДПВСВ, (м^3/ч)/м^2.

4 Основные ресурсные показатели ДПВСВ

Гарантийный срок эксплуатации и ремонтопригодность.

5 Основные эксплуатационные показатели ДПВСВ

Периодичность технических обслуживаний, удобство монтажа и демонтажа, сложность конструкции.

По анализу результатов испытаний на основе выдвинутых критериев можно сделать следующие основные выводы:

1. Основным недостатком для всех испытуемых образцов ДПВСВ является недостаточный перепад давления между помещением и улицей, при использовании осевых вентиляторов.

2. Следующим существенным недостатком является акустический шум, создаваемый вентилятором.

3. Недостаточная площадь поверхности теплообмена, что приводит к низким значениям показателей энергосбережения, энергетической эффективности, а также температуры приточного воздуха на выходе в помещение.

Исходя из результатов и анализа проведённых исследований, были разработаны рекомендации для разработки и производства нового образца ДПВСВ.

Литература

1. Мансуров Р.Ш., Костуганов А.Б., Мансуров А.Р. Энерго- и ресурсосберегающие децентрализованные приточно-вытяжные системы вентиляции. Сб. материалов всероссийской научно-практической конференции «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». - 17-20 декабря 2013. – Екатеринбург, УрФУ. -С.138-140.

УДК. 697-921.4

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ НАПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Низовцев М.И., Бородулин В.Ю., Летушко В.Н.
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Введение

Опыт эксплуатации многоквартирных и малоэтажных жилых зданий позволяет сделать вывод, что более чем 50% общих энергетических потерь может быть связано с потерями на вентиляцию и кондиционирование воздуха в зданиях с высоким уровнем теплоизоляции ограждающих конструкций [1]. В последние годы во многих странах активно проводятся исследования, направленные на сокращение энергозатрат на отопление и кондиционирование зданий [2-5].

Для организации энергосберегающей вентиляции в отдельных помещениях многоэтажных жилых или офисных зданий широкие возможности открывает применение воздушных регенераторов тепла и холода с периодическим изменением направления воздушного потока. В ряде работ [6, 7] приведены результаты исследований регенераторов с периодическим изменением направления воздушного потока через теплообменную матрицу, в качестве теплообменных матриц в них использовались засыпки из различных материалов. Такие аппараты, как правило, достаточно компактны, требуют для своей работы незначительной электрической мощности и обеспечивают потребности в энергосберегающей вентиляции отдельных помещений многоэтажных зданий. В данной статье представлены результаты экспериментального и расчетного исследования воздухо-воздушного регенеративного теплообменника с периодическим изменением направления воздушного потока, в котором в качестве теплообменного тела применена матрица из полипропилена с продольными мини-каналами.

Экспериментальный стенд и методика измерений

Экспериментальный стенд включал в себя установку вентиляционную рекуперативную канальную (рис. 1), измерительные датчики, компьютерную систему сбора и обработки информации. Установка состояла из регенеративной канальной насадки, реверсивного вентилятора и корпуса. Регенеративная насадка из полипропилена (рис. 2) состояла из двух блоков, которые располагались последовательно. Длина блоков была 60 мм и 120 мм, с наружным диаметром 198 мм. Размеры прямоугольных каналов насадки были 3,25 × 1,5 мм при толщине стенки между каналами 0,5 мм.

Для измерения температуры было установлено 8 хромель-копелевых термопар с диаметром проволоки 0,2 мм. Четыре термопары были расположены непосредственно в воздушных каналах насадки в сечениях: x/L = 0, 0.17, 0.33, 0.67, 1 (места установки условно показаны символом ● на рис.1, x–продольная координата). Дополнительно три термопары были заделаны внутрь стенки между каналами в сечениях x/L = 0, 0.33 и 1 (места установки показаны символом × на рис. 1). Термопары подключались к многоканальному аналого-цифровому преобразователю (ADC).

Температурные измерения проводились в двух режимах. В режиме “быстрого канала” измерения выполнялись через 50 мс в течение 300 секунд. В режиме “многоканальных измерений” за 6 секунд проводилось 20 измерений по каждому каналу, среднее значение температуры каждого канала фиксировалось в памяти

компьютера. В “многоканальном” режиме измерения продолжались 20-30 минут после выхода установки на рабочий режим.

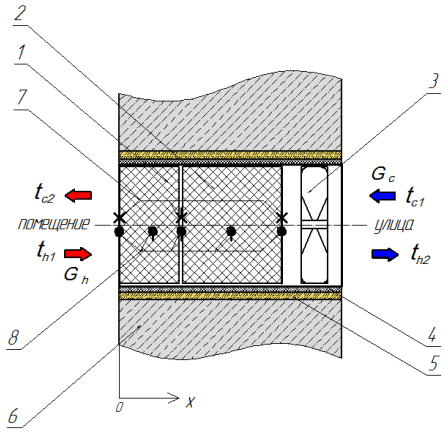


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1, 2 — канальная насадка; 3 — реверсивный вентилятор,
4 — корпус; 5 —теплоизоляция; 6 —стена здания;
7 — термопары насадки, 8 — термопары воздушные

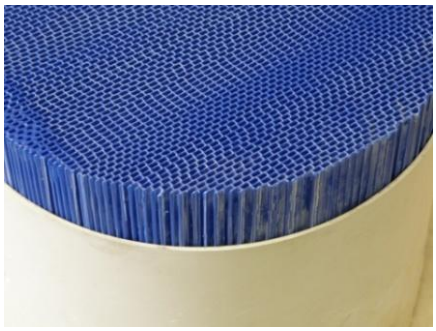
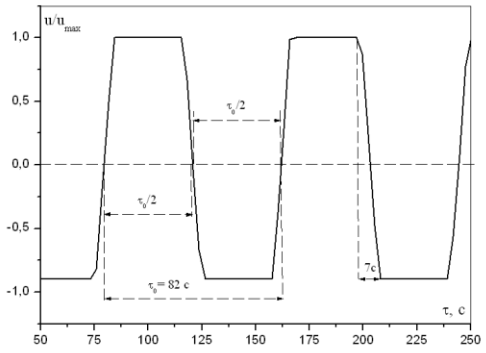


Рис. 2. Канальная насадка.

Измерения скоростей и расходов воздушных потоков через теплообменник были проведены в лабораторных условиях. Зависимость изменения относительной скорости u/u_{max}, где u – измеряемая скорость, а u_{max} – максимальная скорость через теплообменник, приведена на рис. 3. Время цикла работы реверсивного вентилятора τ_0 составляло 82 с, при этом половину времени цикла вентилятор вращался в одну сторону, формируя воздушный поток через канальную насадку определенного направления, а вторую половину цикла вентилятор вращался в другую сторону, создавая воздушный поток противоположного направления. При измерении скоростей воздушных потоков было обнаружено, что максимальная скорость воздушного потока в одном направлении превышала максимальную скорость в другом. Экспериментально были определены зависимости максимальных расходов воздушных потоков через насадку при вращении вентилятора в противоположных направлениях G_{1max} и G_{2max} от положения переключателя питания вентилятора n (рис. 4). Разница в расходах воздуха в зависимости от направления потока увеличивалась с 7 % до 20 % при увеличении среднего расхода через теплообменник с 23 м^3/час до 50 м^3/час. При установке теплообменника в стену здания он располагался таким образом, что расход воздуха из помещения через теплообменник превышал расход воздуха, поступающий через него в помещение.



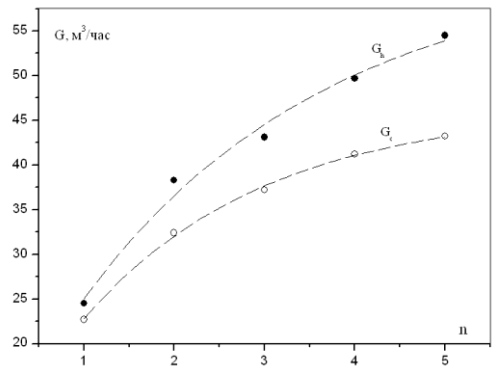


Рис.3. Изменение скорости воздушного потока. Рис.4. Изменение расходов воздушного потока.

Расчётная модель

Для описания работы воздухо-воздушного теплообменника с периодическим изменением направления воздушного потока была разработана расчетная модель, согласно которой регенеративная насадка представляет собой систему параллельных прямоугольных теплообменных каналов, отделенных друг от друга тонкими перегородками (рис. 5).

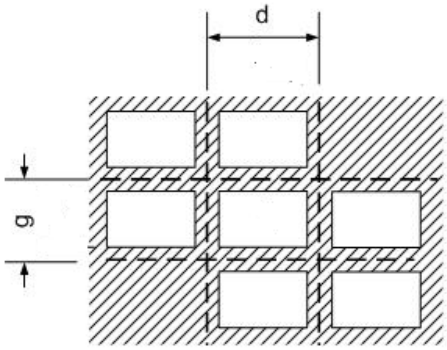


Рис. 5. Поперечное сечение регенеративной канальной насадки.

Из соображений симметрии принимается, что через границы, показанные на рисунке пунктиром, отсутствуют тепловые потоки, поэтому, при анализе теплообменных процессов можно было ограничиться рассмотрением одиночного канала. Фазовые превращения в расчетах не учитывались.

Уравнения переноса тепла в воздушном потоке при условии пренебрежения сжимаемостью и диссипативными эффектами можно записать в виде:

$$\rho_a c_a \cdot \left(\frac{\partial t_a}{\partial \tau} + \vec{u} \cdot \nabla t_a \right) = \lambda_a \cdot \Delta t_a + q, \qquad (1)$$

где q - плотность мощности источника тепла, ρ - плотность, c - теплоёмкость при постоянном давлении, λ - коэффициент теплопроводности, u - скорость потока, t - температура, индекс «а» указывает на принадлежность параметров воздуху.

Для оценки вкладов в общий теплообмен конвективного и молекулярного переноса используется число Пекле (Pe). Число Пекле рассматривается как величина, численно равная отношению количеств теплоты, передаваемых в потоке жидкости конвекцией и теплопроводностью. При малых значениях Pe в теплообмене будет преобладать молекулярная теплопроводность, а при больших значениях, наоборот, - конвективный перенос теплоты. Для рассматриваемых далее в экспериментах режимов течения воздуха оценка значения Pe даёт величину ~10^4. Поэтому можно считать, что вклад молекулярного переноса теплоты пренебрежимо мал, тогда в одномерном случае теплообмен в воздушном потоке будет описываться уравнением:

$$\rho_a c_a \frac{\partial t_a}{\partial \tau} + \rho_a c_a u \cdot \frac{\partial t_a}{\partial x} = q.$$

В канале обмен тепловой энергией осуществляется через поверхность, и в одномерном случае его можно моделировать с помощью источникового члена. Плотность тепловой мощности q такого источника запишем в виде:

$$q = \frac{Q}{S \cdot L}, \quad Q = -\alpha \cdot \Pi \cdot \Delta L \cdot \left(t_a - t_r \right),$$

где α – коэффициент теплоотдачи, определялся из (7); L - длина канала вдоль продольной оси, S –площадь сечения канала, а Π – его периметр, $(t_a - t_r)$ – разность

температуры воздуха и стенки канала в одном и том же сечении. Окончательно уравнение (1) для воздушного потока в канале можно записать в виде:

$$\frac{\partial t_a}{\partial \tau} + u \cdot \frac{\partial t_a}{\partial x} = -\frac{\alpha \cdot П \cdot (t_a - t_r)}{\rho_a \cdot c_a \cdot S}. \quad (2)$$

Тепловой баланс в стенке теплообменного канала запишем в виде уравнения теплопроводности с источниковым членом q:

$$\rho_r c_r \frac{\partial t_r}{\partial \tau} = \lambda_r \Delta t_r + q.$$

Здесь плотность мощности источника тепла q определялась аналогично предыдущему уравнению:

$$q = \frac{\alpha \cdot П \cdot (t_a - t_r)}{S_r},$$

где S_r – площадь поперечного сечения стенок канала.

О характере распределения температуры внутри стенок каналов насадки можно судить по числу Био (Bi), которое представляет собой отношение термического сопротивления стенки канала к термическому сопротивлению воздушного пограничного слоя на поверхности. Для рассматриваемых далее в экспериментах режимов течения воздуха $Bi \sim 0.05$. Это соответствует случаю $Bi \ll 1$ и тело можно считать термически тонким. Другими словами, распределение температуры в стенке канала будет определяться в основном теплообменом на поверхности. По сравнению с продольной координатой x производными по поперечным координатам можно пренебречь. Следовательно, уравнение теплопроводности для материала насадки в одномерной постановке будет иметь следующий вид:

$$\frac{\partial t_r}{\partial \tau} = \chi_r \frac{\partial^2 t_r}{\partial x^2} + \frac{\alpha \cdot П}{\rho_r \cdot c_r \cdot S_r} \cdot (t_a - t_r). \quad (3)$$

Дополним систему уравнений (2) и (3) граничными и начальными условиями. В краевых сечениях стенки канала считались теплоизолированными, поэтому:

$$\left.\frac{\partial t_r}{\partial x}\right|_{x=0} = \left.\frac{\partial t_r}{\partial x}\right|_{x=L} = 0. \quad (4)$$

Поскольку, операторная часть уравнения (2) соответствует гиперболическому уравнению переноса, то для замыкания необходимо задать только одно граничное условие со стороны правого или левого краевого сечения канала в зависимости от направления воздушного потока. Так, в случае, когда поток воздуха поступает в канал в сечении *x=0*:

$$t_a(x,\tau)\big|_{x=0} = t_{h1}(\tau),$$

в сечении *x=L*:

$$t_a(x,\tau)\big|_{x=L} = t_{c1}(\tau). \quad (5)$$

Переключение граничных условий происходит синхронно с изменением направления воздушного потока в установке.

Начальное распределение температуры воздуха и материала насадки принималось одинаковым:

$$t_r(x,\tau)\big|_{\tau=0} = t_a(x,\tau)\big|_{\tau=0} = f(x). \quad (6)$$

Для $\mathrm{Re}_d \sim 180$ длина гидродинамического начального участка l_0 при ламинарном течении в канале может быть оценена [8] по зависимости:

$$l_0 \sim 0.05 d \,\mathrm{Re}_d.$$

Тогда, для l_0 получаем значение около 0.02 м. Отношение длины начального участка к длине канала, составляет около 0.1. Так как, длина начального участка мала

по сравнению с длиной канала, $L = 0.18$ м, то число Нуссельта можно считать постоянным и соответствующим развитому течению в канале, при этом [8]:

$$Nu \approx 4 \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_r} \right)^{0.25},$$

где Pr_r - значение числа Прандтля для воздуха при температуре равной температуре стенки канала. Отсюда коэффициент теплоотдачи α:

$$\alpha = \frac{\lambda_a \cdot Nu}{d}. \qquad (7)$$

Решение системы уравнений (2) и (3) при граничных условиях (4) и (5) с начальным распределением температуры (6) получено конечно-разностным методом [9]. Разностные уравнения, которые аппроксимируют исходную дифференциальную систему, были записаны для равномерной координатной сетки. Вычисления для разных слоёв сетки по времени проводились методом простых итераций, при этом приближённое решение на каждом шаге итераций для уравнения переноса осуществлялось методом бегущего счёта, а для уравнения теплопроводности – методом скалярной прогонки. Разностная схема для уравнения переноса была построена по двухслойной неявной схеме на 3-х точечном шаблоне, а для уравнения теплопроводности использована двухслойная неявная схема на 4-х точечном шаблоне. Результирующая скорость сходимости соответствовала первому порядку точности.

Результаты экспериментов и расчётов

В ходе выполнения экспериментов были проведены измерения температуры воздуха и насадки с течением времени в разных сечениях при различных расходах воздуха. На рис. 6 в качестве примера приведены результаты измерений в режиме “быстрого канала” изменения температуры воздуха в сечениях канальной насадки *x/L* = 0, 0.67, 1 (отсчет координаты *x* от поверхности насадки со стороны помещения согласно рис. 1, при температуре воздуха на улице t_{c1} = - 23 °С и температуре воздуха в помещении t_{h1} = +22 °С при среднем расходе воздуха через теплообменник 51 м^3/час. Средний расход воздуха определялся, как $G = (G_h+G_c)/2$. На рис. 6 сплошными линиями приведены результаты расчетов температуры воздуха по предложенной методике расчета. Видно достаточно хорошее не только качественное, но и количественное согласование результатов расчетов и экспериментов.

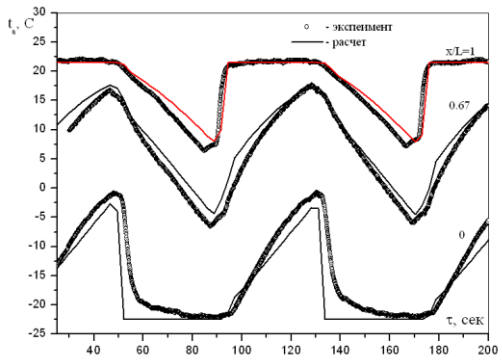


Рис. 6. Изменение температуры воздуха в различных сечениях насадки.

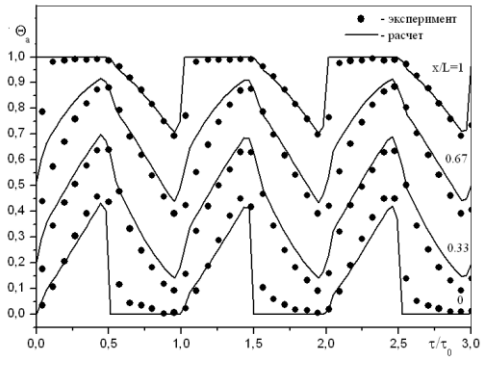


Рис. 7. Изменение относительной температуры воздуха в различных сечениях насадки.

Для анализа удобно рассмотреть изменение температуры воздуха или материала насадки в безразмерном виде:

$$\theta_i = \frac{t_i - t_{c1}}{t_{h1} - t_{c1}}, \quad (8)$$

где индекс *i* заменяется на «*a»* для воздушного потока или - на «*r»* для материала насадки.

Изменение безразмерной температуры воздуха в различных сечениях насадки в режиме “многоканальных измерений” показано на рис. 7, здесь и далее условия проведения эксперимента соответствуют условиям, описанным ранее для рис .6. Режим «многоканальных измерений» в отличие от режима «быстрого канала» позволял одновременно проводить измерения по всем каналам, хотя и с меньшей частотой, что оказалось более удобным при измерениях. Линиями на рис. 7 приведены результаты численных расчетов по разработанной модели, получено удовлетворительное согласование расчетных и экспериментальных результатов. Из данных, представленных на рисунке в крайних сечениях канальной насадки со стороны помещения и со стороны улицы в изменениях температуры можно выделить три участка: первый участок относительно стабильной температуры, второй участок плавного изменения температуры и третий короткий по времени резкого изменения температуры. В центральных сечениях насадки временные профили изменения температуры воздуха имели более симметричную форму.

На рис. 8 приведены результаты изменения безразмерных температур материала насадки с течением времени в разных сечениях.

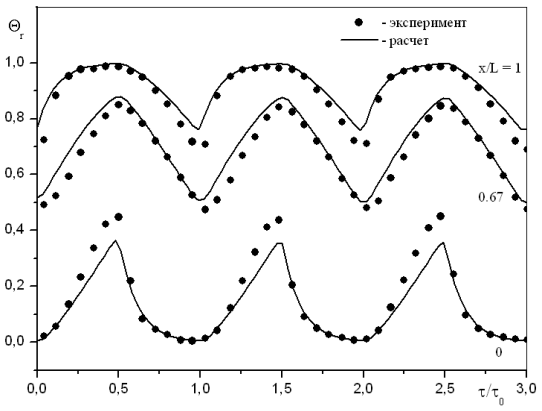


Рис. 8. Изменения относительных температур материала насадки в разных сечениях.

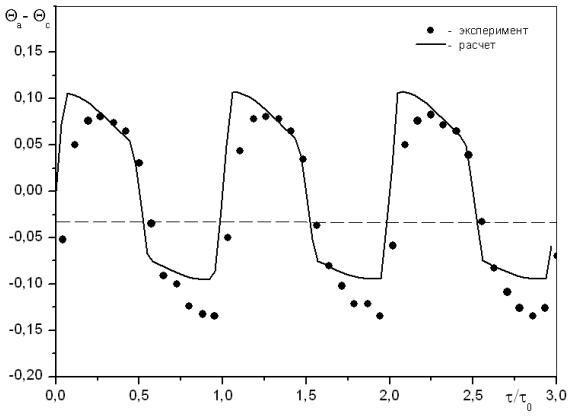


Рис .9. Разница относительных температур воздуха и насадки в сечении x/L = 0.67.

Из представленных результатов следует, что температура материала насадки, как и температура воздуха в ее каналах, изменялась согласно периоду работы реверсивного вентилятора, при этом разница температуры насадки и воздуха определяла направление и величину теплопереноса. Результаты эксперимента и расчета разницы безразмерной температуры воздуха и материала насадки в одном из внутренних сечений (x/L = 0.67) показаны на рис. 9. Данные расчета и эксперимента подтверждают, что половину периода работы реверсивного вентилятора температура воздушного потока в данном сечении была больше температуры материала насадки, и таким образом тепло передавалось от потока к насадке. В течение следующего полупериода температура материала насадки была меньше температуры потока, и воздушный поток забирал тепло аккумулированное насадкой в предыдущий полупериод.

Эффективность работы теплообменника можно определить [10], как $\varepsilon = W/W_{max}$, где W – тепловая мощность, при $W = W_h$ - тепловая мощность, аккумулируемая насадкой при движении воздушного потока через теплообменник на улицу, и $W = W_c$ – тепловая мощность нагрева насадкой воздушного потока при его поступлении в помещение. W_{max} –максимально возможная мощность, $W_{max} = (c\rho u)_{min}(t_{h1}-t_{c1})$, где $(c\rho u)_{min}$ – минимальное из $(c\rho u)_h$ и $(c\rho u)_c$. Таким образом, эффективность:

$$\varepsilon = \frac{(c\rho u)_c}{(c\rho u)_{\min}} \times \frac{t_{c2}-t_{c1}}{t_{h1}-t_{c1}} = \frac{(c\rho u)_h}{(c\rho u)_{\min}} \times \frac{t_{h1}-t_{h2}}{t_{h1}-t_{c1}} = \frac{c\rho u}{(c\rho u)_{\min}} \times \varepsilon_t , \qquad (9)$$

где ε_t – температурная эффективность.

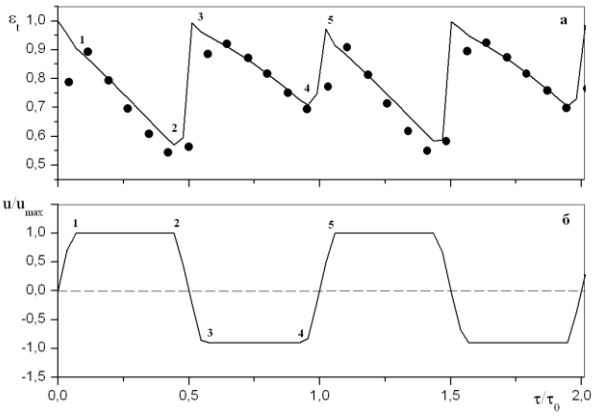


Рис. 10. Изменение температурной эффективности (а), относительной скорости (б).

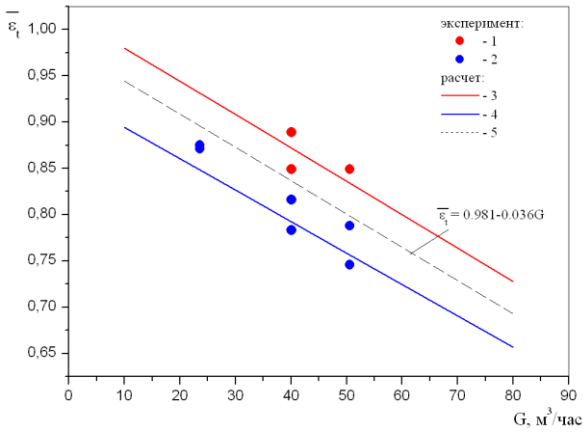


Рис. 11. Зависимость средней температурной эффективности от расхода воздуха: при G_c/G_h= 0.9: поток с улицы 1-эксперимент, 3-расчет; поток из помещения 2-эксперимент, 4- расчет; при G_c/G_h=1: 5-расчет.

На (рис. 10а) приведены результаты расчетов и экспериментального определения локальной температурной эффективности за время работы теплообменника равное 2 циклам реверсивного вентилятора, а на (рис. 10б) показано соответственное изменение относительной скорости воздушного потока. На участке 1 - 2 (рис. 10б) u/u_{max} = 1, воздушный поток был направлен из помещения на улицу, и температурная эффективность постепенно снижалась (рис. 10а). На следующем этапе вентилятор переключился на вращение в другую сторону, что привело к резкому увеличению температурной эффективности. После этого воздушный поток вновь стабилизировался, но уже был направлен с улицы в помещение при этом u/u_{max} = - 0.9, что привело на участке 3 - 4 к постепенному снижению температурной эффективности. Снижение температурной эффективности на участке 1 - 2 было более значительным, чем на участке 3 – 4, что было связано с дисбалансом в расходах воздушных потоках при разных направлениях вращения вентилятора.

Зависимости средней температурной эффективности от среднего расхода воздуха через теплообменник, полученные из результатов экспериментов и расчетов, представлены на рис. 11. Из приведенных на рисунке данных следует, что средняя температурная эффективность была выше при поступлении воздушного потока с улицы, чем при обратном его движении, что было связано, как отмечалось ранее, с дисбалансом его расходов. Таким образом, изменяя соотношение расходов G_h/G_c, можно менять температурную эффективность и влиять на среднюю температуру воздуха, поступающего в помещение. Следует отметить, что средняя температурная

эффективность увеличивается практически линейно с уменьшением среднего расхода воздуха. На рисунке пунктирной линией показана зависимость расчетной средней температурной эффективности от расхода воздуха при сбалансированных воздушных потоках через теплообменник.

С использованием (9) была определена зависимость средней эффективности работы теплообменника с периодическим изменением направления воздушного потока от среднего расхода воздуха (рис. 12). Средняя эффективность работы теплообменника линейно увеличивалась с уменьшением среднего расхода.

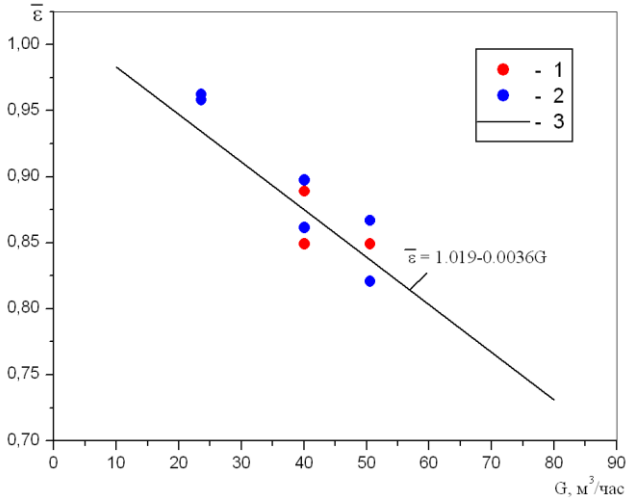


Рис. 12. Средняя температурная эффективность при G_c/G_h= 0.9: 1 - поток с улицы, эксперимент; 2 - поток из помещения, эксперимент; 3 - расчет.

Исследования воздухо-воздушного теплообменника с канальной насадкой и периодическим изменением направления скорости воздушного потока показали его высокую эффективность. Например, при среднем воздушном потоке 50 м^3/час эффективность составляла 0.84. Результаты определения средней эффективности теплообменника с дисбалансом расхода 0.9 в диапазоне расходов 10-80 м^3/час удовлетворительно описывались расчетной зависимостью:

$$\bar{\varepsilon} = 1.019 - 0.0036\bar{G}\,. \qquad (10)$$

Оценим экономическую эффективность использования рассматриваемого регенератора тепла вентиляционного воздуха с периодическим изменением направления воздушного потока для энергосберегающей вентиляции жилого или офисного помещения в отопительный период года при следующих исходных данных. Стоимость регенеративной вентиляционной установки производительностью 50 м^3/ч составляет 20 тыс. руб. В условиях г. Москвы (Российская Федерация) за среднюю продолжительность отопительного периода принимают 214 суток при средней температуре отопительного периода -3.1ºС. Полагаем, что регенеративная вентиляционная установка работает 12 часов в сутки при эффективности 0.84. Следовательно, если температура воздуха в помещении поддерживается около +21°С, то за отопительный период будет извлечено из удаляемого из помещения воздуха и пойдет на нагрев входящего в помещение воздуха 864 kWh (мощность составляет 240 W). При стоимости электроэнергии 4.2 руб/kWh установка окупается за 5.5 лет эксплуатации. В более суровых условиях г. Новосибирска срок окупаемости составит 3.5 года.

Следует отметить, что при оценке экономической эффективности эксплуатации регенеративной установки с периодическим изменением направления воздушного потока принималось во внимание только ее работа в холодный период года для снижения энергозатрат на нагрев вентиляционного воздуха. Однако, в теплый период

года данная установка может эффективно быть использована для снижения затрат энергии на охлаждение вентиляционного воздуха и предотвращения перегрева помещений, что может привести к существенному сокращению реального срока ее окупаемости.

Заключение

Экспериментально исследована эффективность воздухо-воздушного теплообменника с периодическим изменением направления воздушного потока с насадкой канального типа. Определена зависимость эффективности работы теплообменника от среднего расхода воздушного потока. Показано, что она линейно увеличивается с уменьшением расхода. Получена эффективность теплообменника 0.84 при среднем расходе воздуха 50 $м^3$/час. Показано, что изменением соотношения расходов воздуха противоположного направления через теплообменник можно регулировать температуру воздуха поступающего в помещение.

Предложена расчетная модель воздухо-воздушного теплообменника с периодическим изменением направления воздушного потока. Модель основана на численном решении системы уравнений баланса тепла воздушного потока и материала канальной насадки. Результаты расчетов по предложенной модели удовлетворительно совпадали с результатами экспериментальных исследований, что подтверждает ее корректность. В дальнейшем предполагается использовать данную расчетную модель для оптимизации геометрических и режимных параметров воздухо-воздушных теплообменников с периодическим изменением направления воздушного потока.

В результате оценки экономической эффективности использования регенеративной вентиляционной установки для энергосберегающей вентиляции жилых и офисных помещений в отопительный период года получены сроки ее окупаемости: 3.5 года в климатических условиях г. Новосибирска и 5.5 лет для условий г. Москвы.

Литература

1. Roulet C.A., Heidt F.D., Foradini F., Pibiri M.C. Real heat recovery with air handling units// Energy and Buildings. 2001, Vol. 33, P. 495–502.
2. Hughes B.R, Chaudhry H.N, Calautit J.K. Passive energy recovery from natural ventilation air streams// Applied Energy. 2014, Vol. 113, P. 127–140.
3. Ramponi R, Angelotti A, Blocken B. Energy saving potential of night ventilation: sensitivity to pressure coefficients for different European climates// Applied Energy. 2014, № 123, P. 185–95.
4. Haniff M.F, Selamat H, Yusof R, Buyamin S, Ismail F.S. Review of HVAC scheduling techniques for buildings towards energy-efficient and costeffective operations// Renew Sustain Energy Rev. 2013, Vol. 27, P. 94–103.
5. Низовцев М. И. Экспериментальное исследование динамических и тепловых характеристик дискового вентилятора-регенератора тепла вентиляционного воздуха// Известия Вузов. Строительство. 2007, № 10, С. 46–50.
6. Yang C.M, Chen S.I., Chen S.L. Energy-efficient air conditioning system with combination of radiant cooling and periodic total heat exchanger// Energy. 2013, Vol. 59, P. 467–477.
7. Yu.I. Aristov, I.V. Mezentsev, V.A. Mukhin.A new approach to regenerating heat and moisture inventilation systems//Energy and Buildings. 2008, Vol. 40, P. 204–208.
8. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи; Москва: Энергия, 1977, 344 с.
9. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. Москва: Наука, 1989. 430 с.
10. W.M. Kays, A.L. London, Heat Exchanger Thermal and Pressure-Drop Design. Compact Heat Exchangers; McGraw-Hill Book Company, Stanford, 1984. P. 16–20.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 14-19-00402

УДК 697.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕПЛОГО ПОЛА «ГРЕЮЩИЙ КАБЕЛЬ»

Низовцев М.И., Бородулин В.Ю., Летушко В.Н.
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

Введение

В связи с повышением требований к теплозащитным характеристикам ограждающих конструкций зданий и применению энергосберегающих систем вентиляции энергозатраты на отопление помещений снижаются, и появляется возможность в качестве основных отопительных систем применять панельно-лучистые. Ранее они традиционно использовались, как дополнительные к обычным системам отопления для создания комфортных условий в помещениях [1]. Наиболее важное преимущество данных систем заключается в том, что они позволяют получить более равномерное распределение в помещении температуры воздуха и внутренних поверхностей по сравнению с традиционными системами отопления [2].

Греющие элементы панельно-лучистой системы отопления могут располагаться на на полу, потолке или на стенах, однако, наибольшее распространение получила система напольного отопления [3]. Она создает наиболее комфортные условия, так как при ее применении на уровне ступней ног человека температура воздуха оказывается на 3–5 градусов выше, чем на уровне головы. Такое распределение температуры является более естественным для организма человека [4].

По типу источника тепла напольные системы отопления делятся на два основных вида: электрические и водяные [5]. В настоящее время в качестве греющих элементов в теплых полах используются греющие кабели, нагревательные маты, ИК-пленки, трубки “XL-PIPE”. В статье будут приведены результаты экспериментальных и расчетных исследований тепловых и энергетических параметров электрического теплого пола типа “греющий кабель”.

Математическая модель кабельного теплого пола

Укладка греющего кабеля теплого пола осуществляется с определенным шагом, например, как показано на рис. 1. Регулярная укладка кабеля по полу позволяет выделить для изучения отдельную ячейку с шагом L_x, равным шагу укладки греющего кабеля.

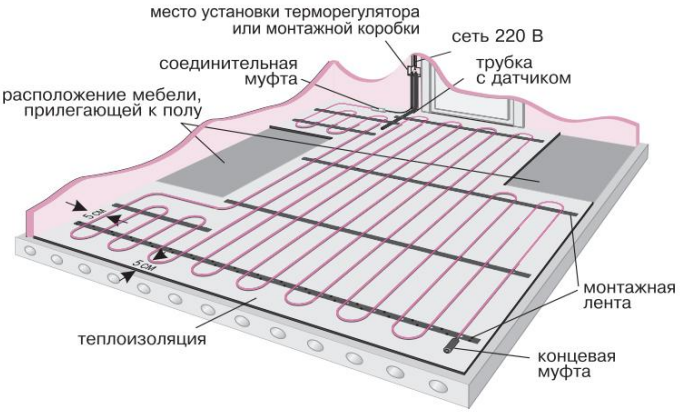


Рис. 1. Схема укладки греющего кабеля.

Греющий кабель в такой ячейке размещен в плоскости симметрии внутри слоя стяжки (рис. 2). В непосредственной близости от кабеля расположен температурный датчик, с помощью которого регулируется включение и отключение подачи напряжения питания на теплый пол. Теплый пол с греющим кабелем, рассматриваемый в работе, представлял собой слоистую структуру из различных материалов (рис. 2), размещенную на поверхности межэтажной плиты перекрытия в следующей последовательности: утеплитель, греющий электрический кабель, цементно-песчаная стяжка, которая защищает кабель от механических повреждений, а также способствует равномерному распределению тепла, и слой наружного покрытия.

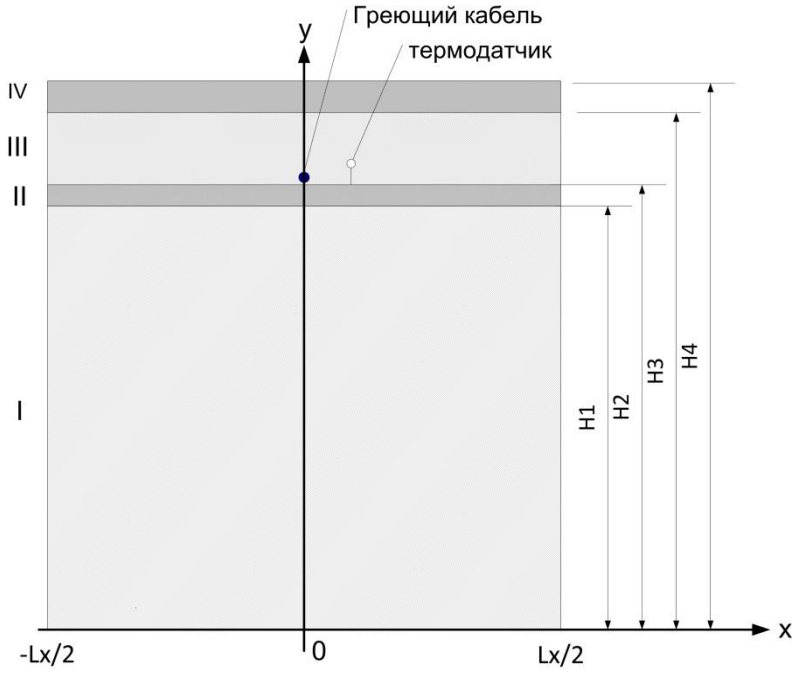


Рис. 2. Конструкция тёплого пола. I-плита перекрытия, II-слой утеплителя, III- цементно-песчаная стяжка с греющим кабелем, IV- слой линолеума.

Малый диаметр греющего кабеля по сравнению с толщинами слоев материалов позволял пренебречь его поперечными размерами и рассматривать его в качестве точечного источника. Характеристикой режима работы кабеля является мощность тепловыделений на единицу длины кабеля q:

$$q = \frac{W}{L_{cab}},$$

где W - мощность кабеля, L_{cab} - длина кабеля. Мощность тепловыделений является функцией времени t, поэтому уравнение, для описания тепловых процессов в слое цементно-песчаной стяжки (III) можно записать в виде:

$$\rho_3 c_3 \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_3 \Delta T + q(t) \cdot \delta(x - x_s) \cdot \delta(y - y_s),$$

где ρ_3, c_3, λ_3 плотность, удельная теплоемкость и теплопроводность стяжки, x_s, y_s - координаты источника. Для других слоёв можно записать:

$$\rho_i c_i \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_i \Delta T,$$

где ρ_i, c_i, λ_i плотность, удельная теплоемкость и теплопроводность i-го слоя, исключая стяжку. Таким образом, теплообмен тёплого пола описывается системой из трех однородных уравнений теплопроводности и одного с точечным источником. Уравнения системы связаны между собой граничными условиями, которые выражаются в равенстве на горизонтальных плоскостях при $y = H1$, $H2$, $H3$ температур и тепловых потоков. Для вертикальных граничных плоскостей при $x = -\frac{L_x}{2}$ и $x = \frac{L_x}{2}$ из соображений симметрии задавались адиабатные граничные условия в виде равенства нулю тепловых потоков. На наружных поверхностях принимались граничные условия 2-го рода в форме закона Ньютона-Рихмана. Таким образом, в двумерной постановке система уравнений записывалась в виде:

$$\rho_1 c_1 \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_1 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \text{ при } -L_x/2 \le x \le L_x/2,\ 0 \le y < H_1,$$

$$\rho_2 c_2 \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_2 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \text{при } -L_x/2 \le x \le L_x/2,\ H_1 \le y < H_2$$

$$\rho_3 c_3 \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_3 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) + q(t)\cdot\delta(x - x_S)\cdot\delta(y - y_S) \text{ при}$$
$$-L_x/2 \le x \le L_x/2,\ H_2 \le y < H_3,$$

$$\rho_4 c_4 \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_4 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \text{при } -L_x/2 \le x \le L_x/2,\ H_3 \le y < H_4$$

Граничные условия: а) на правой и левой границе ячейки пола для всех четырёх слоёв

$$\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0} = \left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=L_X} = 0;$$

б) на линиях сопряжения слоёв J и $J+1$ для значений $J = 1,2,3$

$$T^{(J)}(x,y)\Big|_{y=H_J} = T^{(J+1)}(x,y)\Big|_{y=H_J},$$

$$\left.\frac{\partial T^{(J)}}{\partial y}\right|_{y=H_J} = \left.\frac{\partial T^{(J+1)}}{\partial y}\right|_{y=H_J},$$

где $T^{(J)}$ - поле температуры в J слое;

в) на наружных поверхностях при $y = 0$ и при $y = H_4$

$$-\lambda_1 \left.\frac{\partial T^{(1)}}{\partial y}\right|_{y=0} = \alpha\cdot\left(T^{(1)}(x,y) - T_a\right)\Big|_{y=0},$$

$$-\lambda_4 \left.\frac{\partial T^{(4)}}{\partial y}\right|_{y=H_4} = \alpha\cdot\left(T^{(4)}(x,y) - T_a\right)\Big|_{y=H_4},$$

где α - коэффициент теплоотдачи, T_a - температура окружающей среды.

При приведении уравнений и граничных условий к безразмерному виду в качестве пространственного масштаба L_{00} выбиралось среднее геометрическое значение толщин слоёв. Масштаб времени τ_{00j} для каждого j-го слоя определялся отношением квадрата толщины слоя к его температуропроводности. В качестве

окончательного значения τ_{00} для всей задачи выбиралось минимальное из этих времён, за масштаб температуры T_{00} принималась температура окружающей среды.

Решение разностной задачи осуществлялось на равномерной прямоугольной сетке с помощью неявной локально-одномерной схемы [6]. Каждому слою, который не содержал источника, соответствовала разностная система:

$$\frac{\tilde{T}_{ij} - T_{ij}}{\tau} = A_1 \cdot \frac{\tilde{T}_{i+1,j} - 2\tilde{T}_{ij} + \tilde{T}_{i-1,j}}{h_x^2},$$

$$\frac{T_{ij}^{n+1} - \tilde{T}_{ij}}{\tau} = A_1 \cdot \frac{T_{i,j+1}^{n+1} - 2T_{ij}^{n+1} + T_{i,j-1}^{n+1}}{h_y^2}.$$

В этих уравнениях индексы обозначали следующее: i -индекс по x- координате, j - по y – координате, n - номер слоя по времени. Символ «~»указывал, что значение параметра бралось на промежуточном временном слое. Для слоя материала, содержащего источник, в правых частях уравнений добавлялись источниковые члены:

$$\overline{q} = \frac{q(t_j)\tau_{00}}{2\rho_3 c_3 T_{00} L_{00}^2} \cdot \delta(\overline{x}) \cdot \delta(\overline{y} - \overline{y}_S) \quad \text{и} \quad \overline{q} = \frac{q(\tilde{t})\tau_{00}}{2\rho_3 c_3 T_{00} L_{00}^2} \cdot \delta(\overline{x}) \cdot \delta(\overline{y} - \overline{y}_S),$$

здесь $\tilde{t} = t^{j+1/2}$ значение t на промежуточном временном слое, $\overline{x}$, $\overline{y}$ -безразмерные пространственные координаты, $\overline{y}_S$ - $\overline{y}$ координата источника. Для моделирования δ - функций использовались формулы

$$\delta(\overline{x}) = \varepsilon_{i0} \cdot \frac{1}{h_X},$$

$$\delta(\overline{y} - \overline{y}_S) = \varepsilon_{jS} \cdot \frac{1}{h_Y},$$

где h_X, h_Y -шаги пространственной сетки по соответствующим осям, ε_{nk} - символ Кронекера, индекс i пробегает значения по оси $\overline{x}$, индекс j - по оси $\overline{y}$, индекс s - индекс координаты источника по оси $\overline{y}$.

Условия равенства температур и тепловых потоков на линиях сопряжения слоёв с первым порядком точности приводило к записи:

$$T_{iN_Y}^{(J)} = T_{i0}^{(J+1)} = T_i^*,$$

$$\lambda_J \frac{T_i^* - T_{i,N_Y-1}^{(J)}}{h_Y} = \lambda_{J+1} \frac{T_{i1}^{(J+1)} - T_i^*}{h_Y}.$$

Здесь T_i^* -температура на границе между слоями, $T_{ij}^{(J)}$ - температура для J-го слоя, N_Y - индекс самого крайнего узла по оси у в верху слоистой системы пола. На самом верхнем и самом нижнем слое граничные условия записывались в виде:

$$\frac{T_{i1}^{n+1} - T_{i0}^{n+1}}{h_Y} = Bi_1 \cdot (T_{i0}^{n+1} - T_{\text{int}}),$$

$$-\frac{T_{iN_Y}^{n+1} - T_{i,N_Y-1}^{n+1}}{h_Y} = Bi_2 \cdot (T_{iN_Y}^{n+1} - T_{\text{int}}).$$

Здесь T_{int} - температура окружающей среды, числа Био Bi_1 и Bi_2 определялись обычным образом, как $Bi = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda}$ и относились к нижнему и верхнему слоям.

В начальный момент времени принималось, что температура всех элементов пола была одинакова и была равна температуре окружающей среды T_{int} .

Задание теплового режима осуществлялось с помощью терморегулятора системы теплого пола. Устанавливались пороговые значения температурного датчика теплого пола. Первый порог – температура T_{on}, при которой происходило включение греющего кабеля. Второй порог – температура T_{off}, при которой происходило выключение греющего кабеля. При этом соблюдается требование $T_{off} > T_{on}$. Таким образом, нагрев пола осуществлялся тогда, когда для температуры датчика обратной связи T_{ts} выполнялось условие: $T_{on} < T_{ts} < T_{off}$.

Расчет задачи по данной схеме осуществлялся методом прогонки. Погрешность вычислений из-за упрощения записи граничных условий имела первый порядок точности. Характеристики материалов (табл.1), принятые для расчётов, соответствовали характеристикам материалов в экспериментальных исследованиях данной работы.

Таблица 1. Характеристики материалов

№ слоя	Наименование материала	Плотность, кг/м^3	Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·м^3)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Толщина, мм
1	Железобетон (пуст. плита)	1364	840	1.32	220
2	Вспененный полиэтилен	30	1800	0.039	2
3	Цементно-песчаная стяжка	1800	840	0.76	50
4	Линолеум	1600	1470	0.33	3

При расчетах все параметры выбирались максимально приближенными к условиям экспериментов. В качестве температуры воздуха в помещении и начальной температуры всех материалов пола было принята температура +20 °С. Коэффициент теплоотдачи на поверхности пола и низа плиты перекрытия принимался 8.7 Вт/(м^2·°С). Моделирование работы пола осуществлялось в температурном диапазоне термодатчика от + 28 °С до +30 °С. При достижении +30 °С в окрестности греющего кабеля происходило отключение источника электроснабжения пола, а при +28 °С - наоборот его включение. Термодатчик был установлен в горизонтальном сечении кабеля в 16 мм от него. Плотность мощности источника на единицу длины греющего кабеля составляла 16.9 Вт/м из расчёта полной мощности кабеля 2372 Вт при его длине 140 м.

Теплотехнические испытания кабельного теплого пола

Электрический кабельный теплый пол модели DW140C был смонтирован для проведения теплотехнических испытаний в одном из офисных помещений ИТ СО РАН специалистами ООО “Дэу Энертек Рус”. Схема расположения греющего кабеля на полу комнаты показана на рис. 3. Кабель длиной 140 м, омическим сопротивлением 20.4 Ом подключался к сети переменного тока напряжением 220 В, мощность кабеля составляла

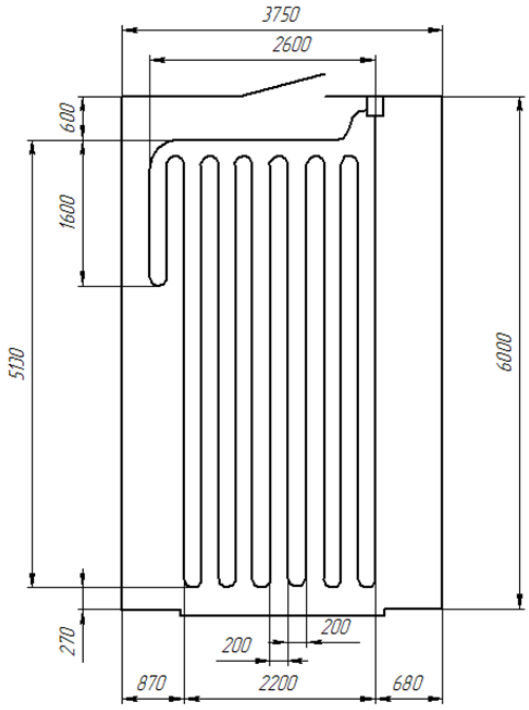


Рис. 3.Схема расположения греющего кабеля.

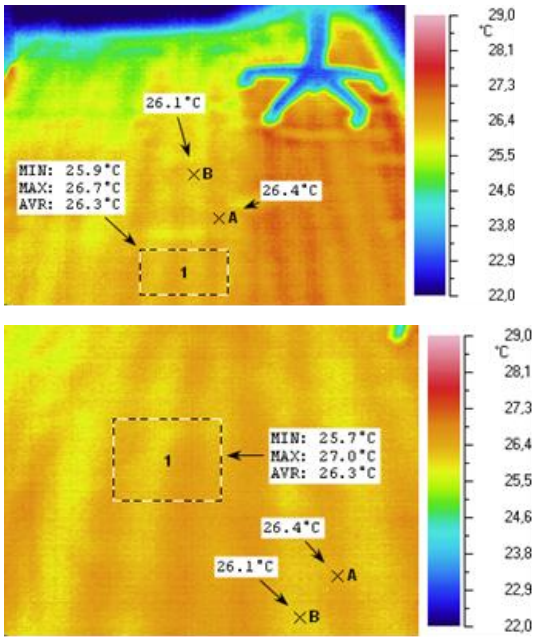


Рис. 4. Термограммы поверхности пола.

2372 Вт. Площадь поверхности пола, занятая кабелем, по краям зоны его укладки была 12.7 м^2 при общей площади пола комнаты 22.5 м^2. Электропитание на греющий кабель подавалось через терморегулятор UTH-90, термодатчик которого устанавливался непосредственно вблизи греющего кабеля.

Греющий кабель устанавливался на слое “Пенотерм НПП ЛП” толщиной 3 мм. Греющий кабель заливался слоем цементно-песчаной стяжки толщиной 50 мм, сверху был слой линолиума толщиной 2 мм.

Во время работы теплого пола батарея отопления в комнате отключалась. На регуляторе датчика температуры теплого пола устанавливалось значение температуры 32ºС, что обеспечивало поддержание температуры воздуха в помещении 20 - 21ºС.

При измерениях использовалось следующее оборудование:

- электросчетчик ЭСО – 07М для измерения расхода электроэнергии при работе теплого пола,
- термодатчик включения теплого пола с запоминающим устройством,
- тепловизионная камера “NEC TH7102” для фиксации распределения температуры на поверхности теплого пола,
- датчики температур и тепловых потоков, подключаемые к персональному компьютеру через аналого-цифровой преобразователь “TERMOLAB”.

В качестве датчиков для измерения температуры воздуха в помещении использовались хромель–капелевые термопары из проволоки ø 0.2 мм, они устанавливались в две линии: одна линия – в центре помещения, другая линия – на расстоянии 0.5 м от окна. В каждой линии было 4 датчика на высоте от пола 100 мм, 600 мм, 1700 мм. и 100 мм от потолка. Датчики температур и тепловых потоков устанавливались на полу для измерения температур и тепловых потоков на поверхности пола. В качестве датчиков тепловых потоков применялись термоэлектрические биметалические преобразователи тепловых потоков типа

вспомогательной стенки ø 20 мм и толщиной 2 мм. Одна из термопар была выведена на улицу для измерения температуры воздуха на улице.

Измерения температур и тепловых потоков проводились непрерывно в многочасовом режиме по следующему алгоритму: в течение 3 минут выполнялось 75 измерений и среднее значение фиксировалось в памяти компьютера, в результате за 1 час накапливалось 20 значений измеряемой величины с каждого датчика температур и тепловых потоков. Одновременно измерялся и периодически фиксировался расход электроэнергии теплого пола.

С применением тепловизионной камеры “NEC TH7102” проводилась фиксация распределения температуры поверхности теплого пола в различные моменты его работы. Перед выключением теплого пола на его поверхности над местами расположения кабеля фиксировались зоны с наиболее высокими температурами поверхностей (рис. 4), однако, неравномерность температурного поля греющей поверхности пола была незначительной и не превышала 0.5 - 1ºС.

Результаты расчетов и испытаний кабельного теплого пола

Ряд результатов расчетов и испытаний кабельного теплого пола приведены на рис.5 – рис.16. На рис. 5. показано изменение относительного напряжения на греющий кабель u/u_0, где u_0 = 220 В, напряжение питания в сети. Из результатов расчета следует, что в начальный период времени, около 2 часов, греющий пол работал непрерывно без отключений, происходил его разогрев, а затем он начал периодически отключаться. С течением времени период, в течение которого теплый пол находился в отключенном состоянии, увеличивался, а период его работы соответственно сокращался.

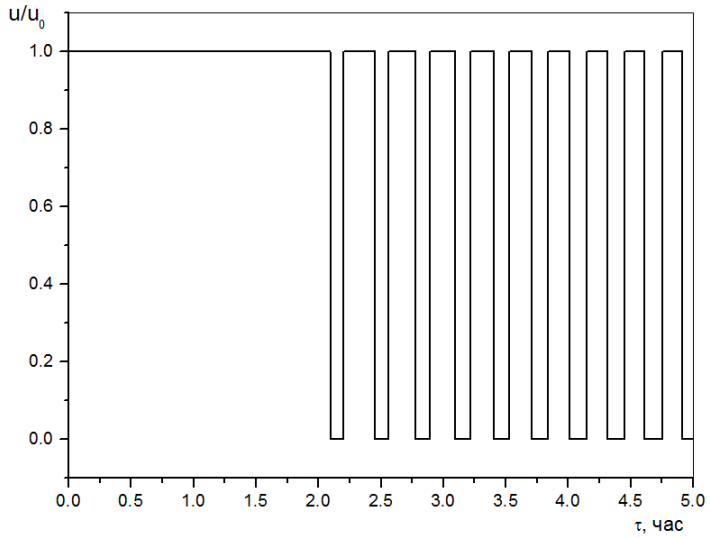


Рис. 5. Напряжение на греющем кабеле. Расчет.

Результаты расчета изменения частоты включений в час теплого пола показаны на рис. 6. Через 4 часа с начала работы теплого пола частота включений незначительно превышала 3.3 1/час, затем постепенно снижалась до этого значения. На рисунке символами показаны средние значения частоты включения теплого пола, полученные в результате испытаний за 14 часов с 18 часов до 8 часов утра следующего дня с 11 по 16 февраля 2014 г. Осредненная по результатам испытаний частота включений теплого пола составила 3.1 1/час, что было достаточно близко к расчетному значению.

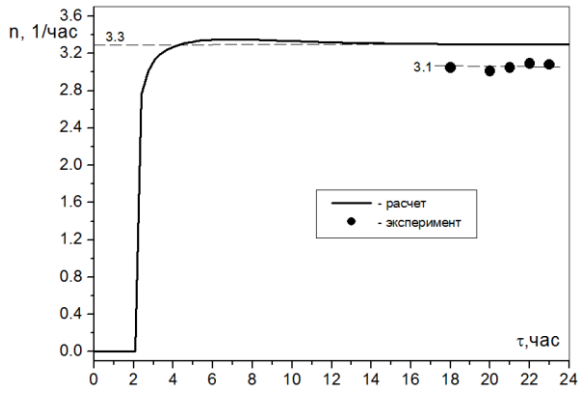


Рис. 6. Частота включений теплого пола. Расчет и эксперимент.

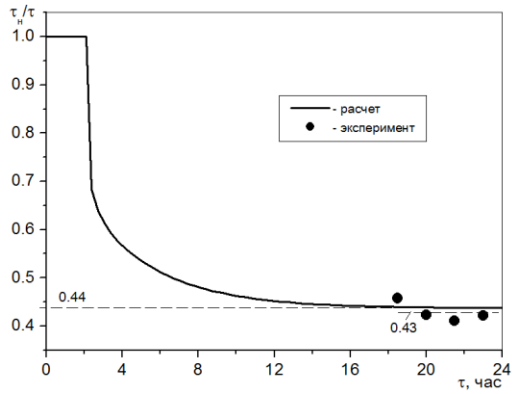


Рис.7. Время работы теплого пола. Расчет и эксперимент.

На рис. 7. представлены результаты расчета относительного времени работы теплого пола $\tau_н/\tau$, где $\tau_н$ – время подачи напряжения на теплый пол, а τ – текущее время. За сутки наблюдался выход на постоянное значение $\tau_н/\tau = 0.44$, что достаточно хорошо совпадает с осредненным значением, полученным при испытаниях теплого пола $\tau_н/\tau = 0.43$.

Согласно результатам расчетов максимальная температура поверхности пола над кабелем достигала значения 26ºС с периодическими незначительным снижением на 0.15ºС, благодаря теплоинерционности слоя цементно-песчаной стяжки (рис. 8). Были проведены измерения изменения температуры поверхности пола с течением времени с использованием контактных датчиков температуры (рис. 9). Один из датчиков был установлен над греющим кабелем, а другой между ними. Результаты измерения температуры поверхности пола в течение 1 часа приведены на рис. 9. Увеличение температуры пола над греющим кабелем при его работе составляло 0.2ºС, что хорошо согласуется с результатами расчетов. Разница средних температур зон пола над кабелем и между кабелями была 0.6ºС.

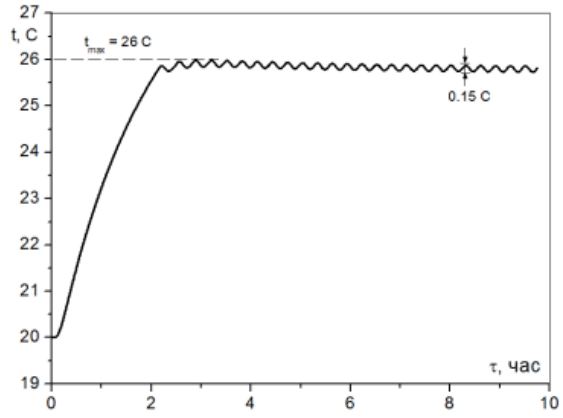


Рис. 8. Температура поверхности пола над кабелем. Расчет.

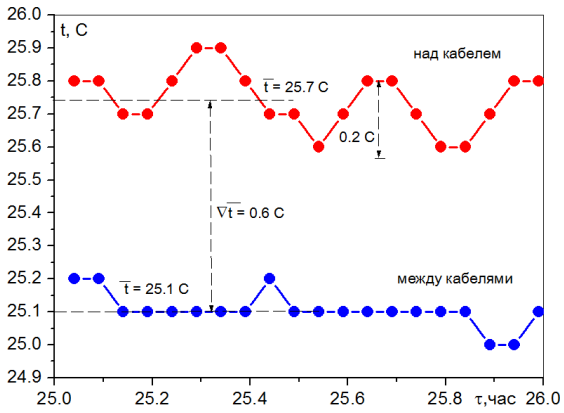


Рис. 9. Температура поверхности пола. Эксперимент.

Результаты расчета средней плотности теплового потока на поверхности пола показаны на рис. 10. Средняя плотность теплового потока была около 50 Вт/м^2 и имела незначительные периодические колебания около среднего значения, что согласуется с результатами измерений при испытаниях (рис. 11). На рис. 11 показаны результаты измерений плотностей тепловых потоков на поверхности пола, при этом один из

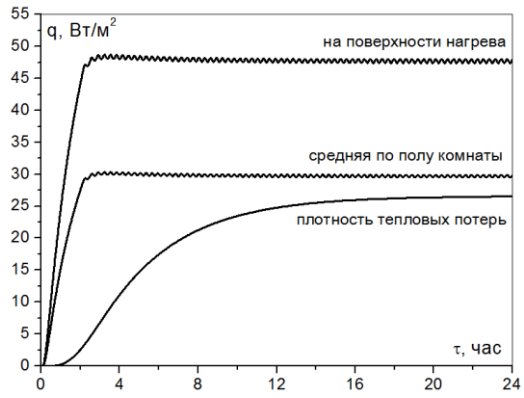


Рис.10. Средние плотности тепловых потоков поверхностей пола и низа плиты перекрытия. Расчет.

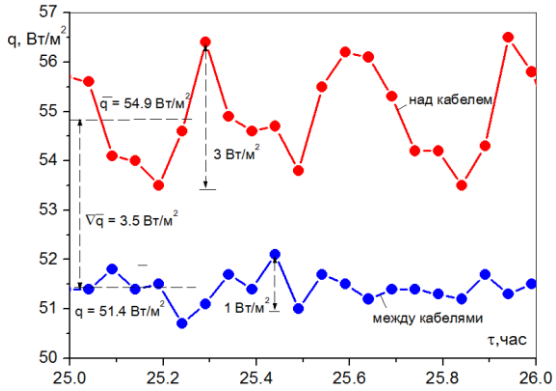


Рис. 11. Плотности тепловых потоков на поверхности пола. Эксперимент.

датчиков был установлен над греющим кабелем (красный цвет), а другой – между кабелями (синий цвет). Средняя плотность теплового потока по результатам измерений над кабелем была 54.9 Вт/м^2 при амплитуде колебаний от среднего значения 3 Вт/м^2, а между кабелями составляла 51.4 Вт/м^2 при амплитуде колебаний от среднего значения 1 Вт/м^2.

Средние температуры воздуха на улице и в помещении за период измерений с 11 по 16 февраля приведены на рис. 12. Температуры воздуха на улице и в помещении были достаточно стабильны и их средние значения составляли на улице – 22.0ºС, в помещении - +20.1ºС. Типичные распределения средних температур воздуха по высоте помещения показаны на рис. 13 около окна (синий цвет) и в центре комнаты (красный цвет). Согласно результатам измерений в центре комнаты температура воздуха повышалась по высоте, но перепад температуры был незначительным и составлял 0.6ºС. У окна перепад температуры воздуха достигал 1.5ºС с понижением температуры, как у пола, так и у потолка.

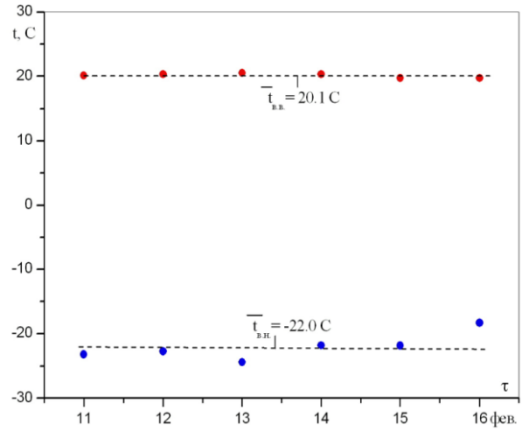


Рис. 12. Температура воздуха в помещении и на улице. Эксперимент.

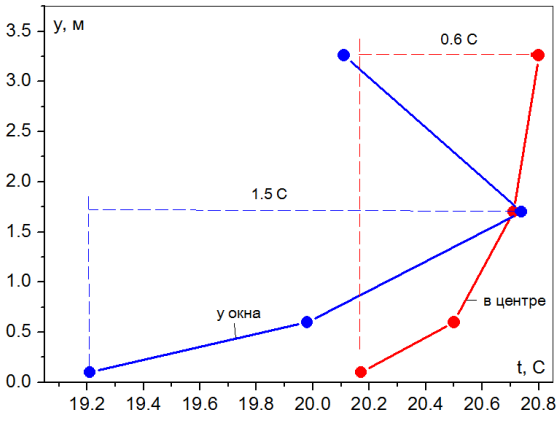


Рис. 13. Распределение температуры воздуха по высоте комнаты. Эксперимент.

При анализе результатов расчетов изменения температур с течением времени в вертикальном сечении над кабелем (рис. 14) можно отметить их циклический характер с временным сдвигом максимума температуры относительно максимума температуры кабеля для центра стяжки на 2 минуты, а для поверхности пола на 6 минут.

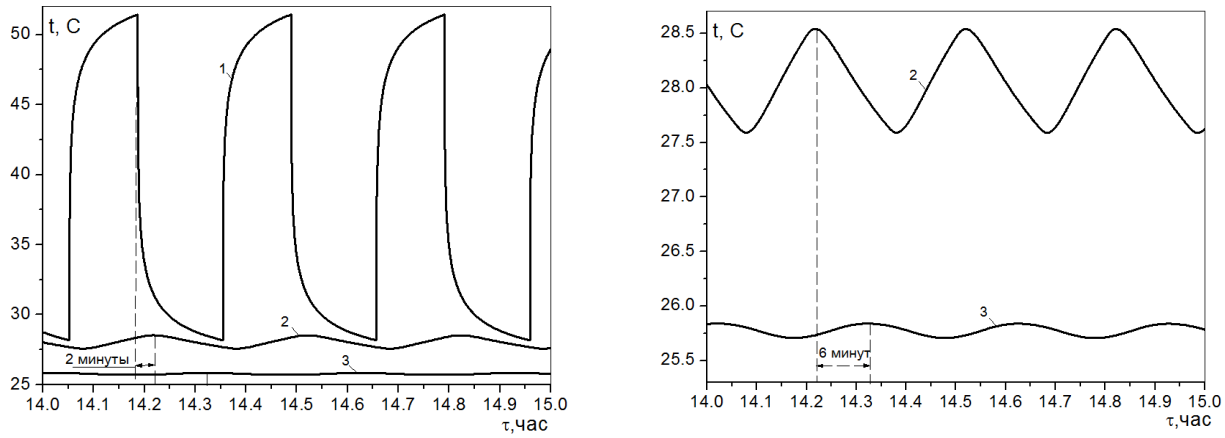


Рис.14. Изменение с течением времени температуры в вертикальном сечении кабеля:
1) в месте расположения кабеля, 2) в центре стяжки, 3) на поверхности пола.

Изменение средней мощности пола с греющим кабелем по результатам расчетов приведено на рис. 15. Из представленных данных следует, что с течением времени мощность снижалась и выходила на значение 1038 Вт, причем она состояла из “полезной мощности” 666 Вт на обогрев рассматриваемого помещения и “мощности потерь” 372 Вт, которая шла на отопление нижележащего помещения 2 этажа через плиту перекрытия, на которой монтировался теплый пол. Осредненная мощность теплого пола с греющим кабелем по результатам 6 дневных 14 часовых измерений также приведена на рисунке, она составила 1037 Вт, что практически совпало с расчетным значением.

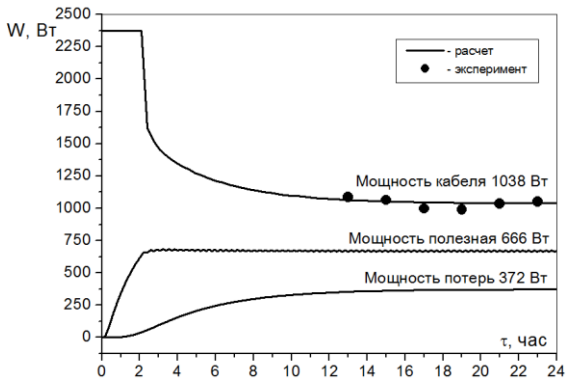


Рис. 15. Изменение мощности греющего кабеля. Расчет и эксперимент.

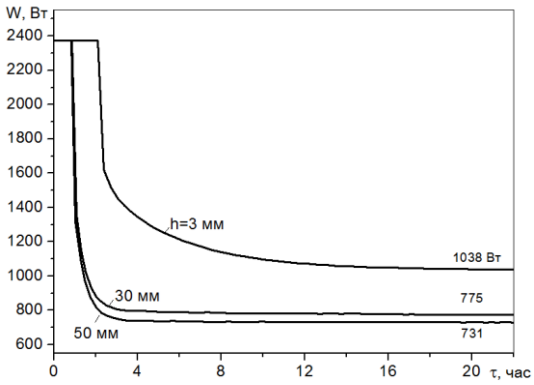


Рис. 16.Зависимость мощности греющего кабеля от толщины утеплителя. Расчет.

По результатам испытаний и расчетов отмечено, что значительную долю мощности теплого пола составляла “мощность потерь” через межэтажную плиту перекрытия, что связано с малой толщиной слоя утеплителя (3 мм, “Пенотерм НПП ЛП”), который использовался при монтаже теплого пола. Были выполнены расчеты теплого пола при увеличении толщины слоя утеплителя под цементно-песчанную стяжку (рис. 16). Как показали расчеты, с увеличением толщины утеплителя мощность теплого пола, необходимая для отопления помещения, снижалась. Так, при толщине утеплителя 30 мм она составляла 775 Вт (снижение на 25%), а при 50 мм – 731 Вт (снижение на 30%).

Выводы

1. Проведены измерения средних и локальных тепловых характеристик при отоплении помещения теплым полом типа “греющий кабель”.
2. Обращено внимание на существенную зависимость мощности электрической теплого пола от толщины слоя утеплителя. Показана возможность снижения на 30% электрической мощности теплого пола при его установке на межэтажной плите перекрытия при увеличении слоя утеплителя с 3 до 50 мм.
3. Предложена и апробирована расчетная математическая модель совместно с разработанным программным обеспечением, которая может быть использована для расчета теплых полов типа “греющий кабель”.

Литература

1. B. W. Olesen. Теория и практика напольного лучистого отопления// АВОК. 2003. №1. С. 44–52.
2. Bearzi V. Теплые полы. Теория и практика// АВОК. 2005. №7. С. 70–82.
3. Milorad Bojić, Dragan Cvetković, Vesna Marjanović, Mirko Blagojević, Zorica Djordjević. Performances of low temperature radiant heating systems // Energy and Buildings. 2013. № 61. P. 233–238.
4. Писарев Е. Теплый пол. Водяной или электрический / Самиздат, 2012. 48 с.
5. Сахаров И.А., Низовцев М.И. Расчет взаимного влияния тепловых и конструктивных параметров водяного теплого пола// Ползуновский вестник. 2013. №3/2., С. 33-37.
6. Фрязинов И.В. О разностной аппроксимации граничных условий для третьей краевой задачи// ЖВММФ. 1964. Т.4. №6. С. 1106-1111.

УДК.536.524

ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДОВ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Терехов В.И.[1,2], Кхафаджи Х.К.[2], Горбачев М.В.[2]
[1]Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск
[2]Новосибирский государственный технический университет

В докладе рассмотрены особенности использования различных методов испарительного охлаждения газа для совершенствования систем кондиционирования воздуха с целью снижения энергозатрат при обеспечении комфортных условий пребывания человека как в производственных, так и в домашних условиях. Хорошо известно, что затраты на кондиционирование, особенно в странах с жарким и влажным климатом, становятся сопоставимыми с расходами на отопление в зимний период времени.

Проблемам совершенствования систем кондиционирования воздуха посвящено огромное число работ, существует развитая индустрия производства кондиционеров различных производительностей и схемных решений [1,2]. В тоже время, следует подчеркнуть возросший в последние годы интерес к испарительным методам охлаждения воздуха и возможностей создания на их основе принципиально новых решений для охлаждающих систем с высокими теплогидравлическими характеристиками [3-5].

Испарительное охлаждение является одним из наиболее простых и эффективных методов снижения температуры газовых потоков. Его роль в энергетике чрезвычайно важна, а имеющиеся приложения охватывают большой спектр новых энергетических технологий [6]. Кроме обсуждаемых выше систем кондиционирования воздуха, важную роль играют процессы охлаждения электронного оборудования, компактные теплообменники транспортных машин, где в качестве теплоносителя используется влажный воздух, и многое другое.

Изучению процесса совместного тепломассообмена при испарении влаги на поверхности посвящено большое число работ [7-15]. Однако многие вопросы, в силу сложности протекающих процессов, остаются малоизученными. При прямом испарительном охлаждении воздух непосредственно контактирует с влажной поверхностью канала, при этом за счет скрытой теплоты парообразования температура его снижается по длине канала, а концентрация водяного пара, наоборот, возрастает. По мере развития пограничного слоя при адиабатическом испарении ($q_w = 0$) возможен переход к режиму насыщения, когда температура газа равна температуре испаряющейся поверхности. В этом случае температура парогазовой смеси и парциальное давление пара вновь становятся постоянными по сечению и равными параметрам на кривой насыщения. По этой причине зона насыщения является «балластной» и в ней не происходит тепломассообменных процессов. Указанные особенности тепло – и массообмена значительно усложняют картину процесса, что делает практически единственно возможными методы численного исследования тепломассопереноса в процессе прямого, косвенного и особенно смешанного типа задачи испарительного охлаждении воздуха в режиме вынужденной ламинарной конвекции в канале между двумя неограниченными параллельными пластинами со смоченной поверхностью.

В данном докладе последовательно и с единых методологических позиций решены задачи прямого адиабатического и неадиабатического тепломассопереноса в

каналах с влажными и сухими стенками, режимы охлаждения при косвенном испарении, а также при сочетании этих режимов, реализуемых в цикле Майсоценко [16, 17].

1. Постановка задачи. Адиабатическое испарительное охлаждение

В данной работе решается система уравнений Навье-Стокса и уравнений энергии и диффузии пара в 2-Д приближении. На входе в канал все термогазодинамические параметры постоянны по сечению, а стенки канала являются адиабатическими. Исследования проведены при вариации числа Рейнольдса Re = 50 ÷ 1000 и относительной влажности на входе φ_0 = 0 ÷ 50% при неизменной температуре входящего воздуха T_0 = 30^{0}C.

Схема задачи показана на рис. 1. Испарительная ячейка представляет собой канал, ограниченный двумя бесконечными пластинами, расстояние между которыми равно d. С наружной стороны пластины теплоизолированы (q_w = 0), а изнутри - влажные. При этом толщина жидкой пленки на стенках считается бесконечно малой и на гидродинамику потока в канале и термическое сопротивление она влияния не оказывает. Таким образом, внутри канала имел место процесс адиабатического испарения, когда тепловой поток, переносимый конвекцией, полностью расходовался на фазовый переход. Температура и концентрация пара на испаряющейся поверхности соответствуют кривой насыщения. Длина канала, составляющая x/d = 50 калибров, выбрана из соображений изучения особенностей процесса тепломассообмена как на развивающемся, так и стабилизированном участках течения.

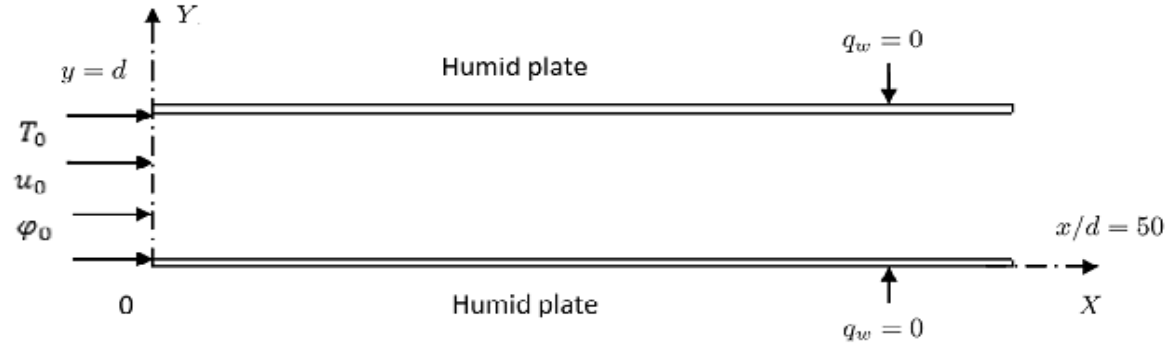


Рис. 1. Схема испарительной ячейки.

Все параметры на входе (u_0, T_0 и φ_0) были постоянны по высоте канала. В работе рассматривается ламинарное стационарное течение без учета лучистого теплопереноса и вязкой диссипации в пренебрежении эффектов Dufour и Soret.

Основные уравнения для ламинарной вынужденной конвекции записываются как:

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \qquad (1)$$

движения в x-направлении:

$$u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) \qquad (2)$$

движения в y-направлении:

$$u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial y}+\frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) \quad (3)$$

уравнение энергии:

$$u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}=\frac{\lambda}{\rho C_p}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)+\frac{D}{C_p}\left(C_{pv}-C_{pa}\right)\left(\frac{\partial T}{\partial x}\frac{\partial K}{\partial x}+\frac{\partial T}{\partial y}\frac{\partial K}{\partial y}\right) \quad (4)$$

уравнение диффузии водяного пара:

$$u\frac{\partial K}{\partial x}+v\frac{\partial K}{\partial y}=D\left(\frac{\partial^2 K}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 K}{\partial y^2}\right) \quad (5)$$

Второй член в правой части уравнения (4) описывает диффузионный перенос теплоты в бинарной смеси водяной пар-воздух. Все теплофизические свойства потока рассчитывались в зависимости от концентрации пара и температуры по соотношениям работы [18].

Баланс массы в канале рассчитывался с учетом притока испаряющегося пара по следующему соотношению

$$\int_0^d \rho u(x,y)\,dy = d\rho_0 u_0 + \int_0^x \rho v(x,0)\,dx \quad (6)$$

Граничные условия:

- на входе в канал (x = 0): $T = T_0$, $u = u_0$, $v = 0, \varphi = \varphi_0$ (7a)
- на выходе канала (x/d = 50):

$$\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{\partial v}{\partial x}=\frac{\partial T}{\partial x}=\frac{\partial K}{\partial x}=0 \quad (7b)$$

- на поверхности пластин (y = 0) и (y = d) : (7c)

u = 0 , $q_w = 0$, $v = v_в$

Поперечная составляющая скорости пара находится из уравнения баланса массы на проницаемой стенке:

$$v_в = \frac{-D}{1-K_w}\frac{\partial K}{\partial y}\Big|_{y=0,d} \quad (8)$$

Уравнение теплового баланса на стенках канала (y = 0 and $y = d$) записывается с учетом адиабатичности процесса (q_w = 0):

$$-\lambda\frac{\partial T}{\partial y}-\frac{\rho L_v D}{1-K_w}\frac{\partial K}{\partial y}=0 \quad (9)$$

При этом концентрация пара на стенке и ее температура связаны кривой насыщения $K_w = f(T_w)$.

Принимая парогазовую смесь идеальной, в соответствие с законом Дальтона, концентрация пара на стенке связана с его парциальным давлением следующим соотношением:

$$K_w = \frac{M_v/M_a}{P/P_{vs}+M_v/M_a-1} \quad (10)$$

Локальное число Нуссельта, определенное по эквивалентному диаметру ($d_e=2d$), записывается как:

$$Nu=\frac{h\,2d}{\lambda}=\frac{2d\,(\partial T/\partial y)_w}{T_w-T_m} \quad (11a)$$

где h есть локальный коэффициент теплоотдачи, а T_m – среднемассовая температура парогазовой смеси в рассматриваемом поперечном сечении:

$$T_m = \int_0^d \rho u\,T\,dy \Big/ \int_0^d \rho u\,dy \quad (11)$$

Аналогичным образом записываются выражения для локального числа Шервуда:

$$Sh = -\frac{2d\,(\partial K/\partial y)_w}{K_w - K_m} \qquad (12a)$$

и среднемассовой концентрации пара K_m в поперечном сечении канала:

$$K_m = \int_0^d \rho u K\, dy \Big/ \int_0^d \rho u\, dy \qquad (12b)$$

Местный коэффициент трения имеет стандартный вид:

$$\frac{C_f}{2} = \frac{\tau_w}{\rho_0 u_0^2} \qquad (13)$$

Численная реализация. Система уравнений (1)-(5) совместно с граничными условиями (6)-(10) решалась численно с использованием метода контрольных объемов. Для связи скорости и давления использовался алгоритм SIMPLE [18]. При дискретизации использовались равномерные сетки, оптимальный размер которых был подобран в специальной серии расчетов и составлял 200x70 в продольном и поперечном направлениях, соответственно.

Тестовые сопоставления по течению и теплообмену в каналах с адиабатическими и изотермическими стенками при отсутствии фазовых переходов показали хорошее соответствие между результатами настоящего расчета и данными работ [19,20].

Все расчеты были проведены для канала с фиксированной геометрией (фиг. 1, d = 6мм и x/d = 50) при постоянной температуре воздуха на входе T_o = 30°C и относительной влажностью φ_0 = 0, 30 и 50%. Число Рейнольдса изменялось в диапазоне $Re = 2u_o d/\mu$ = 50÷100, охватывающем наиболее характерные режимные параметры компактных теплообменников.

Изменение среднемассовых параметров парогазовой смеси по длине канала приведено на рис. 2. Исходя из данных (рис. 3a и 3b), можно определить наибольшую длину канала x^*, на длине которого осуществляется полное насыщение потока. Так при Re = 50 насыщение наступает при x^*/d ~9 калибрах, поэтому на оставшейся части канала тепломассообменных процессов не происходит, и длина канала может быть сокращена до этого значения. При больших числах Рейнольдса (Re > 200) для достижения режима насыщения требуются более протяженные каналы, что в свою очередь вызовет рост гидравлических потерь.

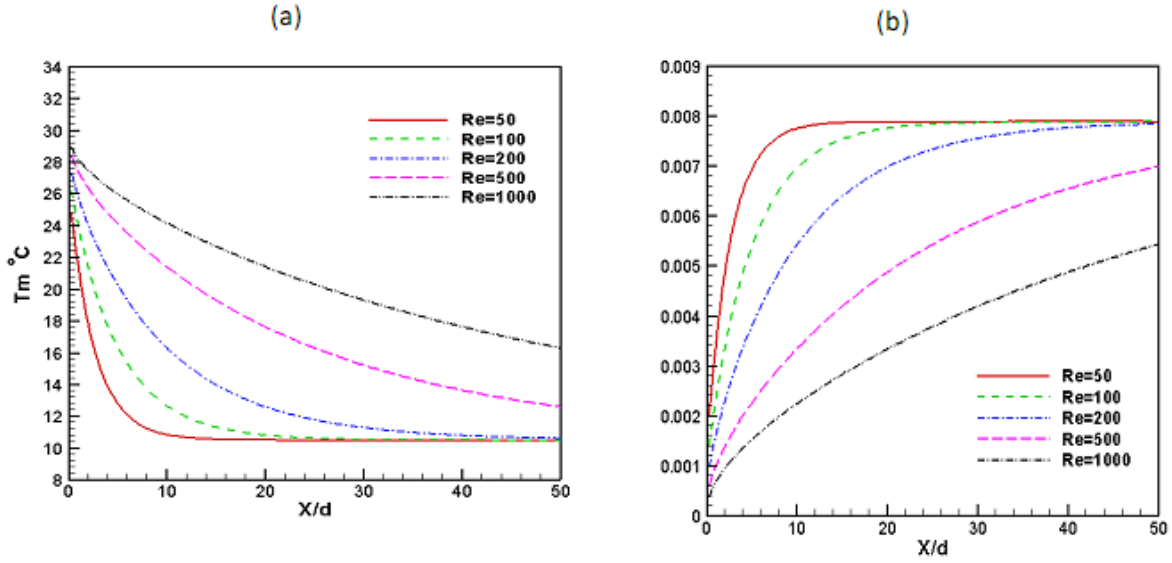


Рис. 2. Изменение среднемассовой температуры газа (а) и концентрации пара (б) по длине канала при вариации числа Рейнольдса (T_0 =30C, φ_0 =0%).

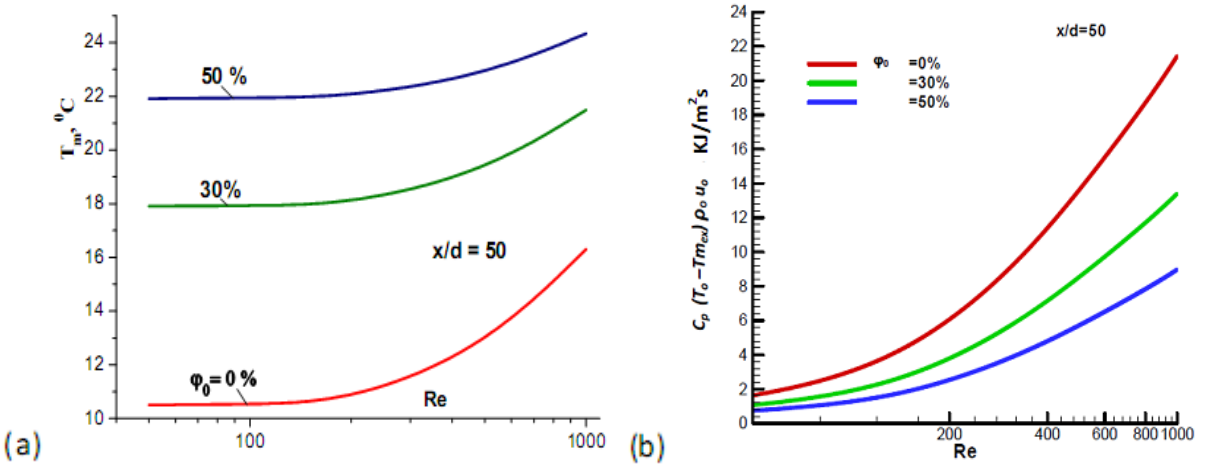


Рис. 3. Влияние начальной влажности воздуха на характеристики процесса охлаждения.

Тепловые характеристики испарительных ячеек в зависимости от числа Рейнольдса и влажности воздуха на входе показаны на рис. 3. Среднемассовая температура воздуха на выходе из канала (сечение x/d = 50), согласно данным (рис. 3а), с увеличением числа Re возрастает. Причины этого обсуждались выше при анализе данных (рис. 2). При этом увеличение относительной влажности воздуха на входе ухудшает процесс охлаждения, поскольку с повышением влажности температура термодинамического равновесия пар-жидкость также возрастает.

Важным показателем эффективности работы испарительной ячейки является величина удельной хладопроизводительности, которая определяется как разность теплосодержания воздуха на входе в канал и в текущем сечении:

$$Q_T = C_P(T_o - T_m)\,\rho_o u_o\,, \qquad (14)$$

где T_m – среднемассовая температура парогазовой смеси в рассматриваемом сечении по длине канала.

Результаты расчета величины Q_T для всего канала в целом (x/d = 50, где $T_m = T_{mex}$) показаны на рис. 3б. В отличие от рис. 3а, величина хладопроизводительности возрастает по мере увеличения числа Re, что обусловлено опережающим ростом расхода газа через канал по сравнению с уменьшением разности температур воздуха на входе и выходе. Как и следовало ожидать, рост относительной влажности ведет к снижению величины Q_T.

Из рис. 3 следует важный вывод о методике выбора оптимального режима работы канала с прямым испарительным охлаждением. Если ставится цель получения воздуха с минимальной температурой, теоретическим пределом которой является температура адиабатического испарения при заданной влажности, то в этом случае следует выбирать режимы течения с малыми числами Рейнольдса. В другом случае, когда требуется повышение суммарной выработки холода, наоборот, предпочтительными являются режимы с высокими числами Re.

Для оценки характеристик теплообменных устройств, как правило, используется параметр тепло-гидравлической эффективности, представляющий собой отношение переносимой или вырабатываемой тепловой мощности к затратам мощности на прокачку теплоносителя:

$$\eta = Q_T / Q_M\,, \qquad (15)$$

где $Q_M = u_o \Delta P$, а ΔP- перепад давления на всей длине канала. После преобразования (15) параметр тепло-гидравлической эффективности можно записать в виде:

$$\eta = \frac{C_P(T_o - T_{m_{ex}})}{u_o^2 \int_0^{\bar{x}} C_f \, d\bar{x}} \quad (16),$$

а $C_f = 2\tau_w / \rho_o u_o^2$ - локальный коэффициент поверхностного трения.

Характер поведения параметра теплогидравлической эффективности η по длине канала при вариации числа Рейнольдса и влажности воздуха демонстрируется на рис. 4а и 4б, соответственно.

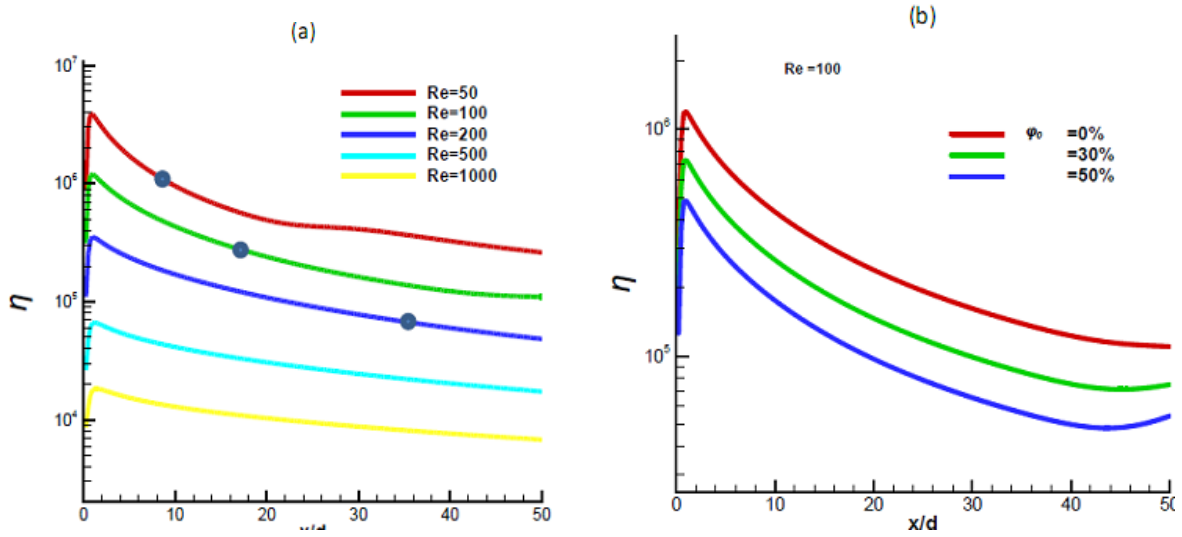


Рис. 4. Теплогидравлическая эффективность алиабатической испарительной ячейки.

Как следует из рисунка 4а, параметр эффективности η значительно снижается по мере роста числа Рейнольдса. Так при увеличении Re = 50 до Re = 1000 эффективность испарительной ячейки снижается более, чем на два порядка. Причем, при всех числах Рейнольдса в начале канала эффективность имеет наибольшее значение, а затем по мере продвижения по длине канала, величина η постепенно снижается. Такое поведение параметра η обусловлено характером изменения коэффициентов теплообмена и трения по длине канала, а также местоположением точки перехода к режиму насыщения. На рис. 4а данные координаты отмечены точками.

Если на входе в канал воздух является влажным, то, как это видно из рис. 4б, величина η снижается с увеличением паросодержания. Действительно, в этом случае уменьшаются градиенты концентраций пара в пограничном слое и процессы испарения также подавляются.

Таким образом, используя данные рис. 3 и рис. 4, можно провести оптимизационный анализ характеристик ячеек при прямом испарительном охлаждении воздуха при вариации числа Рейнольдса, влажности воздуха и длины канала. Можно предположить, что подобные тенденции будут наблюдаться и при иных температурах воздуха, однако этот вывод требует дополнительных расчетов. Большой интерес представляет и изучение влияния дополнительного теплового потока на стенке в процессе косвенного испарительного охлаждения, как эффективного метода управления интенсивностью тепло и – массопереноса при наличии фазовых переходов на поверхности теплообменников.

2. Прямое неадиабатическое испарительное охлаждение

В ряде технологических процессов к испарительной ячейке может подводиться (или отводиться) дополнительный тепловой поток. Как правило, его величина может быть значительной и сопоставимой с теплотой, расходуемой на фазовый переход. В целом картина рассматриваемой задачи соответствует рис. 1.

Программа численного эксперимента включала в себя изучение влияния плотности дополнительного теплоподвода $\bar{q}$ на термоаэромеханику процесса и скорость испарения при вариации числа Рейнольдса. Дополнительный теплоподвод изменялся в широких пределах $-0.1 < \bar{q} < +0.2$. В качестве масштаба в относительном потоке тепла $\bar{q} = q_w/q^*$ использовалась величина q^*, равная теплопереносу на стабилизированном участке плоского канала (Nu =7.54) при разности температур на входе для сухого и насыщенного воздуха.

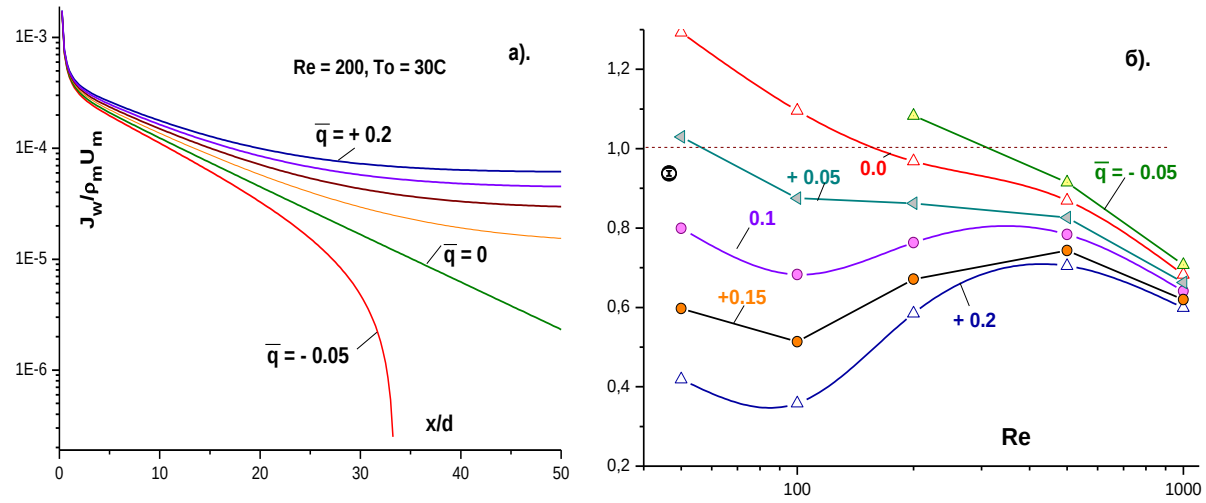


Рис. 5. Тепломассоперенос в канале с дополнительным теплоподводом.
а) поток пара на стенке; б) термическая эффективность.

На рис. 5а приведены расчеты изменения скорости пара на стенке. Видно, что скорость испарения возрастает по мере увеличения подводимой тепловой мощности, а при отводе тепла возможен переход к конденсации пара, когда поток вещества на стенке меняет знак на противоположный. При этом одна часть канала работает как испаритель, а другая - как конденсатор.

В качестве параметра, характеризующего степень охлаждения воздуха, можно использовать соотношение

$$\Theta = (T_0 - T_m)/(T_0 - T_s),$$

где T_m, T_0 и T_s- среднемассовая температура газа в текущем сечении канала, в его начале и, соответственно, температура насыщения. Эта величина характеризует степень охлаждения газа: при $\Theta \to 0$ процесс охлаждения отсутствует, а $\Theta \to 1$ достигается его охлаждение до стадии насыщения. Из рис. 5б следует, что существует оптимум по числу Re, но в адиабатическом режиме наибольшую эффективность испарение достигает при малых значениях числа Рейнольдса.

Как и для адиабатического испарителя (рис. 4) при наличии теплоподвода (рис. 6а) наиболее эффективен он при малых числах Рейнольдса. Так его эффективность возрастает более чем на 3 порядка величины при снижении Рейнольдса от Re = 1000 до 50. Как и следовало ожидать, эффективность охлаждения ухудшается по мере роста теплоподвода и влажности рабочего воздуха на входе.

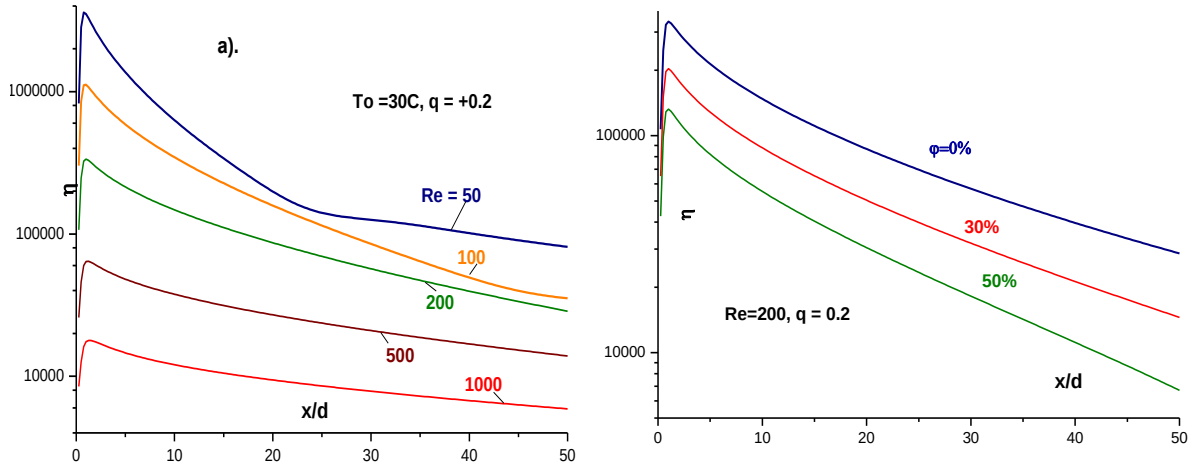


Рис. 6. Параметр теплогидравлической эффективности для испарительной ячейки с теплоподводом.

3. Косвенное испарительное охлаждение. Преимущества и недостатки

Ячейка косвенного испарительного охлаждения представляет собой теплообменник с разделенными потоками. В одном из каналов с влажными стенками за счет испарения происходит снижение температуры воздуха, теоретическим пределом которой является температура адиабатического насыщения. Второй поток (рабочий газ) охлаждается за счет теплообмена так, что изменение (увеличение) его абсолютной влажности не происходит. Это является основным преимуществом косвенного испарителя. Недостаток его заключается в снижении термического кпд и наличия больших поверхностей теплообмена.

В качестве примера на рисунках 7 и 8 показаны результаты расчетов температурных распределений параметров газа во влажном и сухом каналах при спутном и встречном движении теплоносителей. Отметим главное, что независимо от направления потоков охладить воздух удается на 10-12С, что практически вдвое меньше, чем при прямом цикле. Очевидно, что этот процесс нуждается в более глубокой детализации, однако принципиальных улучшений такой метод дать не может.

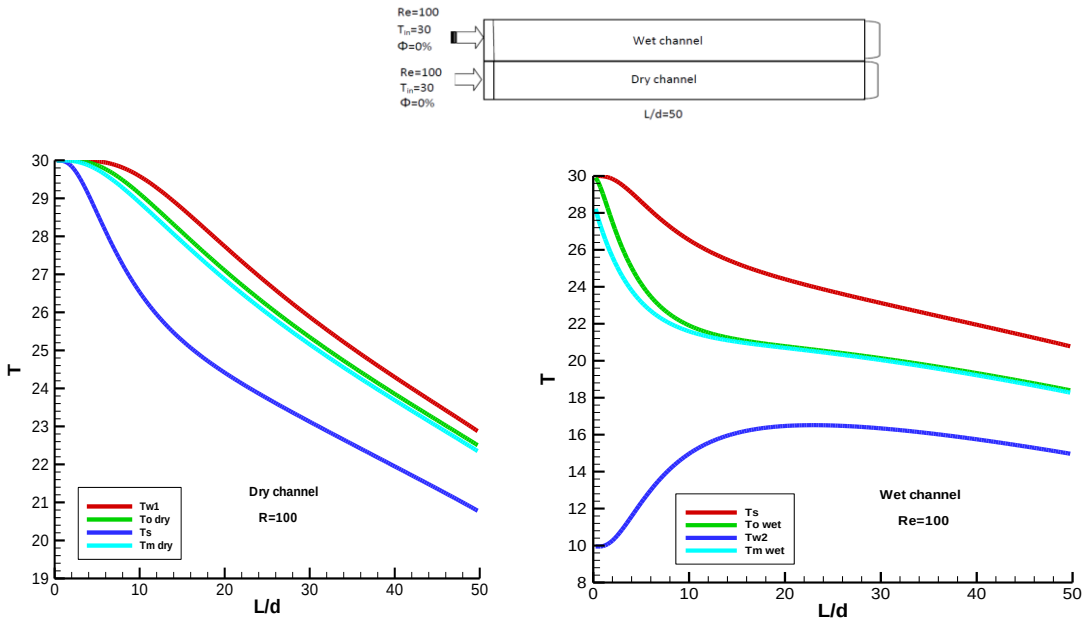


Рис. 7. Температуры теплообменных поверхностей и газовых потоков при спутном движении.

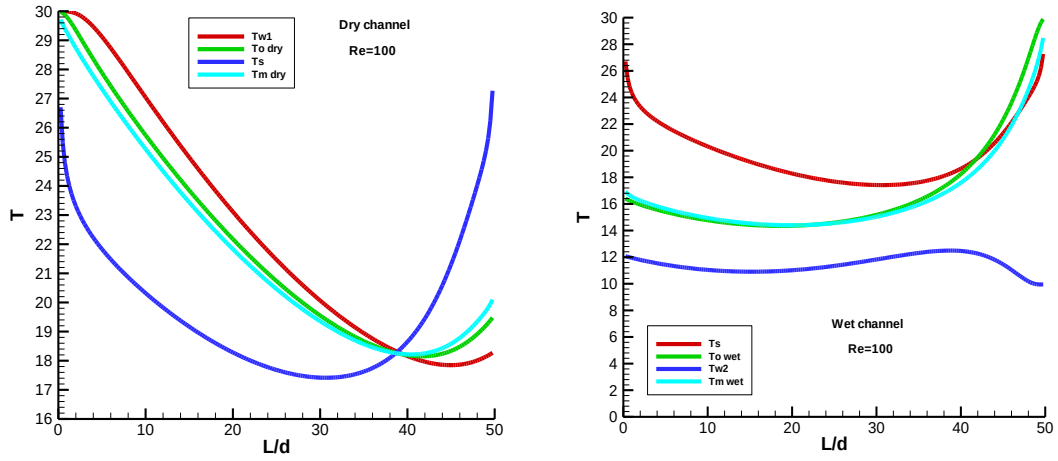


Рис. 8. Температуры теплообменных поверхностей и газовых потоков при встречном движении.

4. Цикл точки «росы» (М-цикл)

Недостатки, присущие косвенному испарительному циклу, возможно устранить с помощью «эшелонированного» захолаживания газа при предварительном его регенеративном охлаждении и последующей подачей во влажный канал. Теоретическим пределом такой ячейки является точка «росы» и, как это показано в большом числе работ [3-5,16], получаемый эффект охлаждения может быть очень высоким и сравнимым с традиционными схемами кондиционирования воздуха. В настоящее время предложено большое число технических решений подобных тепломассообменных аппаратов. Несмотря на несомненные их преимущества они имеют ряд серьезных недостатков, обусловленных прежде всего снижением эффективности их работы при использовании влажного воздуха, сильной зависимостью характеристик от температуры окружающего воздуха. Необычайная сложность совместно протекающих тепломассообменных процессов не позволяет к настоящему времени проводить детальную оптимизацию характеристик подобных перспективных энергосберегающих систем охлаждения газовых сред. В докладе обсуждаются данные проблемы и делаются некоторые выводы по направлению расчетных исследований и рекомендаций по совершенствованию характеристик новых испарительных систем охлаждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 14-19-00402).

Литература

1. Староверов И.Г. Справочник проектировщика. Часть 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Стройиздат,-1969 г.
2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. В. Н. Богословский, А. И. Пирумов, В. Н. Посохин и др.; -4-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1992. - 319 с.
3. Hsu S.T., Lavan Z. Optimization of wet-surface heat exchangers, Energy, 1989,Vol. 14, No. 11, pp. 757-770.
4. Anisimov S., Pandelidis D. Numerical study of the Maisotsenko cycle heat and mass exchanger, Int. J. Heat and Mass Transfer, 2014, Vol. 75, pp. 75–96.
5. Duan Z., Zhan C., Zhang X., Mustafa M., Zhao X., Alimohammadisagvand B., Hasan A. Indirect evaporative cooling: Past, present and future potentials// Renewable and Sustainable Energy 16 (2012) 6823–6850.

6. Терехов В.И., Кхафаджи Х.К.А. Оптимизация процесса прямого испарительного охлаждения воздуха при ламинарной вынужденной конвекции между параллельными пластинами // Труды Всероссийской конференции «XXXI Сибирский теплофизический семинар». – Новосибирск. - 17-19 ноября. - 2014. – С. 290-295.
7. Boyarschinov B.F., Volchkov E.P., Terekhov V.I. Heat and Mass Transfer with Liquid Evaporation into Gas Flow, Russian Journal of Eng. Thermoph., 1991, No.1,pp. 93-112.
8. Volchkov E.P., Terekhov V.V., Terekhov V.I. A numerical study of boundary layer heat and mass transfer in a forced convection of humid air with surface steam condensation. Int. J. Heat and Mass Transfer, 2004, No. 6-7, pp.1473-1481.
9. Yan W.M. and Lin T.F., Combined heat and mass transfer in laminar forced convection channel flows. Int. Comm. Heat and Mass Transfer, 1988, Vol. 15, pp. 333-343.
10. Debbissi, C., J. Orfi and S. Ben Nassrallah, Numerical Analysis of the Evaporation of Water by Forced Convection into Humid Air in Partially Wetted Vertical Plates, J. of Eng. and Applied Sciences, 2008, Vol. 3, Is. 11, pp. 811 -821.
11. 11. Nasr A., Debbissi C., Orfi J. and Nassrallah S.B., Evaporation of Water by Natural Convection in Partially Wetted Heated Vertical Plates: Effect of the Number of the Wetted Zone, J. of Eng. and Applied Sciences, 2009, Vol. 4, Is. 1, pp. 51-59.
12. Haji M. and Chow L. C. Experimental measurement of water evaporation rates into air and superheated steam, ASME J. Heat Transfer, 1988, Vol. 110, pp. 237-242.
13. Volchkov E.P., Leontiev A.I., Makarova S.N. Finding the inversion temperature for water evaporation into an air-steam mixture, Int. J. Heat Mass Transfer, 2007, Vol. 50. pp. 2101.
14. C. Debbissi, J. Orfi,, S. Ben Nasrallah Evaporation of water by free or mixed convection into humid air and superheated steam, Int. J. Heat Mass Transfer , 2003, Vol. 46, Is. 4, pp. 4703–4715.
15. Sheikholeslami R., Watkinson A. P. Rate of evaporation of water into superheated steam and humidified air, Int. J. Heat and Mass Transfer, 1992, Vol. 35, Is. 7, pp. 1743-1751.
16. Gillan, L., Maisotsenko, V., Maisotsenko Open Cycle Used for Gas Turbine Power Generation. Proceedings of ASME Turbo-Expo, Atlanta, USA, 2003, Paper No. GT2003-38080. – P. 75–84.
17. А.А.Халатов, И.Н.Карп, Б.В.Исаков, Термодинамический цикл Майсоценко и перспективы его применения в Украине//Відновлюв. енерг.2012. № 4, С.13 - 29.
18. ASHRAE Fundamentals Handbook, Si Edition, 1997, Ch. 6. P. 2.
19. Patankar S.V. Numerical heat transfer in fluid flow. Hemisphere/McGraw-Hill, New York, USA, 1980..
20. Shah R.K., London A.L. Laminar flow forced convection in ducts. Academic Press, New York, USA, 1978.
21. Kays W.M., London A.L. Compact heat exchangers. 2-nd edition. Mc.Graw-Hill Book Company, New York, 1964. 272 p.

УДК 621.37

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ДОМА

Ачитаев А.А., Пустовая А.С., Удалов С.Н.
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в малоэтажном строительстве является весьма актуальной задачей, решение которой связано с разрешением многих проблем на законодательном уровне, техническом, экономическом и даже психологическом. В отдельных территориальных образованиях эти проблемы частично решаются, но отсутствует централизованное управление этими процессами.

В каждой конкретной местности перед принятием решения об использовании ВИЭ необходимо оценить располагаемые ресурсы. Основой для оценки ресурсов ВИЭ служит ретроспективная информация длительных наблюдений за возобновляемыми видами энергии, такими как солнечная и ветровая энергии.

Определить потенциал ветровой энергии можно с помощью центрированного закона распределения скоростей ветра в безразмерных координатах или путём использования универсального закона распределения Вейбулла [1]:

$$f(u_0) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{u_i}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{\left(\frac{u_i}{c}\right)^k}, \quad (1)$$

где k – коэффициент формы; c – коэффициент единиц измерения; u_i – текущее значение скорости ветра.

Значения коэффициентов k и c в большинстве случаев для большинства территорий неизвестно. Точность определения этих коэффициентов, в конечном итоге, сказывается на потенциале ветровой энергии. В связи с изменением теплового баланса нашей планеты меняются розы ветров и скоростной режим потоков воздушных масс. Для уточнения коэффициентов k и c рекомендуется использовать программный комплекс HOMER.

HOMER это компьютерная модель, которая упрощает задачу проектирования гибридных возобновляемых энергетических систем. Оптимизационные и точные алгоритмы HOMER позволяют оценить экономическую и техническую возможность большого количества технологических вариантов и учитывать изменения технологических затрат и наличия энергоресурсов. Первоначально комплекс был разработан Национальной лабораторией возобновляемых источников энергии в США в рамках программы развития электроснабжения небольших поселений и отдельных малоэтажных объектов.

HOMER обеспечивает детальность и строгость моделирования и оптимизацию системы электроснабжения. Этот программный комплекс (рис. 1) является относительно простым в использовании. Благодаря этому программа адаптируется к широкому спектру применений. HOMER моделирует как экономические, так и технические аспекты проекта внедрения возобновляемой энергетики. Обеспечивает подробный анализ стоимости различных вариантов установки генерирующего оборудования и их конфигураций. Программа доступна для широкого круга пользователей [2]. Хронологический метод моделирования имеет важное значение при моделировании переменного поступления ресурсов, таких как солнечная и ветровая энергия, а также для комбинированного производства тепла и электроэнергии, где

тепловая нагрузка является также переменной. Точный анализ программы помогает определить потенциальное воздействие неопределенных факторов, таких как цены на топливо или скорости ветра в данной местности, с течением времени. Базовые компоненты изображены на рисунках 2 и 3.

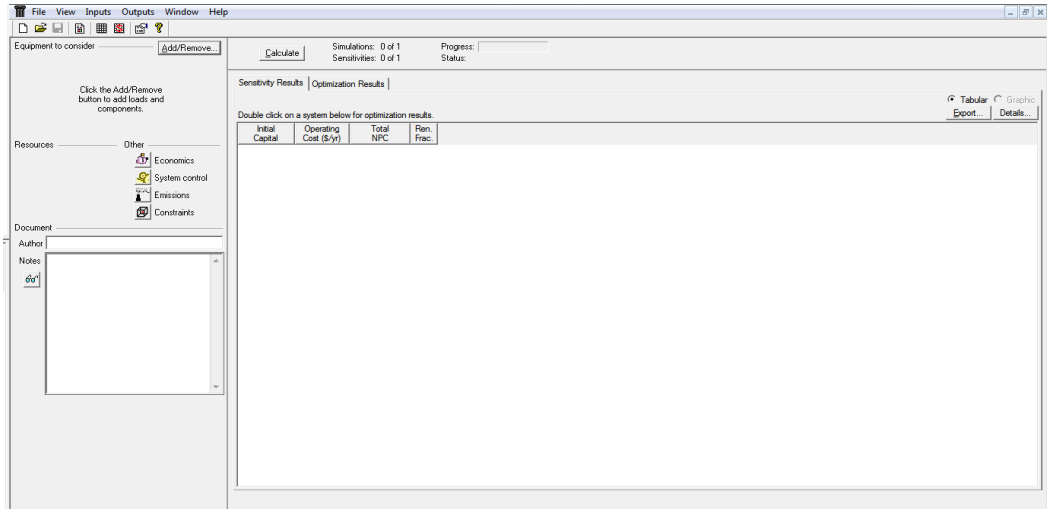


Рис. 1. Интерфейс программы HOMER

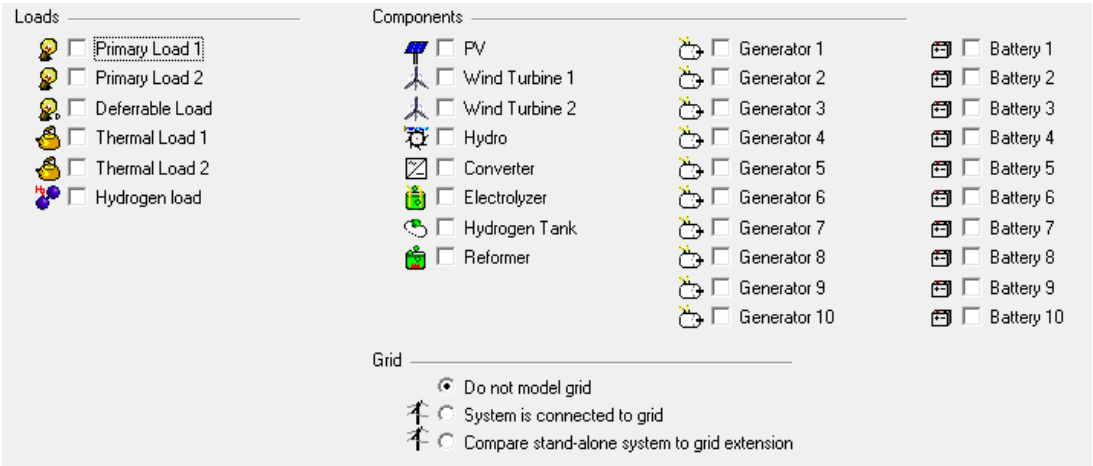


Рис. 2. Базовые компоненты системы энергоснабжения и возможный состав нагрузок

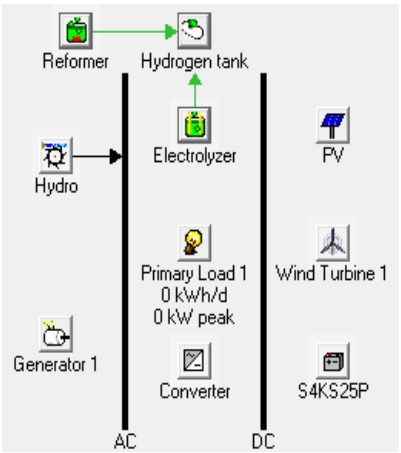


Рис. 3. Состав гибридной системы электроснабжения локального объекта

Задавая технические и ценовые параметры по ресурсам ветра, солнца, тепла, углеводородного топлива, а также доступности централизованной электросети, формируется энергетическая сеть локальной системы электроснабжения.

Например, для анализа энергетического потенциала ветровой энергии применяется распределение Вейбулла (рис. 4.b). Программа определяет значения коэффициентов k и c, и строит распределение Вейбулла на основании исходной первичной информации о ежемесячной скорости ветра. Каждая ВЭУ имеет энергетическую характеристику $P_{\text{ВЭУ}} = f(u_0)$, которая совместно с распределением Вейбулла позволит определить возможный потенциал ветровой энергии.

Расчётная экстремальная скорость ветра - U_{ref} является основным параметром при определении класса ВЭУ и выполнении прочностных расчётов фундамента, башни и ветротурбины. ВЭУ при U_{ref} должна выдерживать нагрузки без разрушения, при этом экстремальная скорость ветра при 10 минутном осреднении за период 50 лет на высоте оси ветроколеса должна быть ниже или равна U_{ref}. Для оценки U_{ref} на конкретной местности требуются многолетние данные.

Экстремальная скорость ветра за 50 лет рассчитывается по двум различным методикам. Общее у методик то, что для моделирования вероятности экстремальной скорости ветра используется распределение Гамбела.

Распределение Вейбулла задается коэффициентами масштаба и формы (соответственно, C, k). На основании распределения повторяемости скоростей ветра на высоте оси ветроколеса экстремальная скорость:

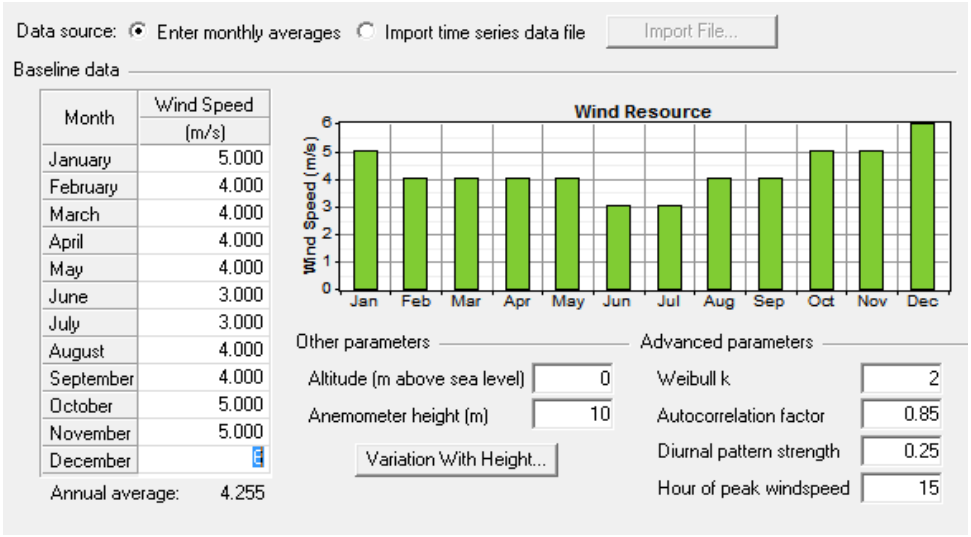
$$U_{ref} = 5 \times U_{mean},$$

где U_{mean} – среднегодовое значение скорости ветра, или с помощью распределения Гамбела. Распределение крайних (наибольших) членов выборки, предложенное Е. Дж. Гамбелом в 1945 г., для оценки вероятности экстремальных расходов основано на двойном показательном законе. Это распределение более приспособлено для расчета экстремумов элементов гидрометеорологических явлений. Прогрессивным в методе Гамбела является замена непрерывно возрастающей теоретической кривой распределения ступенчатой функцией, которая учитывает несовпадение эмпирических и теоретических значений статистических моментов, а также введение доверительных интервалов. Последнее позволяет условно оценивать точность статистического метода.

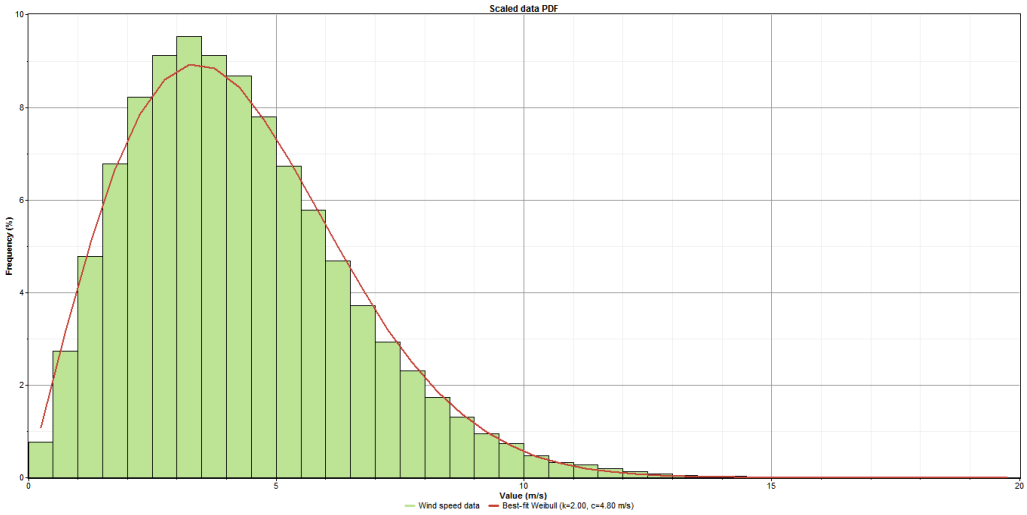
Если коэффициент формы k < 1,77, то экстремальная скорость будет рассчитываться на основе уравнения, приведенного ниже, во всех остальных случаях используется первое уравнение. Этот подход является надежным, так как распределение Гамбела обычно имеет тенденцию недооценивать экстремальную скорость при более высоких значениях коэффициента k.

$$\frac{U_{ref}}{U_{mean}} = \frac{1}{\Gamma(1+1/k)}\left[-ln\left\{1 - \exp\left(\frac{(1-1/T_{ref})}{n}\right)\right\}\right]^{\frac{1}{k}},$$

где U_{mean} - многолетняя средняя скорость на высоте оси ветроколеса; k – коэффициент формы теоретического распределения Вейбулла; T_{ref} - период повторяемости в 50 лет; n=23037 (определено по EWTS II-Part 1 – SubC/ 1.4).



a)



b)

Рис. 4. Пример задания скоростного режима ветра и построение распределения скоростей ветра на годовом интервале: a) метеоданные по скорости ветра; b) распределение Вейбулла

Результаты расчета экстремальной скорости не должны быть интерпретированы как окончательный вывод о невозможности использования на площадке ВЭС ветроустановок определённого класса или необходимости изменения компоновки. Расчет экстремальной скорости должен быть уточнен порезультатам ветромониторинга в районе ВЭС. Решение о возможности использования выбранной модели ВЭУ в конкретных условиях площадки должно быть принято во взаимодействии с производителями, которые имеют возможность на основании результатов измерений провести дополнительные расчеты по нагрузке на элементы и узлы ВЭУ.

В целях применения технологий на базе фотоэлектрических преобразователей вводятся данные по инсоляции объекта в заданных координатах местности, затем из сервера NASA получают необходимую информацию, которая обрабатывается (Рис. 5).

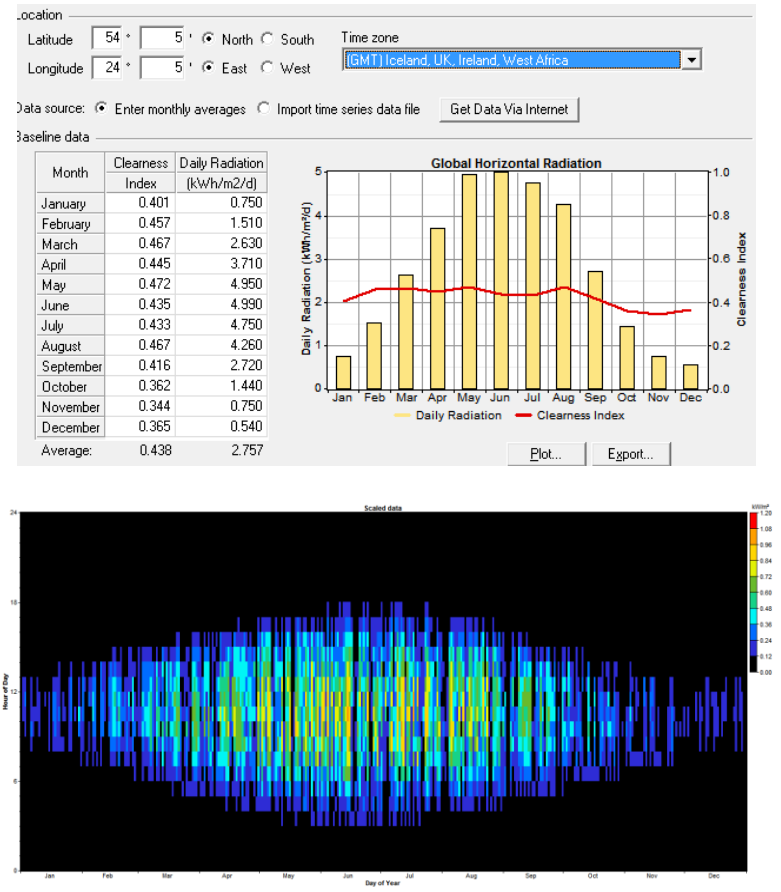


Рис. 5. Формирование данных солнечной активности и расчет солнечных дней в году

Возможно введение других источников энергии, таких как гидроэнергетические, а также водородные топливные элементы с целью дальнейшего анализа и применения их с точки зрения экономической целесообразности (рис.6). Программный комплекс позволяет решать оптимизационные задачи по формированию системы электроснабжения локального объекта в зависимости от ценовой политики на рынке.

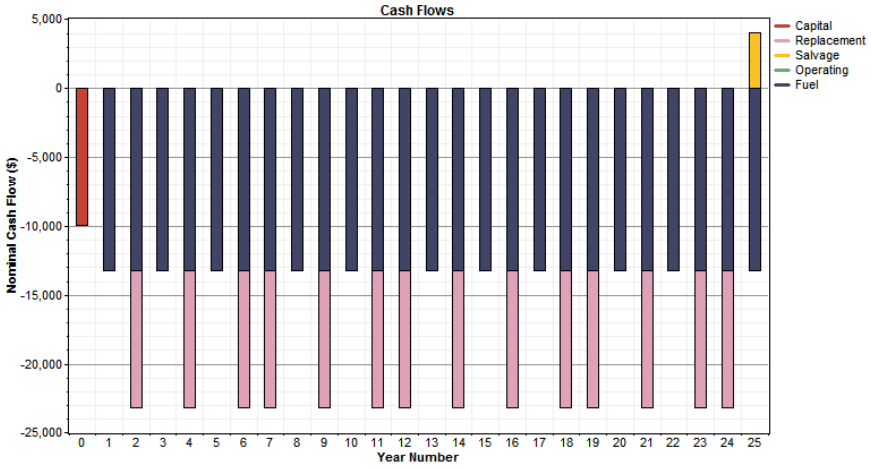


Рис. 6. Определение срока окупаемости

Литература

1. *Удалов С.Н.* Возобновляемые источники энергии: Учебник/С.Н. Удалов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 458 с.
2. Программный комплекс HOMER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.homerenergy.com/index.html . – Загл. с экрана.

УДК 662.997

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК[1]

***Арсатов А.В.*[*], *Ощепков М.Ю.*[*], *Фрид С.Е.*[**], *Сулейманов М.Ж.*[**]**
[*]ООО «Политермо», г. Москва, [**]ОИВТ РАН, г. Москва

Характерной особенностью большинства возобновляемых источников энергии (ВИЭ), ограничивающей их практическое применение, является низкая плотность энергетических потоков и их непостоянство во времени, требующие значительных затрат на оборудование, обеспечивающее сбор, аккумулирование и преобразование энергии. Тем не менее, многие из технологий использования различных ВИЭ достигли коммерческой зрелости и стали конкурентоспособными на рынке энергетических услуг многих стран мира. В первую очередь это относится к установкам солнечного теплоснабжения, а среди них – к солнечным водонагревательным установкам (СВУ). К настоящему времени суммарная тепловая мощность действующих установок солнечного теплоснабжения превысила 269 ГВт (более 385 млн м^2 солнечных коллекторов) [1]. В России рынок солнечных водонагревателей находится на начальном этапе своего развития (суммарная площадь солнечных коллекторов установок солнечного теплоснабжения не превышает 20 тыс. м^2), что определяет актуальность задачи освоения промышленного производства отечественных солнечных установок.

Уже к началу 2000-х годов технологии изготовления солнечных коллекторов из традиционных материалов были достаточно отработаны, коллекторы вышли на параметры, близкие к предельным, резервы снижения стоимости коллекторов были практически исчерпаны на уровне 100 долларов США за 1 м^2. Одним из путей снижения стоимости солнечных коллекторов и установок в целом является замена традиционных материалов в них на полимерные материалы и композиты с соответствующим изменением конструкции СВУ, учитывающим специфику этих материалов. В солнечных водонагревательных установках на базе плоских солнечных коллекторов полимерные материалы наиболее часто используются в тыльной теплоизоляции и остеклении (7…12%), а также в элементах корпуса (2…3%). Мировая доля СВУ различных типов, изготовленных полностью из полимерных материалов, составляет 12% (преимущественно за счет неостеклённых установок для подогрева воды в плавательных бассейнах). Создание остеклённых плоских солнечных коллекторов из полимерных материалов и композитов сопряжено с поиском материалов, способных работать в аварийных режимах при температурах до 180°С и отработкой методов аварийной тепловой защиты поглощающих панелей.

Ещё одна из возможностей снижения стоимости СВУ – совмещение функций солнечного коллектора и бака-аккумулятора в одном устройстве – установке аккумуляционного типа. Причинами непопулярности таких установок в настоящее время являются их низкая технологичность (при изготовлении из традиционных материалов) и высокая стоимость при потенциально более простой конструкции. Принято также считать, что их эффективность ниже, чем установок с раздельными

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (соглашение о предоставлении субсидии № 14.607.21.0036, уникальный идентификатор RFMEFI57714X0068)

солнечным коллектором и баком-аккумулятором. Применение пластмасс и композиционных материалов позволяет резко уменьшить количество деталей, из которых собирается СВУ, трудоемкость её сборки и стоимость, а высокая эффективность сезонных установок аккумуляционного типа в средней полосе и на Юге России подтверждается выполненными нами расчётами.

Типичная солнечная водонагревательная установка содержит в себе солнечный коллектор – теплообменник, в котором происходит поглощение падающего солнечного излучения и нагрев поглощённым теплом воды, и бак-аккумулятор, в котором накапливается нагретая в коллекторе вода, отводимая потребителю через выходной патрубок установки, находящийся в верхней части бака. В нижнюю его часть подаётся холодная вода. Термосифонная СВУ (установка с естественной циркуляцией теплоносителя) других обязательных элементов обычно не содержит, в установке с принудительной циркуляцией в солнечном контуре есть ещё регулятор, включающий и выключающий также имеющийся в схеме циркуляционный насос в зависимости от соотношения температур в солнечном коллекторе и баке-аккумуляторе. Установка может содержать расположенный в баке или на пути нагретой воды к потребителю дополнительный нагреватель для доведения температуры нагретой в СВУ воды до требуемого потребителю уровня. В установках, работающих круглый год в условиях возможности заморозков, в солнечном коллекторе циркулирует тот или иной антифриз, а для отделения его от нагреваемой воды между коллектором и баком или внутри бака устанавливается теплообменник.

Ключевым устройством СВУ, в котором энергия солнечного излучения преобразуется в тепло, является солнечный коллектор. Наиболее часто встречающаяся его разновидность – плоский солнечный коллектор типа «лист-труба» с жидким теплоносителем. Он представляет собой теплоизолированный с боков и снизу и застекленный сверху ящик, в который помещена поглощающая панель – металлический лист с каналами для прокачки теплоносителя, покрытый краской или специальным покрытием, хорошо поглощающим солнечное излучение. Подвод и отвод теплоносителя к поглощающей панели осуществляются через раздающий и сборный гидравлические коллекторы.

Солнечное излучение, падающее на поглощающую панель, поглощается ее поверхностью и нагревает панель и теплоноситель в каналах (рис. 1). Полезное тепло отводится теплоносителем, при этом часть попадающего на поверхность остекления солнечного излучения отражается от остекления, часть поглощается в нем. Доля солнечного излучения, поглощенного панелью, характеризуется эффективной поглощающей способностью ($\tau\alpha$) [2]. Тепло, выделяющееся при поглощении солнечного излучения на панели, расходуется, помимо нагрева теплоносителя, на тепловые потери и нагрев конструкций коллектора. Тепловые потери характеризуются полным коэффициентом потерь U_L, а тепловая инерция коллектора – его приведенной теплоемкостью или постоянной времени.

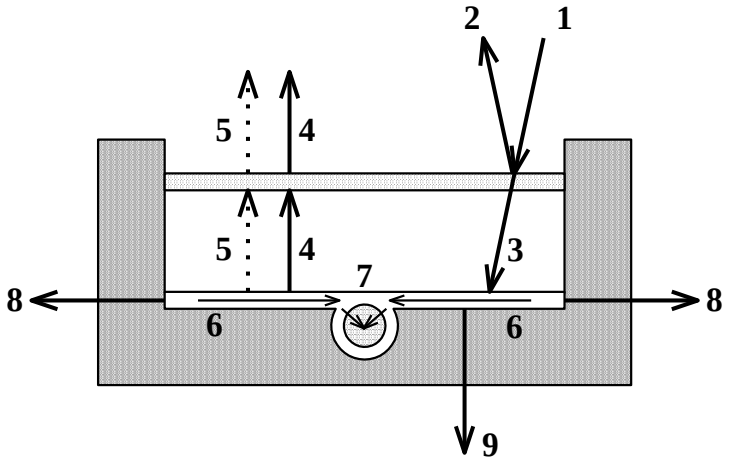


Рис. 1. Основные энергетические потоки в плоском солнечном коллекторе: 1 – падающее солнечное излучение, 2 – отраженное излучение (оптические потери), 3 – солнечное излучение, падающее на поглощающую панель, 4 – конвективные тепловые потери, 5 – радиационные тепловые потери, 6 – перетоки тепла по поглощающей панели, 7 – теплопередача от панели к теплоносителю, 8 – тепловые потери через боковые стенки, 9 – тепловые потери через заднюю стенку

Солнечный водонагреватель аккумуляционного типа отличается тем, что в нём функции поглощения солнечной энергии и накопления полученного тепла выполняет единое устройство, а поглощающая панель является одной из стенок бака-аккумулятора. Такое совмещение функций позволяет построить принципиальную схему аккумуляционной СВУ, приведённую на рис. 2.

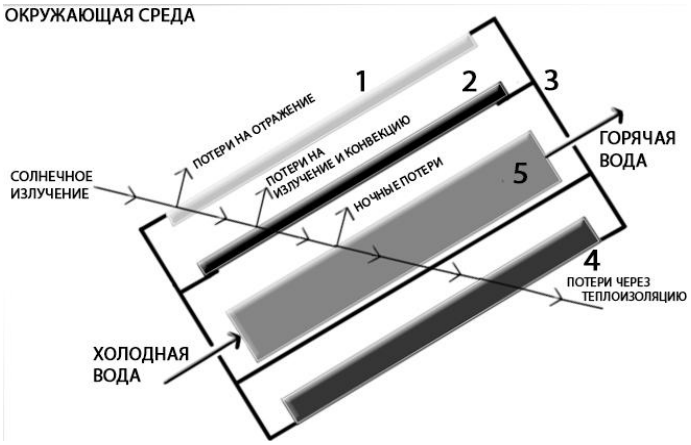


Рис. 2. Принципиальная схема СВУ аккумуляционного типа:
1 – остекление, 2 – поглощающая панель, 3 – корпус СВУ,
4 – теплоизоляция, 5 – бак с нагреваемой водой.

Солнечное излучение проходит через остекление (1) и попадает на поглощающую панель (2). Панель нагревается и отдает часть тепловой энергии воде в баке-аккумуляторе (5). Нагреваемая вода поднимается вверх вдоль поглощающей панели, что приводит к возникновению температурной стратификации. Горячая вода скапливается в верхней части бака-аккумулятора СВУ. В периоды недостаточной для нагрева воды в аккумуляционной СВУ интенсивности солнечного излучения циркуляция воды в баке не прекращается, но изменяется её направление, и вода в баке-аккумуляторе выхолаживается через остекление. Направление циркуляции

возобновляется, если интенсивность солнечного излучения возрастает до необходимого уровня.

Использование полимерных и композиционных материалов позволяет упростить конструкцию аккумуляционной СВУ и снизить её стоимость путём замены сварки, пайки, механообработки и сборки сложной конструкции формованием крупных деталей из полимерного композита и их склейкой. Можно также отказаться от корпуса установки как отдельного элемента, совместив его с одной из стенок бака-аккумулятора. В результате получается схема, приведённая на рис. 3.

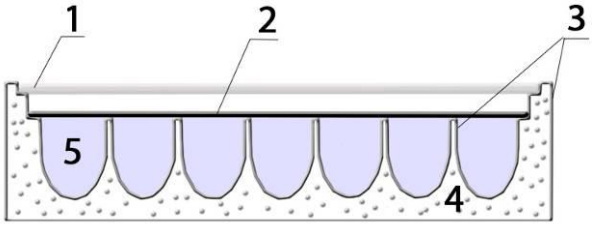


Рис. 3. Принципиальная схема СВУ аккумуляционного типа из полимерных композиционных материалов: 1 – прозрачная теплоизоляция, 2 – поглощающая панель, 3 – бак-аккумулятор/корпус СВУ, 4 – тыльная теплоизоляция, 5 – нагреваемая вода

Остекление (1) может быть выполнено из гнутого по дуге большого диаметра листа прозрачного пластика (предпочтителен поликарбонат). Изогнутая форма обеспечивает жёсткость остекления и позволяет использовать тонкий лист, обладающий высокой прозрачностью при низкой стоимости. Поглощающая панель (2) выполняется из фольги с покрытием, поглощающим солнечное излучение, и возможно армируется стеклотканью. Если прочности панели будет недостаточно, панель можно выполнить неплоской формы из стеклопластика и покрыть специальной краской. Несущей деталью СВУ является совмещённый с задней стенкой бака корпус (3), который предполагается изготавливать из стеклопластика. Тыльная теплоизоляция, составляющая единое целое с корпусом, изготавливается из вспенивающегося материала, причём в качестве формы используется сам корпус. Поскольку для изготовления тыльной теплоизоляции предполагается применять материал с закрытыми порами (пеноэпоксид), задняя стенка корпуса не требуется. В результате склейки поглощающей панели и корпуса образуется секционированный бак СВУ, заполненный нагреваемой водой (5), а после приклеивания к корпусу остекления лицевая сторона СВУ получает прозрачную теплоизоляцию, создаваемую воздушной прослойкой между остеклением и поглощающей панелью. В результате установка состоит всего из трёх деталей, которые склеиваются при сборке, и тыльной теплоизоляции из вспениваемого материала.

Отказ в схеме установки от отдельного несущего корпуса СВУ и изготовление установки всего из трёх основных деталей позволяет сократить число технологических операций при её производстве и, в конечном счёте, её себестоимость. Схема разработанного и изготовленного полноразмерного макета такой установки апертурной площадью 1,44 м^2 приведена на рис. 4, а общий вид изготовленного макета для экспериментальных исследований гидродинамических процессов и теплообмена в баке-аккумуляторе – на рис. 5.

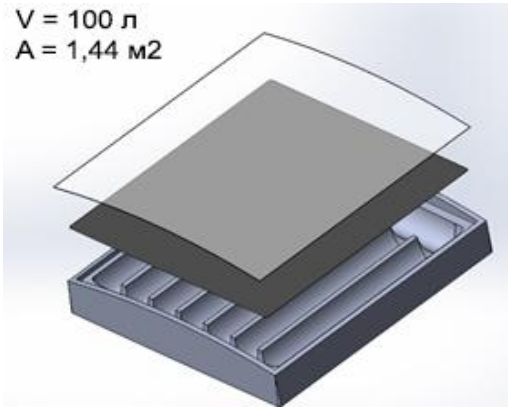


Рис. 4. Полноразмерный макет СВУ



Рис. 5. Общий вид макета СВУ для исследования гидродинамических процессов и теплообмена в баке установки

Последний отличается тем, что его композитная поглощающая панель оснащена тканевыми нагревательными элементами. Панель изготовлена методом вакуумной инфузии, корпус макета – ручным формованием на предварительно изготовленной матрице. В серийном производстве корпус предполагается изготавливать методом горячего прессования, обеспечивающим минимальную стоимость изделия при годовом объёме производства 5…20 тыс. шт.

Тыльная сторона корпуса макета заливалась пеноэпоксидом низкой плотности. После заливки корпуса производилось отверждение пеноэпоксида при комнатной температуре. В это же время происходило его вспенивание.

Из технико-экономических соображений могут быть отобраны два основных вида продуктов, которые позволяют обеспечить создание СВУ с селективным покрытием поглощающей панели:

1. Покрытия, которые возможно наносить без дополнительного оборудования (селективные краски). Селективные краски представляют собой комбинацию металла и диэлектрика, как правило, получаемую гальваническим методом (сульфид никеля – сульфид цинка, медь – оксид меди, хром – оксид хрома). Такая комбинация обеспечивает хорошо поглощающую солнечное излучение чёрную матрицу диэлектрика и не позволяет испускать (отражает за счет металлических частиц) собственное инфракрасное излучение.

2. Готовые полуфабрикаты – фольга с нанесённым селективным покрытием. Последнее, как правило, наносится в вакууме (иногда гальваническим способом) и представляют собой многослойное покрытие, нанесенное на металлическую фольгу (медь, алюминий, сталь). Как правило, покрытие имеет в своем составе три слоя:

верхний противоотражающий слой, промежуточный поглощающий слой и нижний слой, отражающий инфракрасное излучение.

Оба вида продуктов имеют как плюсы, так и минусы. Напыляемые краски более дёшевы в расчете на квадратный метр, однако обычно обладают худшими характеристиками с точки зрения устойчивости к внешнему воздействию, поглощательной и излучательной способностей. Фольга с нанесённым покрытием, как правило, более эффективна с технической точки зрения, так как наносится с помощью специального оборудования в крупносерийном производстве. Однако в её стоимость входит амортизация этого оборудования, также необходима транспортировка фольги, существенно более дорогая, чем транспортировка краски (в России такая фольга, как и селективные краски, не производятся), поэтому такой вариант является более дорогостоящим.

Нанесение селективного покрытия на поглощающую панель СВУ предполагается выполнять окраской панели в штампе (для селективной краски) или её формованием совместно с металлической фольгой с селективным покрытием. Оба метода позволяют изготовить поглощающую панель СВУ с качественным покрытием с высокой адгезией. Окончательный выбор того или иного метода в производстве будет определяться характеристиками покрытий на фольге или краски на композите.

Отработку на экспериментальных образцах конструкции СВУ аккумуляционного типа и технологии её производства предполагается выполнить к концу 2016 г. Себестоимость разрабатываемой установки при объёме производства 5…20 тыс. шт. в год должна составить 6…8 тыс. руб.

Литература

1. Mauthner F., Weiss W. Solar Heat Worldwide. Markets and Contribution to the Energy Supply 2012. 2014 ed. // 2014. http://www.iea-shc.org/solar-heat-worldwide
2. Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект». 2013. 888 с.

УДК 697.329(571.56)

АВТОНОМНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ САХА ЯКУТИЯ (П. ЖАТАЙ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ И ЭНЕРГИИ СОЛНЦА*

Цветков Н.А., Кривошеин Ю.О.
ФГБОУ Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Вследствие малой плотности населения на больших территориях России наблюдается слабая хозяйственная деятельность. Это и определяет автономный характер энергообеспечения потребителей. В качестве наиболее яркого примера децентрализованного энергообеспечения потребителей на громадных территориях можно привести Якутию, где 2,2 млн. кв. км территории с населением 150 тыс. человек обеспечивается электроэнергией и теплом от 129 автономных дизельных электростанций [1].

Многолетними исследованиями Института высоких температур Российской академии наук (ИВТ РАН) установлено [2], что в сегодняшних границах России наиболее «солнечными» являются не районы Северного Кавказа, как предполагают многие, а регионы Приморья и Юга Сибири (от 4,5 до 5,0 кВт·ч/м^2 в день). Интересно, что Северный Кавказ, включая известные российские черноморские курорты (Сочи и др.), по среднегодовой солнечной радиации относится к той же зоне, что и большая часть Сибири, включая Якутию (4,0-4,5 кВт·ч/м^2 в день). Более 60% территории России, в том числе и многие северные районы, характеризуются среднегодовым поступлением солнечной энергии от 3,5 до 4,5 кВт·ч/м^2 в день.

Этому свидетельствует карта солнечной активности на территории России без Крыма (рис. 1).



Рис. 1. Интенсивность поступления солнечной энергии на территории России [3].

* Работа выполнена при финансовой поддержке проектов Минобрнауки РФ (№02.G25.31.0022 и №02.G25.31.0107).

Энергия солнечной радиации, падающая на Землю, в 10 000 раз превышает количество вырабатываемой человечеством энергии [3]. Непрерывный рост цен на традиционные источники энергии заставляет в программы энергетической безопасности многих стран вкладывать средства для активного использования возобновляемых источников. В последние годы в России многими регионами, особенно «северными» закладывается в планы социально-экономического развития частичное замещение традиционных источников на возобновляемые из-за значительных затрат на доставку топлива к потребителям. Использование известных технологий и оборудования в конкретных регионах и муниципальных образованиях Сибири требует тщательного научного и экономического обоснования с практической апробацией в виде пилотных проектов.

Таким проектом стало строительство энергоэффективного квартала в п. Жатай республики САХА Якутия, где возводятся малоэтажные дома с теплоснабжением от автономных газовых котлов и от солнечных коллекторов для системы горячего водоснабжения (ГВС). В этой работе активное участие принимает Томский государственный архитектурно-строительный университет и НПО «Внедрение энергосберегающих технологий» (г. Томск, Генеральный директор Кривошеин О.Ю.).

Первый энергоэффективный 23-квартирный дом с одним подъездом по ул. Матросова 9 был построен и сдан в эксплуатацию в декабре 2012 года и заселен в декабре 2012 – январе 2013 года. В этом доме реализована автономная система отопления и вентиляции (рис. 2) от двух газовых котлов. Резервное теплоснабжение – от центральных тепловых сетей. В автономной системе горячего водоснабжения используется один газовый котел и три системы из последовательно соединенных вакуумных солнечных коллекторов с 20 тепловыми трубками (рис.3).

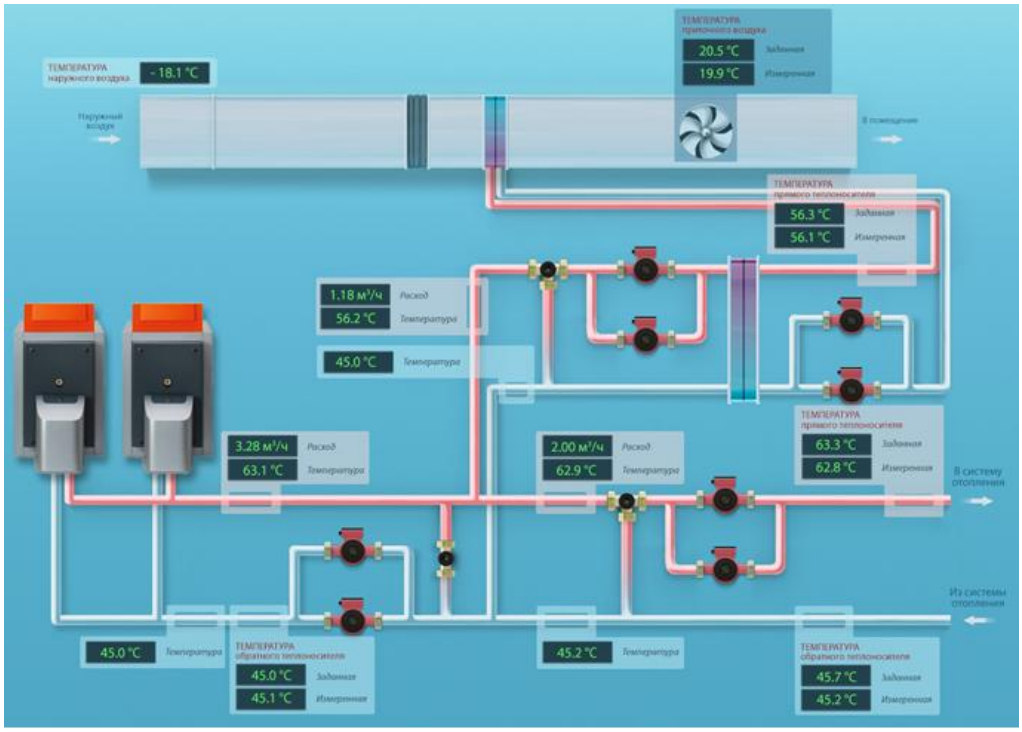


Рис. 2. Мнемосхема диспетчерского контроля и управления системой отопления и вентиляции.

Особенностью системы вентиляции является контур подогрева холодного воздуха с независимым присоединением. В качестве теплоносителя в нем используется

низкозамерзающая жидкость (до минус 40 °С). Приточно-вытяжная система вентиляции обеспечивает рекуперацию теплоты от выбрасываемого вентиляционного воздуха.

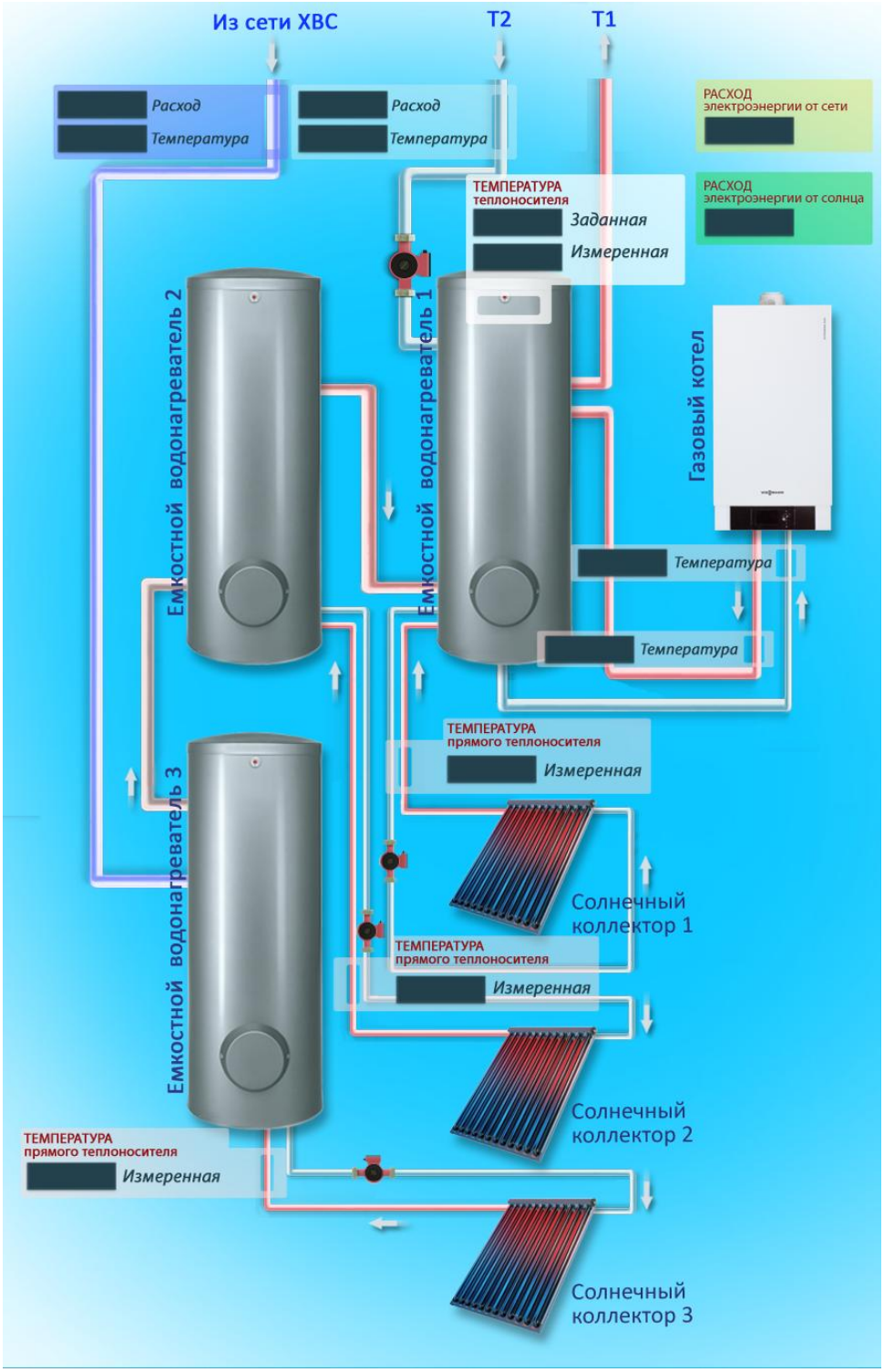


Рис 3. Мнемосхема автономной системы ГВС

Представленные мнемосхемы (рис 2 и рис. 3) используются для непрерывного мониторинга потребления генерируемых энергоресурсов от газовых котлов и от солнечных коллекторов в разработанной системе диспетчерского контроля с функцией

удаленного доступа. Программы обеспечения связи с GPRS модемами и TCP коммуникаторами представлены в свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619333 [4]. Диспетчерский программный комплекс доставки, хранения, анализа и представления данных представлен в свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619668 [5].

На функциональной схеме системы ГВС (рис. 4) показано, что каждый из трех теплообменников 3, включенных последовательно, независимо связан с одной системой коллекторов 4. Газовый котел 1 через теплообменник 2 «доводит» температуру воды до требуемой в последнем теплообменнике перед подачей в систему ГВС.

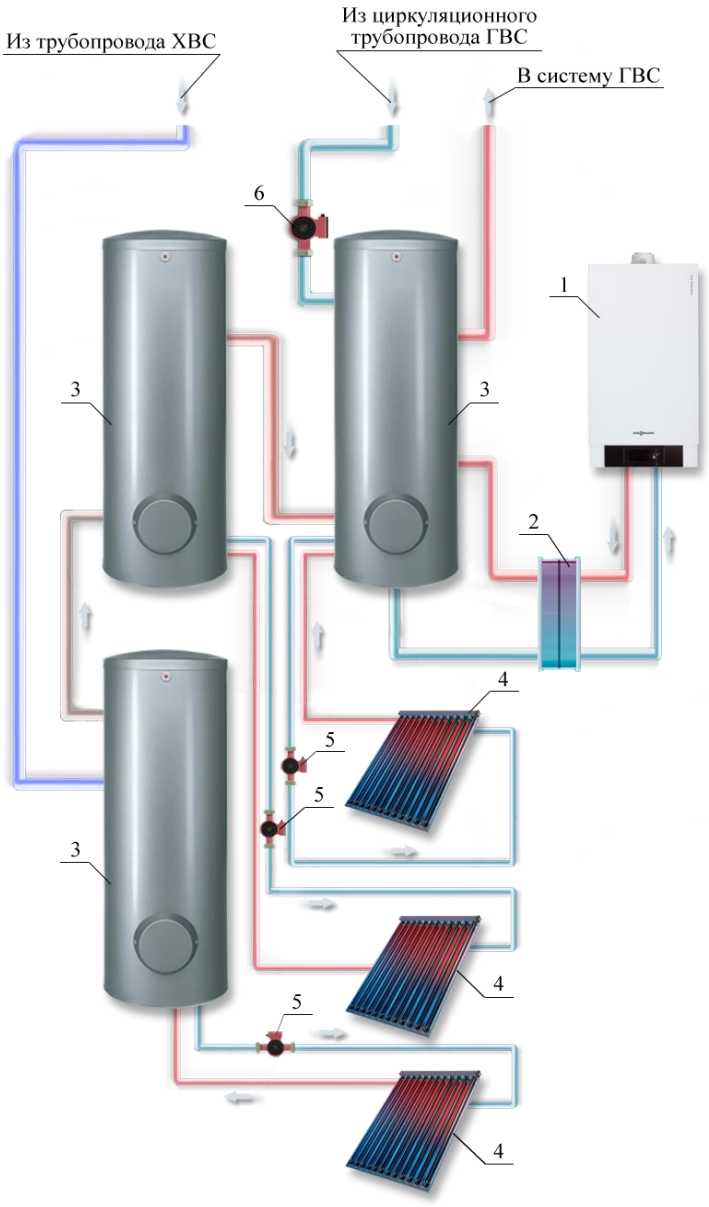


Рис. 4. Вариант функциональной схемы системы ГВС [6]

Спецификация использованного оборудования представлены в табл. 1, позиции в которой совпадают с позициями на рис. 3.

Таблица 1. Спецификация оборудования системы горячего водоснабжения

Позиция	Наименование	Ед. изм.	Кол-во
1	Газовый конденсационный котел Vitodens 200-W WB2C 45 кВт	компл	1
2	Пластинчатый теплообменник 60кВт, F=0,46 м2, Nпласт=14 шт	шт.	1
3	Емкостной водонагреватель РТ1-304/1000 с теплоизоляцией	компл	3
4	Вакуумные трубчатые коллекторы СВК 58/1800-30 (20 трубок)	компл	21
5	Насос циркуляционный UPS 25-80 серии 100, Ду25	шт.	3
6	Насос циркуляционный UPS 25-80В серии 100, Ду25	шт.	1

Три системы из последовательно соединенных вакуумных трубчатых коллекторов смонтированы на плоском покрытии дома с ориентацией на юг (рис. 5). Расстояния между тепловыми трубками исключают задержку снега на их поверхностях. В качестве резервного источника электроэнергии для циркуляционных насосов 5 (рис. 4) используются солнечные батареи.

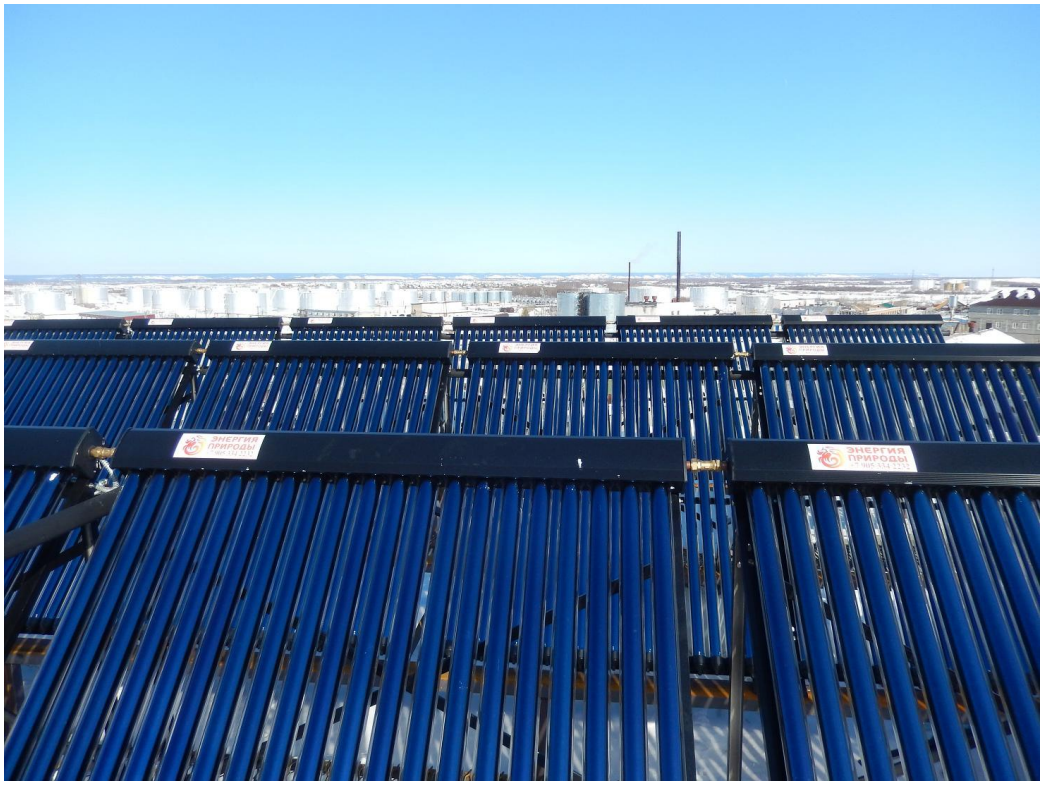


Рис. 5. Расположение солнечных коллекторов на плоском покрытии жилого дома

В построенном доме отсутствуют подвальные помещения, поскольку этот дом и строительство последующих двухподъездных 40-квартирных домов осуществляется на вечной мерзлоте. Поэтому компоновка основного оборудования системы ГВС реализована на площадях технического этажа под покрытием здания (рис. 6).

Разработанную систему ГВС, как показал опыт эксплуатации, желательно дополнить баком аккумулятором.



Рис. 6. Общий вид компоновки теплообменников системы ГВС

Эффективность разработанной и реализованной системы ГВС за период с января по сентябрь 2013 года, представлена в табл. 1. Данные получены по приборам коммерческого учета.

Таблица 1. Эффективность реализованной системы ГВС в 2013 году

Месяц	Теплота на ГВС от газового котла, ГКал	Теплота на ГВС от солнечных коллекторов, ГКал	Теплота на ГВС всего, ГКал	Доля теплоты на ГВС от солнечных коллекторов, %
Январь	2,44	0,18	2,62	6,87
Февраль	3,86	0,21	4,07	5,16
Март	2,56	2,44	5,00	48,80
Апрель	1,48	5,07	6,55	77,40
Май	0,93	6,89	7,82	88,11
Июнь	0,54	7,73	8,27	93,47
Июль	0,38	7,48	7,86	95,17
Август	0,00	6,23	6,23	100,00
Сентябрь	1,60	5,18	6,78	76,40
ВСЕГО	13,79	41,41	55,20	75,02

В связи с необходимостью импортозамещения в России потребовалась разработка автоматизированной системы коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) на основе использования высокопроизводительных малопотребляющих 32-разрядных RISC-микроконтроллеров производства компании «Миландр» (г. Зеленоград). На основе серийно выпускаемых этой компанией в настоящее время

однофазных счетчиков электрической энергии «Милур 104» с унифицированными платами на базе таких микроконтроллеров разработан действующий макет подсистема АСКУЭ по непрерывному мониторингу и поквартирному учету электрической энергии с функцией удаленного доступа (рис.7). Установленная на унифицированной плате счетчика интерфейсная микросхема К5559ИН10 отвечает за передачу данных в систему АСКУЭ. Разработанная мнемосхема трехтарифного потребления электроэнергии показана на рис. 8.

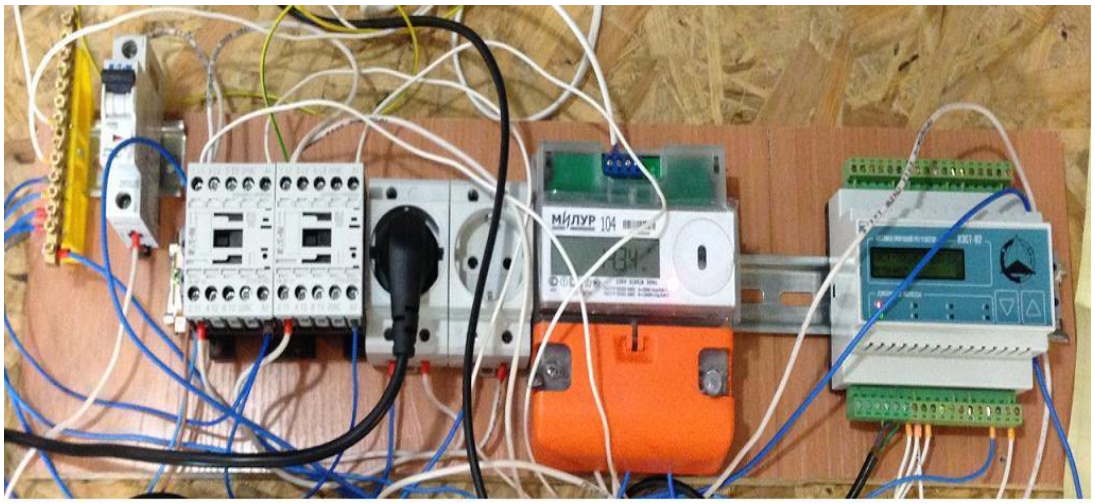


Рис. 7. Экспериментальный действующий макет подсистемы учета электроэнергии



Рис. 8. Мнемосхема трехтарифного потребления электроэнергии

В ходе выполнения проекта №02.G25.31.0107 по постановлению Правительства РФ №218 «Реализация комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства интеллектуальных приборов энергоучета, разработанных и изготовленных на базе отечественных микроэлектронных компонентов, и гетерогенной автоматизированной системы мониторинга потребляемых энергоресурсов на их основе», компанией «ПКК Миландр», Томским университетом систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) и Томским государственным

архитектурно-строительным университетом (ТГАСУ) за период 2014-2016 годы будет разработана и осуществлен запуск производства новой гетерогенной системы АСКУЭ. В части учета потребления электрической энергии в этой системе будут использоваться разрабатываемый однофазный счетчик «Милур 105» и разрабатываемый трехфазный счетчик «Милур 305» с межповерочным интервалом 16 лет и сроком службы не менее 30 лет. Срок хранения информации при отключении питания в этих счетчиках будет составлять 10 лет.

Новая гетерогенная система АСКУЭ будет обладать возможностями обеспечивать надежную передачу данных через оптический порт, по выделенной линии (RS-485), по силовой линии (PLC) и по радиоканалу (ZigBee).

В ходе выполнения проекта №02.G25.31.0107 по постановлению Правительства РФ №02.G25.31.0022 «Разработка и запуск в производство технологии строительства энерго-ресурсосберегающего жилья экономического класса на основе универсальной полносборной каркасной конструктивной системы» ОАО «Томская домостроительная компания» (ТДСК) и ТГАСУ (2013-2015 годы) закладывается в проектную документацию новых домов применение новой АСКУЭ.

Монтаж и испытания новой АСКУЭ планируется осуществить в 2016 году на одном из построенных Томской домостроительной компанией многоквартирном панельном доме. Далее эта система может быть заложена во все проекты домов ТДСК.

Новая АСКУЭ уже закладывается в проектную документацию энергоэффективных домов, которые будут строиться в республике САХА Якутия (п. Жатай).

Литература

1. Цветков, Н.А. Тенденции развития конструкций ветряных двигателей с улучшением экологических характеристик /Н.А. Цветков, Л.Н. Цветкова, С.В. Михалап // Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: материалы Четвертой Всероссийской конференции с международным участием, 27-28 февраля 2014 г. [Текст] / под ред. Т.Ю. Овсянниковой – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – С. 251-256.
2. Официальный сайт «Освой Свой Дом». Использование солнечной энергии. Солнечный коллектор. – Условия доступа: http://osvoidom.ru/ispolzovanie-solnechnoj-energii-solnechnyj-kollektor (дата обращения 14.04.2014).
3. Официальный сайт «Портал-энерго. Эффективное энергосбережение». География и особенности применения солнечных коллекторов в России. – Условия доступа: http://portal-energo.ru/articles/details/id/126 (дата обращения 18.02.2015).
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619333 "Программы обеспечения связи с GPRS модемами и TCP коммуникаторами". Дата регистрации 2 октября 2013 года.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619668 "Диспетчерский программный комплекс доставки, хранения, анализа и представления данных". Дата регистрации 11 октября 2013 года.
6. Кривошеин Ю.О., Саврасов Ф.В., Цветков Н.А. Разработка и реализация системы горячего теплоснабжения с использованием солнечной энергии / Материалы I Международной конф. студентов и мол. Ученых «Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы», Томск, 11-12 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во Томск. гос. арх.-строит. ун-та, 2014. – С. 152-153.

УДК. 621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЕКАТЕРИНБУРГА

Джелайни А.Т.

Александрийский университет, г. Александрия (Египет)

Немихин Ю.Е., Щеклеин С.Е.
Уральский федеральный университет, г .Екатеринбург

Фотоэлектрические установки успешно применяются в самых разнообразных специализированных приложениях, включая удаленные связи, космос, и заняли незаменимое место [1], [3] и [4]. В последние десятилетия большой интерес вызывает применение фотоэлектрических станций для энергообеспечения малоэтажных зданий.

В состав фотоэлектрической системы входят не только фотоэлектрические модули, но также много силовой электроники в качестве интерфейса между фотоэлектрическими модулями и нагрузками для эффективного и действенного использования естественно доступной солнечной энергии [5]. Производительность электростанции зависит от ряда факторов, включая проводку, затенение, расположение площадки, климат и нескольких механизмов потерь [6]. Например, грязь и пыль способны блокировать солнечное излучение и уменьшать выработанную мощность до 70% [7]. Постоянный ток, который генерируется ФЭУ, теряется при преобразовании постоянного тока в переменный, но современные инверторы имеют КПД до 98% [6]. В (табл. 1) показаны рассчитанные величины коэффициента PR для ФЭУ с разными местоположениями [6].

Таблица 1. Расчетный коэффициент производительности PR для различных местоположений.

Год	Местоположение	Диапазон	сред значение
1980	Весь мир	0.50-0.75	Индивидуальные оценки
1990	Весь мир	0.25-0.90	0.66
1990	Весь мир	0.50-0.85	0.65-0.70
1990	Германия	0.38-0.88	0.67
2000	Франция	0.52-0.96	0.76
2000	Бельгия	0.52-0.93	0.78
2000	Тайвань	<0.3->0.9	0.74
2000	Германия	0.70-0.90	0.84

Фотоэлектрическая система.

ФЭУ состоит из трех фотоэлектрических блоков мощностью 3050 Вт (750 Вт, 500 Вт и 1800 Вт). Паспортное напряжение и ток холостого хода: 36 вольт и 50 ампер. Банк батарей состоит из 2-х батарей емкостью 100 А. (Рис. 1) и (табл. 2) показывают основные части С системы. Всё электрические характеристики фотоэлектрической системы регистрируются с помощью системы мониторинга, которая соединена с лабораторным компьютером [2].

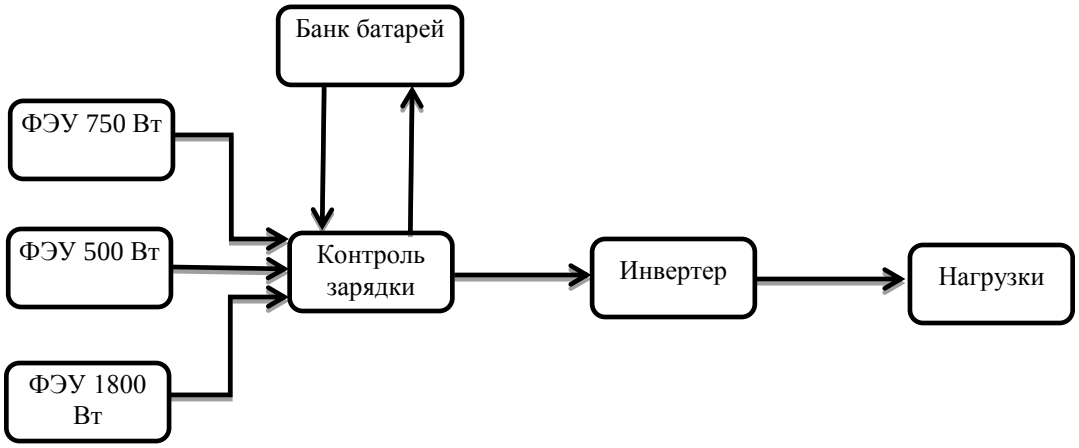


Рис. 1. Экспериментальная ФЭУ. Мощность 3050 Вт, Екатеринбург.

Таблица 2. Характеристики компонентов системы.

Контроль зарядки	Xantrex (XW - MPPT60-150), Напряжение 12,24,36,48,60, диапазон напряжение ФЭУ 140-150 в, ток короткого замыкания ФЭУ 60 А, рабочий диапазон температуры от 20 до 45ºС.
Банк батарей	Дельта сериал DTM 100 А·ч - 12 в, Макс. ток 30 А, размер 330*171*214 мм, вес 32 кг.
Инвертор	Мощность 8.8 кВт, автозащита при коротком замыкании, КПД от 85 до 90%, напряжение от 180 до 280 в, время переключения (инвертор - сеть) 5 сек, и (сеть - инвертор) от 15 до 20 сек.

Экспериментальная установка и теоретические основы

Для расчета коэффициента производительности ФЭУ необходим ряд параметров. Эти параметры содержат информацию метеорологического характера (солнечная радиация), которая синхронно получается от метеостанции. Коэффициенты потерь элементов силового оборудования *f*, который показан в таблице 3 [10], и эффективности фотоэлектрических модулей приведены в паспорте фотоэлектрических модулей.

Коэффициент PR может быть определен следующим образом [8]:

$$PR = \frac{\text{Фактическая выработанная мощность в кВтч}}{\text{Расчетноевыработанная мощностьав кВтч}} \quad (1)$$

$$PR = \frac{E_{pv,AC}}{E_{pv,calc,}} \quad (2)$$

Выработанная мощность ФЭУ может быть определена следующим образом [9]

$$P_{pv} = P_n \times f \times \left[\frac{G_T}{G_{stc}}\right] \times [1 + \alpha \ (T_s - T_{stc})] \quad (3)$$

Where:

P_{pv} выработанная мощность солнечной батареи [Вт]

P_n номинальная мощность солнечной батареи, то есть его мощность при стандартных условиях испытаний [Вт]

f коэффициент снижения выработки электроэнергии ФЭУ [%]

G_T солнечная радиация, падающая на солнечный батареи в текущем временном шаге [Вт / м^2]

G_{stc} солнечная радиация при стандартных условиях испытаний [1000W / м^2]

α температурный коэффициент мощности [% / ° C]

T_s температура солнечной батареи в текущем временном шаге [°C]

T_{stc} температура при стандартных условиях испытаний [25 °C]

Коэффициент снижения выработки электроэнергии ФЭУ, это коэффициент, который может быть применен к учету мощности фотоэлектрических панелей в реальных условиях эксплуатации по сравнению со стандартными условиями, при которых фотоэлектрические панели были оценены. Коэффициент снижения выработки электроэнергии ФЭУ принимает во внимание многие факторы, такие как загрязнение панелей, потери проводки, затенение, снежный покров, старение, и так далее, как показано в (табл. 3) [10].

Таблица 3. Расчет коэффициента снижения выработки электроэнергии СФЭУ при производстве электроэнергии при нормальных условиях [10].

Параметры	**Значение**	**Диапазон**
Фотоэлектрический модуль	0.95	0.80 - 1.05
КПД инвертора	0.98	0.88 - 0.97
Схемные потери	0.98	0.97 - 0.995
Коммутационные коробки	0.995	0.99 - 0.997
Потери в кабелях постоянного тока	0.98	0.97 - 0.99
Потери в кабелях переменного тока	0.99	0.98 - 0.993
Загрязнение поверхности	0.95	0.30 - 0.995
Пригодность системы	0.98	0.00 - 0.995
Затемнение	1.00	0.00 - 1.00
Слежение за солнцем	1.00	0.95 - 1.00
Срок старения	1.00	0.70 - 1.00
Полный коэффициент потерь	0.77	

Система мониторинга

Система мониторинга была установлена в Уральском федеральном университете Российской Федерации. Система связана с метеорологией станции, ФЭУ, контроллером заряда, инвертором и нагрузкой сети. Все необходимые данные собираются каждую минут, и может быть получены с помощью компьютерной программы.

Данные выполнялись 9-го декабря 2014 через систему мониторинга, установленной в лаборатории кафедры атомных станций и возобновляемых источников энергии в Уральском федеральном университете, Россия. Синхронно регистрировались: приход солнечной радиации Вт/м^2, температура окружающей среды, ток I и напряжения V.

Температурный диапазон был от 16 до 19ºС и максимальный приход солнечной радиации 209 Вт / м^2 был в 12:50 часов.

Данные, приведенные (рис. 2), показывают, что в течение дня ожидаемая выработанная мощность увеличивалась до полудня, а после этого снижалась. Это связано с суточным ходом солнечной радиации. Характер суточного изменения мощности ФЭС был таким же.

Как показано рис. 3, рис. 4 коэффициент производительности ФЭУ с номинальной мощностью 750 Вт был в диапазоне от 0,33 до 0,95 с средним значением 0,64. Таким образом, эти значения могут быть сопоставлены со значениями коэффициента эффективности ФЭУ в Германии [7], которые варьировались от 0,38 до 0,88 в зависимости от местоположения.

Значения коэффициента производительности для всех экспериментальных установок изменялись в течение суток вследствие суточного хода солнечной радиации, падающего снега и переменной облачности.

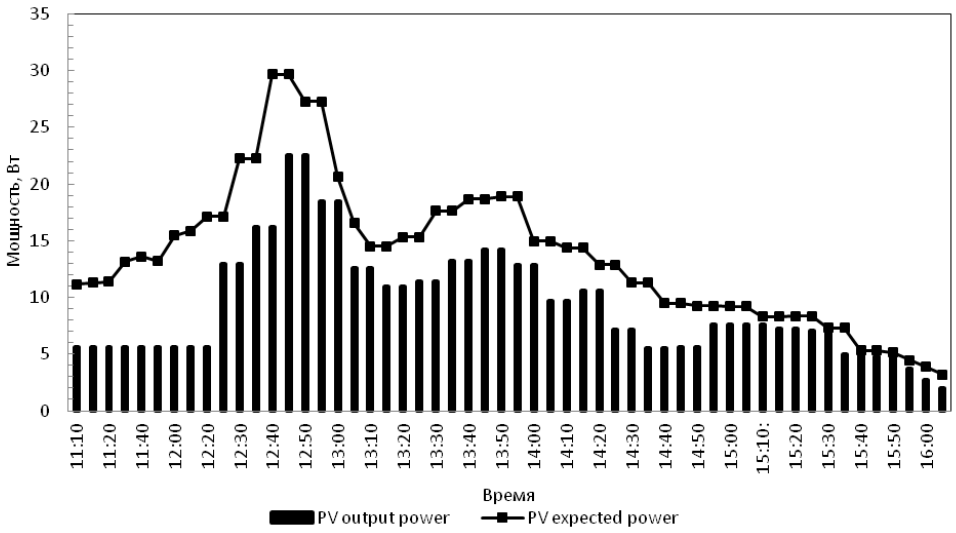


Рис. 2. Ожидаемая и фактическая мощность ФЭУ с номинальной мощностью 750 Вт.

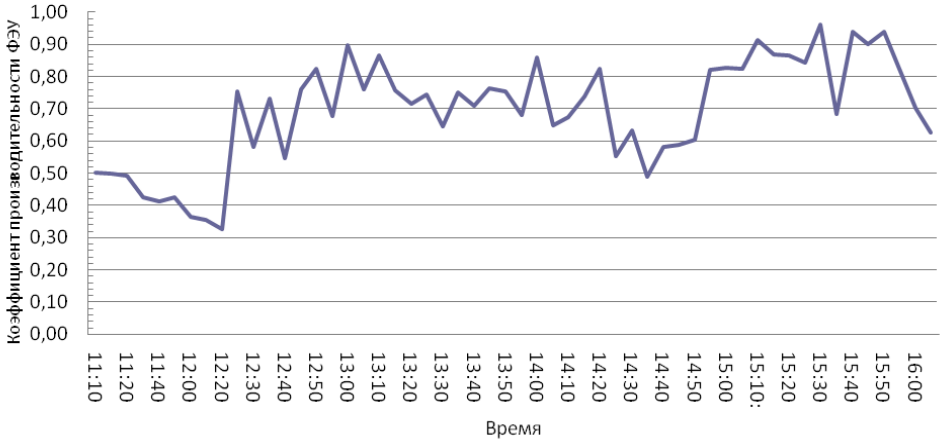


Рис. 3. Коэффициент производительности ФЭУ с номинальной мощностью 750 Вт.

Выводы

Коэффициент производительность (PR) является важным показателем, который позволяет осуществлять контроль эффективности ФЭУ. Это позволяет обнаруживать и оперативно устранять проблемы снижения эффективности.

Коэффициент производительность (PR) ФЭУ в Екатеринбурге колеблется между 0,3 и 0,95 со средними значениями до 0,64. Эти значения будут уменьшать ожидаемую выработанную мощность ФЭУ по сравнению паспортными значениями.

Литература

1. Mary DA, Robert H. Clean electricity from photovoltaic.- London: Imperial College Press, 2001.
2. Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е., Невьянцев С.В., Коржавин С.А. Комплекс дистанционного мониторинга установок возобновляемой энергетики с использованием Wi-Fi каналов и элементов технического зрения.// WIT Transactions on Ecology and The Environment. Volume 2, 2014. S. 1185-1194.
3. SC WANG. Prospect and problems of photovoltaic power. Int Electr Power China 1997; 1(4):21–3.
4. Ming Li, Xu Ji, Guoliang Li, et.al. Performance study of solar cell arrays based on a Trough Concentrating Photovoltaic/Thermal system. Applied Energy 88 (2011), 3218–3227.
5. Savita Nema, R.K.Nema, Gayatri Agnihotri. Matlab / simulink based study of photovoltaic cells / modules / array and their experimental verification. Energy and environment. Volume 1, Issue 3, 2010 pp.487-500.
6. Achime Woyte, Mauricio Richter, David Moser, et.al. Monitoring of photovoltaic system: Good practices and system analysis. 28th European solar energy conference an exhibition, Paris 2013.
7. B. Marion, J. Adelstien, K. Boyle, et.al. Performance parameters grid-connected PV system. 31st IEEE photovoltaic specialists' conference. 2005, pp. 1601- 1606.
8. Cristian P. Chioncel et.al. Performance ratio of a photovoltaic plant.International journal of engineering, ISSN: 1584-2665. 2009.
9. Hofierka, J, and J. Kanuk. 2009. Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools. Renewable Energy (34): 2206-2214.
10. National Renewable Energy Laboratory NREL.CSI Incentive Calculator User Guide? http://rredc.nrel.gov/solar/codes_algs/PVWATTS/system.html.

УДК 62.682

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН

Елистратов С.Л., Елистратов Д.С.
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск

Развитие особых экономических зон туристско-рекреационного типа (ОЭЗТРТ), зон круглогодичного отдыха, создание плотных жилых застроек в экологически привлекательных районах требует создания современной инженерной инфраструктуры теплоснабжения, отвечающей самым высоким экологическим требованиям к охране окружающей природной среды и здоровья населения.

Высокая сейсмичность, свойственная регионам Горного Алтая и Прибайкалья, а также близкозалегающие к поверхности земли горные породы, делают труднореализуемым использование низкопотенциального тепла сухого грунта с прокладкой горизонтальных и вертикальных грунтовых коллекторов. Использование для их работы незамерзающих жидкостей может нанести вред окружающей природной среде. Вместе с тем, наличие развитой природной сети водных источников: горных рек и озер, незамерзающих ручьев и водопадов, приповерхностных подземных водоносных горизонтов, создают благоприятные условия для применения парокомпрессионных теплонасосных установок (ТНУ). Прямое копирование опыта других стран не всегда позволяет достичь положительного результата.

Низкая, всего несколько градусов Цельсия в зимний период времени, температура воды требует применения специальных мер для предотвращения замерзания воды в испарителе теплового насоса. Использование высокоэффективных пластинчатых теплообменников может привести к выходу ТНУ из строя. По этой причине для отопления здания Байкальского музея в п. Листвянка в составе ТНУ были использованы испарители с внутритрубным оребрением и разработана специальная автоматика, поддерживающая температуру байкальской воды на выходе из испарителя на уровне 0,3…0,5°С. За многолетний период работы не было отмечено ни одного случая аварийной остановки этой ТНУ по причине перемерзания воды в испарителе. Такое решение проблемы использования в качестве низкопотенциальных источников тепла природной воды с температурами менее 5°, существенно расширяет область применения ТНУ в рекреационных зонах. Становится возможным применить для работы ТНУ теплоту подрусловых вод с температурой в зимний период 3…5°С. Их химический состав не отличается от химического состава воды в реке, что позволяет использовать неглубокие, порядка 5..20 метров, расположенные на берегу скважины с организованным сбросом охлажденной в испарителях ТНУ до 0,5°С подрусловой воды в реку. Городской водозабор г. Горно-Алтайска и пос. Маймы использует воду подрусловых вод реки Катунь. На других горных реках Сибири и Алтая также имеются возможности для использования теплового потенциала подрусловых вод при создании ТНУ.

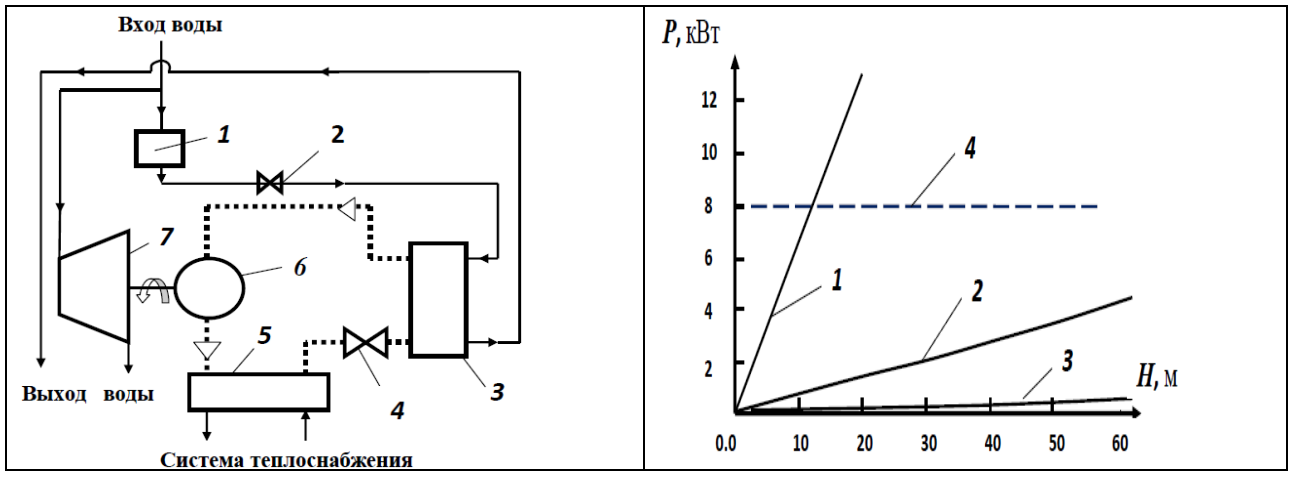
Для работы парокомпрессионных ТНУ необходима электроэнергия, дефицит которой может стать основным ограничивающим их применение фактором. В ряде случаев для этих целей может быть использован гидравлический потенциал горных потоков. Например в горной части Алтая, имеются реки, ручьи и водопады с высокой скоростью течения и (или) большими перепадами высот на относительно коротких участках. Но практика показала, что получение электроэнергии для ТН с помощью различного рода гидроэнергетических установок экономически не всегда выгодно. Поэтому актуальным становится разработка специальных ТН, не требующих для своей работы электроэнергии.

Тепловой насос с гидротурбинным приводом (рис.1) можно рассматривать в качестве одной из разновидностей гидроэнергетических установок, в которых осуществляется преобразование энергии потока воды в механическую энергию вращения выносного вала компрессора ТН и тепловую энергию для теплоснабжения. Их преимуществом является предельная простота и надежность. Принципиально такая ТНУ отличается от рукавной микроГЭС тем, что к валу гидротурбины присоединяется не электрогенератор, а непосредственно вал компрессора ТН. Энергетические преобразования осуществляются не по традиционной схеме «водный поток-гидротурбина-электрогенератор-электродвигатель-компрессорТН», а по существенно более простому пути «водный поток-гидротурбина-компрессор ТН». Кроме того, в качестве гидротурбины могут быть использованы серийно выпускаемые центробежные насосы, так как радиально-осевая гидротурбина и центробежный водяной насос являются обратимыми машинами. При необходимости к валу гидротурбины могут быть дополнительно подсоединены генераторы постоянного или переменного тока малой мощности.

В первом приближении механическую мощность на валу установки, использующей кинетическую и потенциальную энергию водотока, можно оценить по выражению:

$$P = g \cdot W \cdot \rho \cdot H \cdot \eta ,$$

где: g - ускорение свободного падения, м/с^2; W - расход воды, м^3/с; ρ - плотность воды, кг/м^3; H - максимальный располагаемый напор воды, м; η - КПД преобразования энергии потока воды в механическую.



а) б)

Рис.1. ТНУ с гидротурбинным приводом:

а) Принципиальная схема: **1** – самоочищающийся водяной фильтр; **2** –вентиль водяной регулировочный; **3** – испаритель; **4** – вентиль фреоновый терморегулирующий; **5** – конденсатор;**6** – компрессор с выносным валом; **7** – гидротурбина (обратимый водяной насос);
——►- направление движения воды; – – –▷направление движения хладагента.

б) Расчетная мощность на валу гидротурбины (КПД = 0,7): **1** – W = 0,1м^3/с (360 м^3/ч); **2** – W = 0,01м^3/с (36 м^3/ч); **3** - W = 0,001м^3/с (3,6 м^3/ч); **4**- параметры потока для гидротурбины постоянной мощности.

В качестве примера на рис.1 приведена кривая 4, определяющая требования к расходу и напору водного потока для ТН теплопроизводительностью 25 кВт. Исследование водотоков в долине реки Челушман Республики Алтай показали, что такие возможности имеются.

Тепловые насосы с гидротурбиной просты в изготовлении и практически не требуют затрат электроэнергии для своей работы, что позволяет рассматривать этот тип ТН в качестве альтернативного экологически чистого теплоисточника для зон рекреации с горными реками.

УДК 620.92

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ (СОЛНЦЕ И ВЕТРЕ) В УСЛОВИЯХ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Фомичев В.К., Церегородцева И.В.
ООО научно-производственная фирма «Энергия», г. Новосибирск

Жители нашей планеты обеспокоены нехваткой традиционных энергетических ресурсов и экологически неблагоприятной обстановкой при их использовании.

Многие страны мира внедряют программы по использованию так называемых «зеленых технологий». Европейские страны переходят на строительство энергоэффективных зданий, которые способны генерировать энергии больше, чем требуется для собственного потребления.

По мнению специалистов, Россия имеет большой потенциал в развитии солнечной энергетики. Учитывая показатели инсоляции различных регионов России, солнечная и ветряная энергетика может стать реальной альтернативой традиционным источникам энергии в Южном Федеральном округе, на юге Сибири и Дальнего Востока. К примеру, Краснодарский край и большая часть Сибири по инсоляции сравнимы с югом Франции и центральной частью Италии, где солнечная энергетика сейчас развивается бурными темпами.

В Краснодарском крае, Республике Алтай и Республике Саха (Якутия) уже введены в действие крупные солнечные электрические станции и планируется строительство новых.

Наша организация имеет опыт реализации и установки оборудования, работающего на возобновляемых источниках энергии в условиях Сибирского региона: Новосибирская, Томская, Кемеровская области, Алтайский край и Республика Алтай.

Пятилетний опыт работы показал, что в настоящее время установка данного вида оборудования еще не носит массовый характер, но количество потребителей с каждым годом увеличивается. Основных потребителей можно разделить на несколько групп:

1. Объекты, находящиеся в отдаленных районах, для которых это скорее вынужденная мера в условиях полного отсутствия энергоснабжения.

Например, туристическая база «Высотник» в горах Алтая (рис.1). Ближайший населенный пункт находится в 45 километрах. Высота над уровнем моря 1950 м. Основной вид транспорта – лошади. Дополнительно используются вертолеты.

В настоящее время на туристической базе установлена ветросолнечная станция мощностью 0,7 кВт, способная обеспечить освещение территории и основных строений, зарядку мобильных устройств, работу бытовых электрических приборов.



Рис. 1. Общий вид туристической базы «Высотник».

Горячее водоснабжение осуществляется от солнечного коллектора (рис. 2). Емкость бака составляет 90л. В течение светового дня вода в баке способна нагреться до 90^0С.



Рис. 2. Солнечный коллектор на турбазе «Высотник»

В Горном Алтае, недалеко от поселка Чемал, на берегу реки Катунь расположена база отдыха «Кудюр-Догон» (рис. 3). Электроснабжение базы полностью осуществляется от ветро-солнечной станции и дополнительно установленным дизельгенератором. Подключить электроснабжение от основной сети электропередач не представлялось возможным, т.к. ближайшая ЛЭП находится в 4 километрах от базы отдыха.

На базе отдыха находится 5 строений: основной двухэтажный дом на 5 номеров, два одноэтажных дома на два номера, баня и помещение охраны.



Рис. 3. Общий вид базы отдыха «Кудюр-Догон».

Генераторы энергии расположены на минимально возможном расстоянии от аккумулирующих устройств. Это необходимо для сокращения потерь.

Во время монтажа солнечных модулей на крыше котельной (рис. 4) разместить их, согласно требований инструкции, под определенным углом к горизонту - не удалось, т.к. второй ряд частично затенялся первым, поэтому было принято решение один ряд модулей установить под углом к горизонту, а другой положить на кровлю. В ходе эксплуатации выяснилось, что каждый ряд модулей работает по разному: установленные наклонно хорошо вырабатывают энергию в яркий солнечный день, а, лежащие незначительно от них, отстают; зато в пасмурную погоду, во время полной облачности, лежащие на кровле модули поглощают больше рассеянного освещения и вырабатывают больше энергии, чем установленные наклонно.



Рис. 4. Размещение солнечных модулей на крыше котельной.

Ветрогенератор установлен на берегу реки, в горном ущелье (рис. 5). В зимний период он вырабатывает 1,5 номинала от заявленной мощности.



Рис. 5. Ветрогенератор установлен на берегу реки.

2. Потребители, способные сделать значительное разовое вложение средств, с целью экономии на традиционных ресурсах в дальнейшем, т.к. срок окупаемости систем составляет от четырех до двенадцати лет.

Примером может служить предприятие по производству лекарственных препаратов в Горно-Алтайске (рис. 6).



Рис. 6. Аптека, г. Горно-Алтайск.

Помещение площадью 300 кв. м (2 этажа) после ввода в эксплуатацию отапливалось электричеством. При этом температура воздуха в помещении не поднималась выше 18^0С. После установки солнечных коллекторов температура воздуха в помещении повысилась до 22^0С, а затраты на отопление снизились в четыре раза. Срок окупаемости проекта по предварительным расчетам составляет 8 лет, но в условиях нестабильной экономической ситуации в нашей стране он может значительно сократиться.

На южном фасаде здания установлены солнечные коллекторы (рис. 7), обеспечивающие внутренние помещения теплом в течение светового дня. Ночью помещения отапливаются от электрического нагревателя, т.к. в данной системе не предусмотрена аккумуляция тепловой энергии.



Рис. 7. Установка солнечных коллекторов на фасаде здания.

В Алтайском крае во время строительства свиноводческого комплекса на 1300 свиноматок в селе Фунтики было запроектировано осуществлять нагрев воды в двух душевых (мужской и женской) административно-бытового корпуса электричеством. Решение стандартное и малозатратное на стадии строительства и установки оборудования, но в дальнейшем это сулило значительные расходы в процессе эксплуатации. Председатель сельсовета совместно с главным энергетиком приняли решение заменить электрические водонагреватели солнечными коллекторами (рис. 8) и не ошиблись, т.к. разовые затраты на оборудование быстро окупили себя.

Солнечные коллекторы, генератор тепловой энергии, размещены вертикально на фасаде здания. Это позволяет собрать максимальное количество солнечной энергии в течение короткого зимнего светового дня, т.к. солнце находится ближе к горизонту, и частично снизить выработку энергии в более длинный летний световой день.

Дополнительно над солнечными коллекторами были установлены рольставни, которые автоматически закрываются при достижении в баке-аккумуляторе заданной температуры.



Рис. 8. Свиноводческий комплекс, с. Фунтики, Алтайский край.

В пригородном поселке Ложки, недалеко от Академгородка находится жилой дом, изначально запроектированный как энергосберегающий. Главный фасад дома обращен на южную сторону (рис. 9), гараж расположен с северной стороны.



Рис. 9. Главный фасад энергосберегающего дома, п. Ложки (арх. А. Буслаев).

Солнечные коллекторы размещены на южном фасаде здания. Чуть скругленный фасад позволяет увеличить время эффективного приема солнечного тепла в течение дня и позволяет уменьшить «тепловой удар» прихода тепла в полдень. Тепло

от солнечных коллекторов в течение дня используется на обогрев дома и частично накапливается в баке-аккумуляторе для использования в ночное время суток.

Излишки тепла в летний период запасаются в грунтовом аккумуляторе под домом, который служит для прогрева грунта непосредственно под домом и представляет собой систему водопроводных труб, опущенных петлей в 24 скважины, каждая из которых достигает глубины 10 метров. Запасенного в грунте тепла хватает для дополнительного обогрева жилого дома до февраля месяца.

В настоящее время на объекте установлена половина от расчетного количества солнечных коллекторов и грунт прогревается за летний сезон до 26-28 ^{0}С. Полная установка коллекторов позволит прогреть грунт до 55 градусов, с запасом по времени остывания в половину года.

3. Энтузиасты – любители. Эти потребители интересуются новыми технологиями, ищут нестандартные пути решения ежедневных проблем. Они готовы поверить в работоспособность и эффективность любых новшеств только после того, как опробуют все самостоятельно, как говориться «испытают на себе». Более того, они могут приспособить оборудование для выполнения совершенно новых задач, не предусмотренных производителем.



Рис. 10. Нагрев воды солнечным коллектором в частном доме, г. Новосибирск.

Например: в небольшой стеклянной вакуумной трубке от солнечного коллектора можно не только нагреть воду для отопления или горячего водоснабжения, но и поджарить сосиски и шпикачки, если положить их в металлическую колбу, которую затем поместить в вакуумную трубку.

Они устанавливают оборудование в частных домах (рис. 10), на дачных участках и даже в многоэтажных жилых домах (рис. 11) сначала ради эксперимента, а в дальнейшем получают значительную выгоду от его использования.



Рис. 11. Получение электрической энергии от энергии солнца в многоэтажном жилом доме, г. Новосибирск

В последнее время становится актуальной проблема сброса излишков мощности, выработанной автономными электрическими станциями в основную сеть электроснабжения.

В развитых странах владельцы солнечных фотоэлектрических станций могут не только сами пользоваться выработанной электрической энергией, но и сбрасывать ее в основную сеть и получать дополнительный доход. Это закреплено на законодательном уровне и энергетические компании обязаны оплачивать полученную энергию.

В нашей стране совместное использование основной сети и солнечной фотоэлектрической станции связано с определенными трудностями, как на техническом, так и на законодательном уровне. Обычные двухфазные счетчики считают энергию, ушедшую в сеть как потребленную. Эту проблему решает установка трехфазных счетчиков и сетевого инвертора. На законодательном уровне вопрос сброса в основную сеть мощности менее 25 Мегават проработан недостаточно.

В городе Новосибирске имеется один экспериментальный объект, оснащенный указанным оборудованием (рис. 12).

На прилегающей к многоэтажному жилому дому территории установлен поворотный трекер (система слежения за солнцем) с шестью солнечными фотоэлектрическими модулями общей мощностью 1100 Вт. Дополнительно на фасаде здания размещены солнечные фотоэлектрические модули общей мощностью 360 Вт. Аккумуляторы, контроллеры заряда и инверторы установлены внутри помещения.

Эта система позволяет накапливать энергию в аккумуляторных батареях для использования на бытовые нужды в одной из квартир. Излишки электрической энергии сбрасываются в сеть и поглощаются другими потребителями жилого дома.



Рис. 12. Солнечная станция, установленная на трекере и фасаде жилого дома.

Сетевой инвертор (рис. 13) позволяет питать потребителей дома как автономно, так и совместно с основной сетью электроснабжения.



Рис. 13. Стенд автоматики.

Из всего вышесказанного видно, что с развитием технических возможностей, повышением цен на энергоресурсы, возможными «неполадками» у монополистов (снабжающих энергетическими ресурсами), развитием индивидуального строительства

и т.д. появляется все больше желающих, обеспечить бесперебойность, комфорт, автономность собственного жилища, уменьшить эксплуатационные затраты.

В настоящее время ООО научно-производственная фирма «Энергия» занимается созданием и оборудованием демонстрационного центра альтернативной энергетики, который планируется разместить на верхнем этаже и кровле жилого дома (рис. 14), расположенного недалеко от площади Карла Маркса. Это позволит опробовать различные технические и технологические решения, получить, проанализировать и обобщить опыт использования автономных источников энергоснабжения в условиях Сибирского региона, чтобы перейти от теоретических расчетов к конкретным рекомендациям, подкрепленных опытом эксплуатации.



Рис. 14. Общий вид на проектируемый демонстрационный центр.

Приглашаем всех желающих производителей и потребителей присоединиться к обустройству демонстрационного центра, высказать свои предложения и замечания.

Полученными результатами мы поделимся со всеми желающими на нашем сайте: www.энергия-нск.рф или www.energi-nsk.ru и по телефону 8 (383) 322-22-64.

УДК. 536.24

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ[1]

***Фрид С.Е.*[*], *Артемов В.И.*[**], *Колобаев М.А.*[*]**
[*]ОИВТ РАН, г. Москва, [**]МЭИ (ТУ), г. Москва

В разрабатываемой солнечной водонагревательной установке (рис. 1) применяется близкая по форме к плоской поглощающая панель из металлической фольги с селективным покрытием (или окрашенная специальной краской композитная поглощающая панель). Остекление выполнено из тонкого (~1 мм) листа поликарбоната, изогнутого для жесткости по дуге большого радиуса. Плоская форма бака установки определила выбор геометрии численной модели [1].

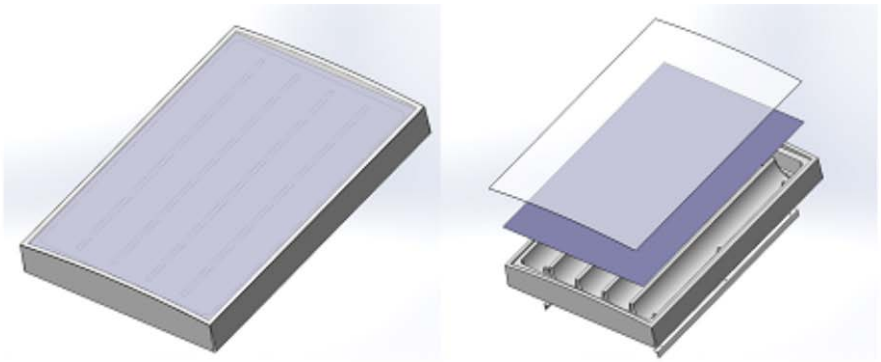


Рис. 1. Солнечная водонагревательная установка аккумуляционного типа

В рамках модели солнечная водонагревательная установка (СВУ) представляет собой плоскую полость, заполненную водой. Одна из поверхностей полости покрыта материалом, хорошо поглощающим солнечное излучение (поглощающая панель), остальные – идеальной теплоизоляцией. Баланс тепловой энергии воды в установке определяется подводом тепла за счет поглощения солнечного излучения и отводом тепла за счет теплообмена с окружающим воздухом и прокачки воды через бак [2]. В бак через патрубок в нижней части поступает вода с расходом G_0 и температурой T_0, а из патрубка в верхней части бака отбирается вода с тем же расходом. Расход G_0 обычно близок к емкости бака/сутки, а температура T_0 – к температуре окружающего воздуха. При построении численной модели бака учитывались следующие физические процессы:

1. Естественная конвекция в баке, связанная с влиянием сил плавучести, и вынужденная конвекция, связанная с отбором воды из бака.
2. Тепловыделение за счет поглощения солнечного излучения и тепловые потери с поглощающей панели к окружающему воздуху.
3. Турбулентный перенос импульса и энергии в баке.

Для моделирования использовалась двумерная нестационарная система уравнений гидродинамики и уравнение энергии [3], в уравнениях движения которой при наличии силы тяжести появляются источники, связанные с силой плавучести. Задача решалась в приближении Буссинеска (при постоянном значении коэффициента

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-08-0080413).

термического расширения $\beta = -(1/\rho)(\partial\rho/\partial T)|_p$ (где ρ – плотность воды, T – ее температура, p – давление) и постоянных остальных теплофизических свойствах). В начальный момент времени все температуры считались равными температуре окружающего воздуха, а скорость воды – равной нулю. Граничные условия для теплоносителя при моделировании стенок бака достаточно просты: компоненты скорости на границе стенка-теплоноситель равны нулю, и на этой границе выполняются условия сопряженного теплообмена. Тепловой поток через тыльную и боковые стенки бака считался нулевым, потери от поглощающей панели к окружающему воздуху рассчитывались по эмпирической формуле [2] для однослойного остекления со степенью черноты 0,88, неселективной поглощающей панели со степенью черноты 0,9, и коэффициентом теплоотдачи от стекла в окружающий воздух, рассчитываемым по формуле Мак-Адамса [2]. На входном патрубке задавались параметры подаваемой воды. Дневной расход воды варьировался в некоторых пределах, его распределение в течение суток предполагалось трехпиковым (утро, день, вечер) и бралось по [4] для категории «жилые дома», входная температура составляла 10°С.

Применительно к задачам, в которых основополагающим фактором являются силы плавучести, режим течения является переходным от ламинарной естественной конвекции к турбулентной. Для моделирования турбулентного переноса в таких режимах правильнее всего использовать прямое численное моделирование (DNS-подход), а не двухпараметрические модели, тем более, что еще в 70-х годах XX в. В.И. Полежаевым было показано [5], что в отличие от гидродинамической турбулентности (для развития которой нужны трехмерные взаимодействия пульсаций трех компонент скорости с пульсациями давления), развитие турбулентности, связанной с массовыми силами, может носить двумерный характер. Для получения полей гидродинамических переменных и температуры коэффициент турбулентной вязкости в гидродинамической системе уравнений полагался равным нулю. При этом шаг интегрирования по времени выбирался таким, чтобы были выполнены нестационарные балансы массы, импульса и энергии. Это позволяет правильно смоделировать пульсации скоростей и температуры, связанные с переходом от ламинарного режима течения к турбулентному.

Поскольку для замыкания математической постановки задачи необходимо задать величины источниковых членов и граничные условия для всех переменных на всех границах расчетной области, перед проведением расчетов была выполнена оценка источников и сформулированы граничные условия. Прежде всего, это касалось солнечного излучения и температуры окружающего воздуха.

СВУ аккумуляционного типа рассчитывается на подогрев воды в летнее время в средней полосе России (50…60° с.ш.), поэтому моделирование проводилось именно для этих условий. Установка считалась ориентированной на юг. Являющийся источником тепла поглощенный поток солнечного излучения получался умножением падающего на поверхность остекления потока солнечного излучения на эффективную поглощательную способность поглощающей панели ($\tau\alpha$). Зависимость последней от угла падения излучения была взята по [2] для однослойного остекления. Для нахождения падающего потока интенсивность заатмосферного солнечного излучения умножалась на коэффициент пропускания атмосферы и косинус угла падения излучения на поглощающую панель θ. Интенсивность заатмосферного солнечного излучения в течение года изменяется слабо (1367 Вт/м^2 ±3%)

При моделировании в первую очередь интерес представляет работа установки в ясные дни. Коэффициент пропускания атмосферы для прямого солнечного излучения при ясном небе оценивался по эмпирическим формулам, приведенным в [2] (высота местности над уровнем моря для средней полосы России оценивалась в ~0,2 км,

поправочные коэффициенты, учитывающие тип климата принимались для умеренного климата летом). При определении часового угла, входящего в выражение для косинуса угла падения солнечного излучения на приемную поверхность СВУ и зенитного угла использовалось солнечное время, отличающееся от местного в летнее время на –0,5 ч (разность оценивалась для Москвы). Другая составляющая солнечного излучения – излучение, рассеянное атмосферой и отраженное от земной поверхности. Для его расчета по эмпирической формуле [2] оценивался коэффициент прозрачности атмосферы для рассеянного излучения при ясном небе. Поток суммарного солнечного излучения, падающего на наклонную поверхность в ясный летний день, определялся в рамках модели Хэя-Дэвиса.

Средняя широта местности составляла 55°. Для летних месяцев оптимальный угол наклона приемной поверхности с точки зрения максимума поступления солнечного излучения примерно на 15° меньше широты и равен 40°. Однако уровень стратификации в баке тем больше, чем больше угол наклона бака СВУ к горизонту, поэтому при моделировании работы СВУ угол наклона варьировался от 40° до 60°.

Рассчитанные приведенным выше способом потоки солнечного излучения, поглощенного поглощающей панелью СВУ для летних месяцев и угла наклона панели 40° представлены на (рис. 2). Для угла наклона панели 60° суммарный суточный приход солнечного излучения отличается всего на 2%, поэтому зависимость поглощенной солнечной энергии считалась одинаковой для всех углов от 40° до 60°. Таким образом, зависимость от времени потока поглощенной солнечной энергии определяется в соответствии со средней кривой (рис. 2).

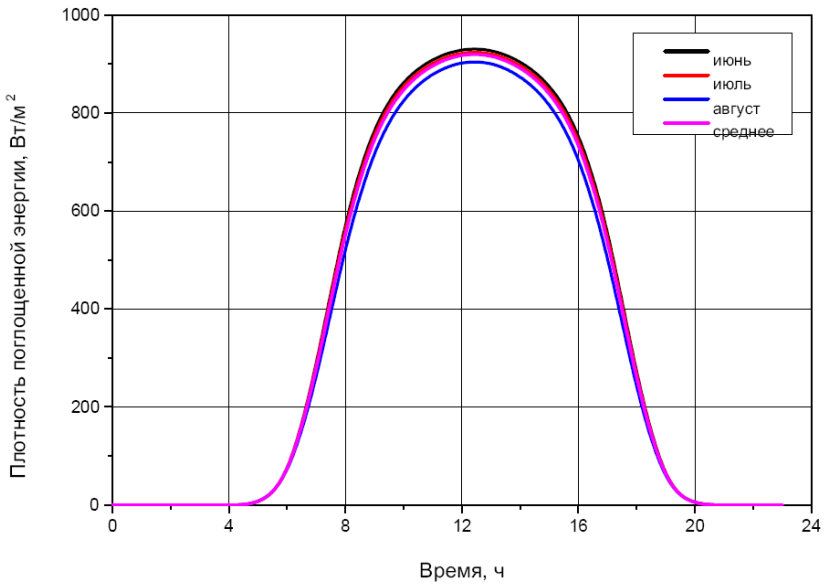


Рис. 2. Плотность поглощенного потока солнечной энергии для поверхности, установленной под углом наклона 40° к горизонту в ясные дни летних месяцев

В качестве граничных условий необходимо было также задать суточный график температуры окружающего воздуха. По данным [6] средняя суточная амплитуда температуры воздуха над сушей в средней полосе России составляет 13…15°. Максимум температуры в течение суток приходится примерно на 15 ч. Для нахождения средней температуры была вычислена средняя температура с использованием в качестве исходных данных среднемесячных температур из метеорологической базы NASA SSE [7]. Среднесуточная температура для средней полосы России в течение летнего времени составила 17°С.

Дискретизация задачи с заданными начальными и граничными условиями выполнялась методом контрольного объема [8] с использованием пакета прикладных программ Anes, разработанного на кафедре Инженерной теплофизики МЭИ (ТУ) [9]. Пакет Anes предназначен для моделирования одно-, двух- и трехмерных течений однофазной многокомпонентной сплошной среды в областях сложной геометрической формы, содержащих внутри твердые проницаемые или непроницаемые объекты.

В целях верификации построенной двумерной математической модели для одного из вариантов геометрии бака-аккумулятора было выполнено моделирование работы СВУ без нагрузки в течение 8 ч с использованием двумерной и трехмерной моделей бака-аккумулятора. Трехмерная расчетная сетка содержала 371 тыс. ячеек, расчет выполнялся на 16-процессорном кластере, моделирование 1 ч работы СВУ занимало 16 ч машинного времени. Двумерная задача считалась значительно быстрее – на ядре процессора мощного современного персонального компьютера расчет выполняется в 1,5…2 раза быстрее работы установки.

Полученная картина температурных полей в двумерном и трехмерном вариантах качественно похожа (рис. 3), однако значения температур несколько отличаются (рис. 4). Если среднемассовая температура воды в баке и температура в нижней его части для вариантов отличаются на 1…2°C, то температура воды в верхней части бака в трехмерном варианте на 7…9°C ниже, чем в двумерном. Одним из объяснений этого факта может быть то, что в трехмерной задаче не учитываются клеевые швы на поглощающей панели, поэтому ее площадь и, соответственно, поступление солнечного излучения на нее несколько меньше.

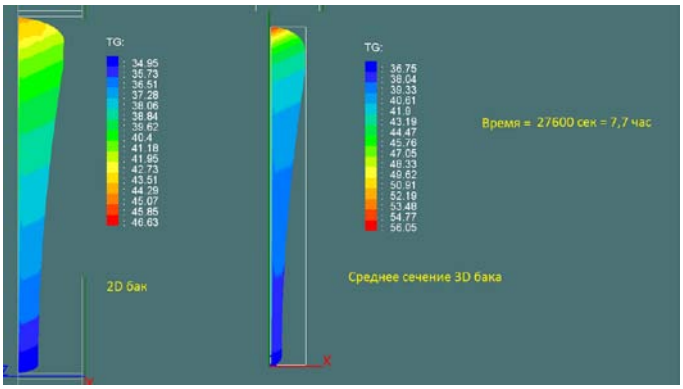


Рис. 3. Поле температуры в баке через 7,7 ч, рассчитанное в рамках двумерной и трехмерной моделей

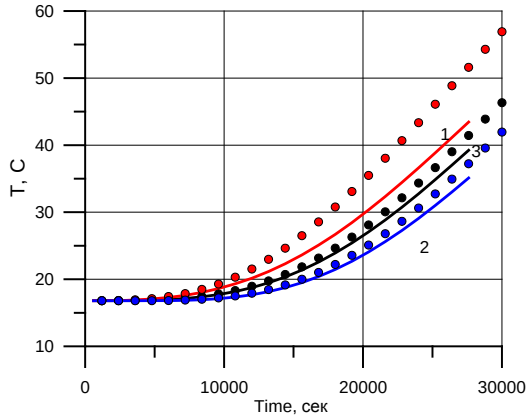


Рис. 4. Температура в верхней (1), нижней (2) частях бака и среднемассовая температура воды в баке (3) в зависимости от времени. Линии – трехмерная модель, точки – двумерная модель

Для получения долговременных характеристик установки необходимо моделирование ее работы в течение длительного периода (лето, полгода, год), что при использовании численной модели требует слишком большого времени. Этим обуславливается необходимость разработки упрощенной математической модели СВУ аккумуляционного типа. Для расчета параметров стратифицированных баков-аккумуляторов СВУ, как правило, используется зонная модель с небольшим (3…5) числом зон [2, 10]. Поскольку в установках аккумуляционного типа происходит нагрев солнечным теплом стенки бака, в нем, в принципе, возможно конвективное перемешивание, и применимость зонной модели требует обоснования. Характер течения воды в баке, отмеченный в [11] и подтвержденный нашими расчетами, позволяет обосновать применимость зонной модели к СВУ аккумуляционного типа и построить на ее основе упрощенную модель такой установки. В процессе нагрева воды в баке в нем развивается естественная конвекция. Со временем режим конвекции переходит к квазистационарной стадии, когда в баке возникает вертикальная стратификация температуры, а движение воды происходит в узкой области вблизи поглощающей панели. При смене знака эффективного потока тепла (когда потери в окружающий воздух превышают подвод тепла за счет солнечного излучения) направление движения воды меняет свой знак – вода начинает двигаться сверху вниз, но также в узкой области вблизи поглощающей панели. Профили продольной составляющей скорости в средней части бака в различные моменты времени приведены на рис. 5. Если пристенное течение восходящее, в остальной части сечения установки вода с небольшой скоростью опускается как единое целое, если нисходящее – поднимается. Поперечные перетоки воды между областями отсутствуют.

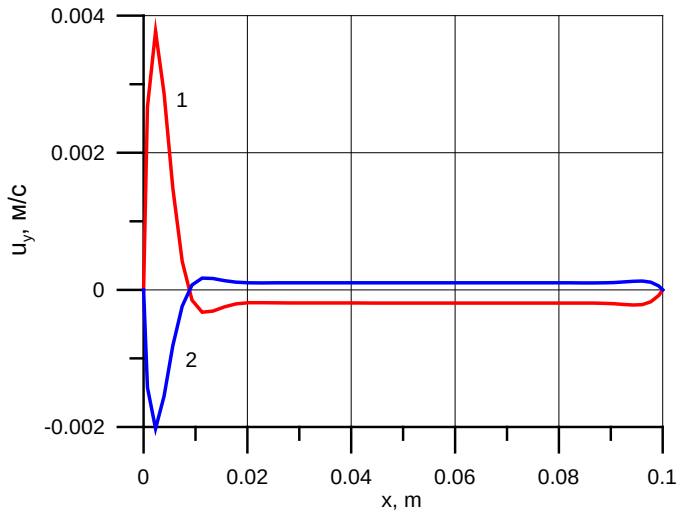


Рис. 5. Профиль продольной компоненты скорости для двух моментов времени третьего дня работы СВУ в среднем по высоте сечении установки: 1 – 28000 с (7,8 ч), 2 – 62000 с (17,2 ч)

Руководствуясь полученной картиной течения, можно построить расчетную схему СВУ аккумуляционного типа, приведенную на рис. 6. Вода в баке установки ведет себя так, как если бы в бак была вставлена перегородка, разделяющая его на области солнечного коллектора (область пристенного течения) и бака-аккумулятора (остальное пространство). Первая из них описывается как плоский солнечный коллектор, вторая – с помощью зонной модели.

Вблизи поглощающей панели образуется тепловой пограничный слой, в котором происходит изменение температуры жидкости. Вне его температура жидкости практически постоянна. Поскольку число Прандтля для воды больше единицы,

гидродинамический пограничный слой толще теплового, и поверхность, разделяющую бак СВУ на зоны солнечного коллектора и бака-аккумулятора (по границе гидродинамического пограничного слоя) можно считать адиабатной, т.е. горизонтальный переток тепла из зоны коллектора в зону бака-аккумулятора отсутствует.

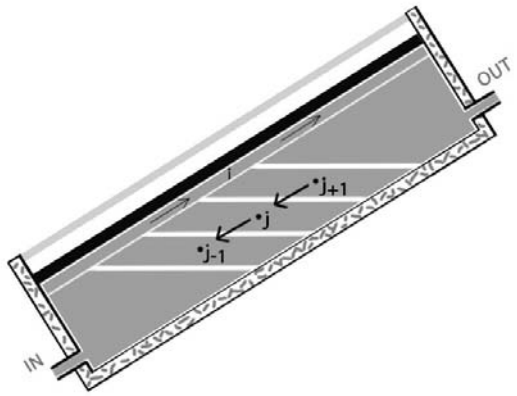


Рис. 6. Расчетная схема упрощенной модели СВУ аккумуляционного типа

Расход нагреваемой в СВУ воды невелик, поэтому бак можно считать идеально стратифицированным, предполагая, что поступающая из области солнечного коллектора нагретая воды попадает в зону бака с соответствующей температурой. Область коллектора описывается уравнением [2]:

$$Q_u = A_c F_R \left[S(\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a) \right],$$

где A_c – площадь приемной поверхности СВУ, S – плотность потока солнечного излучения, приходящего на приемную поверхность СВУ, F_R – коэффициент отвода тепла от коллектора [2], U_L – коэффициент тепловых потерь СВУ, T_a – температура окружающего воздуха.

С помощью этого уравнения выработка энергии (Q_u) вычисляется как функция входной температуры жидкости (T_i), которая равна температуре в нижней секции бака. Вода из области солнечного коллектора поступает в область бака, температура которой наиболее близка к ее температуре. Бак разбивается на N зон j=1…N, тепловой баланс которых описывается системой уравнений зонной модели, причем тепловые потери в ней не учитываются:

$$C_j \frac{dT_j}{dt} = G(T_i - T_j) + F_c Q_u,$$

где T_j – температура воды в зоне, C_j – ее теплосодержание, F_c – управляющая функция, равная единице, когда температура на выходе из «коллектора» наиболее близка к температуре в зоне. Значение индекса i зависит от направления движения воды в баке: если оно восходящее (ночью или когда расход в нагрузке выше расхода в «коллекторе»), то $i = j - 1$, если нисходящее, – $i = j + 1$.

Для моделирования солнечной водонагревательной установки и оценки ее производительности в реальных климатических условиях необходимо знание параметров установки. Таковыми являются параметры математической модели СВУ. В тепловых испытаниях установки, направленных на экспериментальное определение

параметров модели, решается обратная задача, т.е. задача определения параметров СВУ по ее производительности в условиях эксперимента.

Несмотря на существование множества математических моделей элементов солнечных энергоустановок и развитость аппарата моделирования, вопрос об испытаниях СВУ остается открытым. Стандарт ISO 9459, регламентирующий процесс испытаний, состоит из нескольких частей, описывающих различные, не связанные между собой, методы определения производительности установок. Единый набор параметров теплотехнического совершенства и единая общепринятая методика их экспериментального определения отсутствуют.

Параметрами приведённой выше упрощенной модели, прежде всего, являются эффективная масса M (или теплоемкость) бака-аккумулятора и площадь (габаритная или апертурная) солнечного коллектора. Для СВУ аккумуляционного типа характерной площадью, по-видимому, целесообразно считать апертурную. Свое значение для такой установки сохраняют и параметры теплотехнического совершенства солнечного коллектора: оптический кпд $F_R(\tau\alpha)$ и эффективный коэффициент потерь установки $F_R U_L$. Применение зонной модели позволяет определить M, $F_R(\tau\alpha)$ и $F_R U_L$ в эксперименте.

Записав уравнение теплового баланса области бака-аккумулятора в виде

$$M\frac{dT_S}{dt} = Q_u - Gc_p\left(T_o - T_i\right),$$

где T_i и T_0 – температуры воды на входе в бак и выходе из него, T_s – средняя температура воды в баке, G – ее расход, c_p – удельная теплоемкость, подставив в него уравнение для Q_u в предположении, что расход достаточно большой, чтобы подаваемая в бак вода попадала на вход области солнечного коллектора, и считая, что F_R не зависит от режима работы СВУ (оценки показывают, что он близок к единице и зависит от режимных параметров слабо), проинтегрируем результат за период времени $\Delta\tau$ (считая G и T_i постоянными во времени и интегрируя температуру бака от начальной температуры окружающего воздуха T_a^0) получим

$$\frac{M}{\Delta\tau\cdot A_c}\left(T_{S1} - T_a^0\right) = F_R\left(\tau\alpha\right)\langle S\rangle - F_R U_L\left(T_i - T_a\right) - \frac{Gc_p}{A_c}\left(\langle T_o\rangle - T_i\right),$$

где T_{S1} – температура воды в баке в конце периода интегрирования, а ломанными скобками обозначены средние величины.

Полученное уравнение является линейным относительно коэффициентов M, $F_R(\tau\alpha)$ и $F_R U_L$, что позволяет предложить алгоритм идентификации параметров математической модели по результатам тепловых испытаний установки: проведя несколько экспериментов в различные дни в течение нескольких часов с нагревом воды в СВУ от температуры окружающего воздуха, достаточно большим постоянным расходом воды через установки, чтобы считать температуру воды на входе в «коллектор» равной постоянной во время эксперимента входной температуре холодной воды, получаем систему уравнений, решая которую методом наименьших квадратов, можно определить значения параметров СВУ M, $F_R(\tau\alpha)$ и $F_R U_L$.

Литература

1. Ощепков М.Ю, Фрид С.Е. Термическая стратификация в баках-аккумуляторах солнечных водонагревателей аккумуляционного типа // Гелиотехника (в печати).
2. Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект». 2013. 888 с.

3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука. 1970. 904 с.
4. Медиоланская М.М., Мезенева Е.А., Колобова С.В. Проектирование водопроводных сетей. – Вологда: ВТУ. 1999. – 150с.
5. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов П.А. Численное моделирование процессов тепло- и массобмена – М.: Наука. 1984. 288 с.
6. Погосян Х., Туркетти З. Атмосфера земли – М.: Просвещение. 1970. 318 с.
7. The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set // 2015. http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/
8. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. - 152 с.
9. Артемов В.И., Яньков Г.Г., Карпов В.Е., Макаров М.Е. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена в элементах теплотехнического и энергетического оборудования // Теплоэнергетика. 2000. №7, С.52.
10. Директор Л.Б., Майков И.Л., Иванин О.А. Динамическая модель накопителя тепловой энергии // Тепловые процессы в технике. 2013. №3. С. 113-118.
11. Junaidi H.A., Henderson D., Muneer T., Grassie T., Currie J. Study of stratification in a (ICSSWH) Integrated Collector Storage Solar Water Heater. 9th AIAA-ASME Joint Conference. 2006.

УДК 697.7

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

Гранин Б.Г., Крауиньш П.Я.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

На сегодняшний день энергосистема России работает на пределе своих возможностей. Для того, чтобы изменить положение дел, необходимо изменить подход к потреблению ресурсов.

В нашей стране значительные затраты энергии связаны с отоплением. Существуют современные альтернативные источники энергии, которые позволяют уйти от ограничений и недостатков традиционных систем отопления зданий и существенно снизить нагрузку на энергосистему [1]. Одним из самых перспективных и динамично развивающихся направлений является использование геотермальных источников тепла с применением тепловых насосов.

При строительстве частных домов в Сибирском регионе неизбежно встает вопрос выбора системы отопления. При использовании традиционных вариантов, таких, как газовый, угольный, дизельный или дровяной котёл, владелец может столкнуться с некоторыми проблемами. Например, динамично растущие цены на газ, необходимость заготовка дров или хранение запасов угля, солярки, в некоторых случаях неавтономность системы, а также загрязнение окружающей среды.

Тепловой насос - единственный полноценный вариант отопления, который позволяет застройщику использовать автономный, экономичный и экологичный источник тепловой энергии в частном доме. Тепловой насос способен поддерживать наивысший уровень климатического комфорта в здании круглый год, выбирая самые экономичные режимы работы. Попутно с выполнением задачпо отоплению выполняется подогрев воды для нужд ГВС. Кроме того, тепловой насос может включаться в реверсном режиме кондиционирования в летний период. Очень хорошо показывают себя комбинированные системы тепловых насосов с другими технологиями возобновляемых источников энергии, это позволяет улучшить характеристики сопрягаемых систем и достигнуть наивысших экономических показателей [3].

С каждым годом объемы установленных геотермальных систем возрастают очень высокими темпами. Так, компанией ООО «Экоклимат», основанной в 2007 году в Томске, за первый год работы было установлено и запущено 2 тепловых насоса. На сегодняшний день реализовано или находится в работе более 250 проектов, начиная от небольших частных домов, заканчивая промышленными, социальными и торговыми объектами в несколько тысяч квадратных метров как в Томской области, так и за ее пределами. Наиболее значимыми запущенными объектами ООО «Экоклимат» с геотермальными системами отопления можно считать детский сад, соответствующий категории энергоэффективности А, санаторий в Горном Алтае, туристический центр в пос. Бихтулино, семь супермаркетов Абрикос в г. Томск, общеобразовательную школу в пос. Вершинино, детские сады в д. Кандинка, пос.Копылово, с. Тахтамышево. По Сибирскому региону активно работают филиалы в Новосибирске, Барнауле, Красноярске, Кемерово, Новокузнецке, Омске, Тольятти, Улан-Удэ.

За период работы компании были выполнены все первоначальные организационные планы перспективного развития, продолжаются работы по разработке и оптимизации программного обеспечения, ведется работа по сотрудничеству с

муниципальными организациями. В 2014 году состоялсязапуск производства собственной линейки тепловых насосов в Томске, что позволило расширить функциональные возможности, ускорить сервисные работы и значительно снизить стоимость оборудования в сравнении с Европейскими аналогами.

Тепловые насосы являются перспективным направлением альтернативной энергетики. Развитие этой технологии позволит человечеству в большей степени использовать возобновляемые источники энергии. Это поможет сохранить природные ресурсы газа, угля и нефти. Также тепловые насосы могут существенно поднять уровень жизни, позволяя владельцам частных домов, предприятий и промышленных зданий, пользоваться современными экономичными, эффективными, экологичными технологиями и умной техникой.

За рубежом альтернативная энергетика развита лучше, чем в России. Многие европейские дома отапливаются, используя экологически чистую геотермальную энергию. Как показывает зарубежный опыт, использование тепловых насосов является эффективным и экономически оправданным [2]. В России эти технологии начали использоваться относительно недавно, и очень быстро становятся популярными. Из-за сурового климата во многих регионах России, использование тепловых насосов в нашей стране будет еще более рентабельно.

Литература

1. Васильев Г.П. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения// Теплоэнергетика. - 2004. - N 6. - С.33-42.
2. Кондратьев К.Я. Современное состояние и перспективы развития мировой энергетики / Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф.// Энергия: экономика, техника, экология. - 2012. - N 2. - С.17-23.
3. Поваров О.А. Развитие геотермальной энергетики в России и за рубежом / Поваров О.А., Томаров Г.В. // Теплоэнергетика. - 2006. - N 3. - С.2-10.

УДК 620.91

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С УЧЁТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Манусов В.З., Бойко К.Н.
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

В последние годы экологические соображения всё больше влияют на то, какую энергию мы будем использовать в будущем. Всё больше заявляют о себе так называемые альтернативные источники энергии. Наиболее распространенным в плане практической реализации источником энергии на сегодняшний день является использование энергии ветра. Однако самая большая проблема в интеграции ветроэнергетики в электрической сети является нестабильность ветрового потока. Один из подходов для борьбы с изменчивостью ветрового потока является прогнозирования будущих значений ветрового потока, что позволит нам более продуктивно управлять режимом работы ветроэнергетической установки (ВЭУ) и позволит в какой - то степени решить проблему их интеграции в электрические сети.

Для прогнозирования ветрового потока требуется дать некую временную классификацию, что является весьма сложной задачей, учитывая нестабильность данного явления (табл. 1).

Таблица 1. Основные методы для прогнозирования потока ветра

Временной класс	Диапазон
Очень краткосрочное	От нескольких секунд до 30 минут
Краткосрочное	От 30 минут до 6 часов
Среднесрочное	От 6 часов до суток
Долгосрочное	От суток и более

В настоящее для прогнозирования ветрового потока используется множество самых разнообразных методов, которые отличаются по степени сложности получения результата и его точности, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки, (табл. 2).

Таблица 2 Основные методы для прогнозирования потока ветра

Методы прогнозирования	Примеры	Примечание
Физические	Глобальные системы прогнозирования;MM5 ; HIRLAM	Используют метеорологические данные, такие как скорость ветра и его направление, давление, температура, влажность, структура местности т.п. Точны для долгосрочного прогнозирования.
Статистические	Временные ряды	Необходимая большая выборка исходных данных. Высокая точность для краткосрочного прогнозирования.
Интеллектуальные	Искусственные нейронные сети;	Тренировка ИНН существенно повышает точность прогноза.

	Нечёткие системы; вейвлет преобразования	НС позволяет использовать большое количество входных параметров. Высокая точность для краткосрочного прогнозирования
Гибридные	ANFIS и др.	ANFIS показывает хорошую точность при краткосрочном прогнозировании. Есть возможность увидеть взаимосвязь между параметрами модели.

Все описанные методы обладают одним общим недостаткам - являются местными моделями, то есть модель разрабатывается конкретно по определённую местность и не может быть применима для другой местности. Для преодоления этой проблемы, а так же для повышения точности прогнозных значений ветрового потока является целесообразным поиск взаимосвязи между значениями ветрового потока и другими более легко прогнозируемыми погодными явлениями. Такими как перепады температуры воздуха на местности, а так же разность атмосферного давления. Для реализации вышесказанного логичнее всего использовать модель прогнозирования на основе теории нечётких множеств.

Основными факторами, влияющими на изменения графика электрической нагрузки, являются следующие параметры:

- средняя температура
- скорость ветра
- количество осадки

Ниже показаны функции принадлежности, предназначенные для использования в модели прогнозирования.

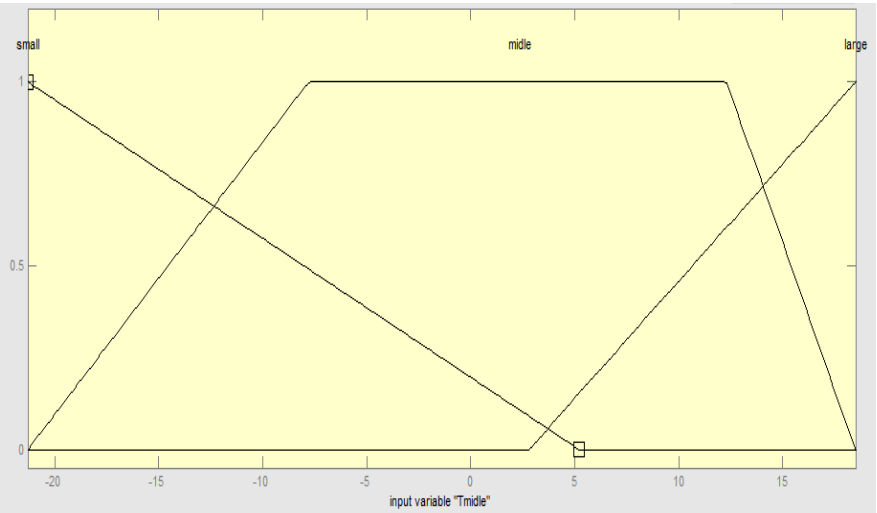


Рис. 1. Функция принадлежности для лингвистической переменной средняя температура воздуха.

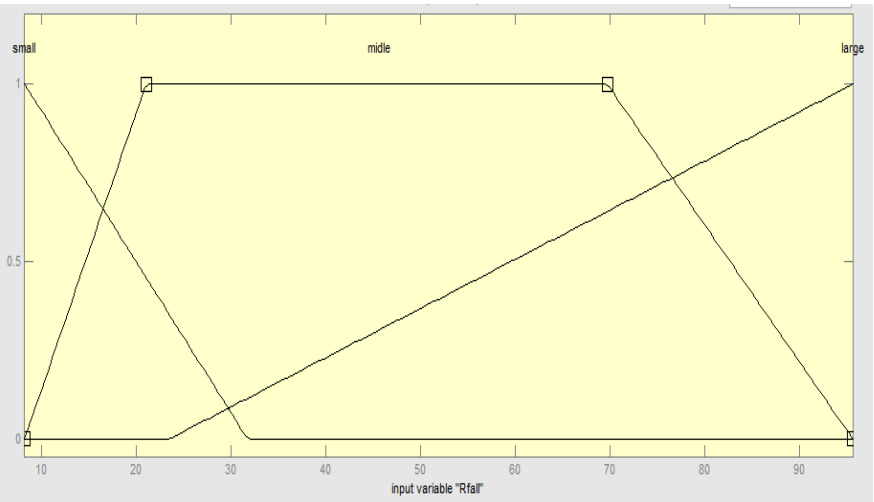


Рис. 2. Функция принадлежности для лингвистической переменной количество осадков.

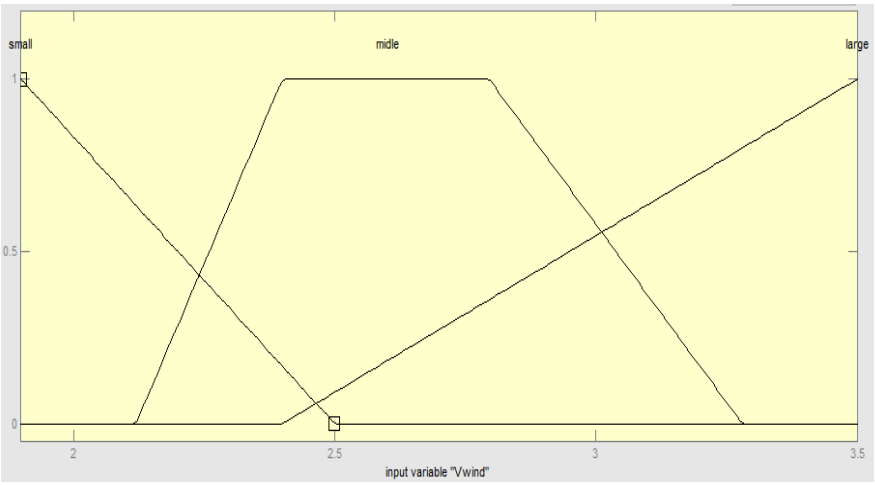


Рис. 3. Функция принадлежности для лингвистической переменной скорость ветра.

В дальнейшем для реализации прогнозирования мощности ВЭУ с учётом выше описанных факторов будет использована модель на основе теории нечётких множеств, параметры которой будут настраиваться при помощи генетического алгоритма.

Литература

1. Y-K Wu, and J-S Hong, “A literature review of wind forecasting technology in the world,” IEEE Power Tech 2007, Lausanne , pp. 504-509, 1-5 July 2007.
2. “Load Forecasting” Chapter 12, E.A Feinberg and Dora Genethlio, Page 269 – 285

УДК.697.1

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОТОПЛЕНИЕ И ГВС ЭКОДОМА

Матюхин М.В., Провоторов Е.Б, Грибов М.А.
ООО «Дк-Сибирь», г. Новосибирск

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОМА

Экспериментальный экодом с автономными системами отопления и ГВС находится в районе ЖК «Кедровый» (Новосибирск, Заельцовский район).

Расчетная температуру наружного воздуха холодной пятидневки –31^{o}С, средняя температура наружного воздуха за отопительный период – 8.7^{o}С. Расчетная температура в помещении +21^{o}С. Отопительный сезон составляет 210 дней. [1].

Дом представляет собой двухэтажное здание с цокольным этажом и неотапливаемым гаражом. Отапливаемая площадь – 200 м^2, количество проживающих – 7 человек.

Конструкция стен – бетонный каркас с утеплителем. Внутренняя отделка: гипсокартон, наружная – кирпич облицовочный.

Конструкция окон – пятикамерные окна ПВХ на раме SoftLine.

Покрытие крыши – дерновая «зеленая» кровля.

Отопление – водяные теплые полы.

Дом подключен к центральной электрической сети.

СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ И ГВС

Элементы системы

- активная солнечная система – вакуумные солнечные коллекторы с тепловой трубой (трубок всего - 150, площадь поглощения 6 × 3,275 м^2 = 19,65 м^2). Движение теплоносителя контролируется автоматикой насосной станции SR982. Оборудование произведено в Китае.

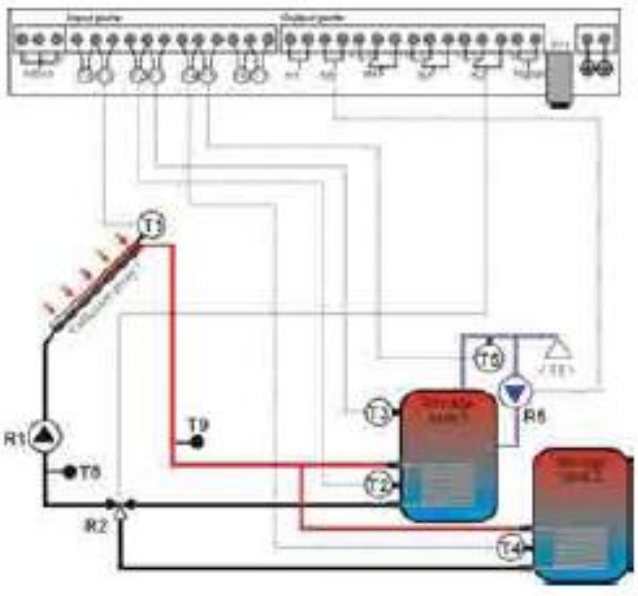


Рис. 1. Контур активной солнечной системы

В контур включены два бака-накопителя разного приоритета, объемом 300л и 500л соответственно. Так же обеспечена циркуляция воды в баке высшего приоритета посредствам циркуляционного насоса (R5 на Рис.1). Для обеспечения автоматической работы системы, ее элементы оснащены температурными датчиками, показания которых фиксируются контроллером.

- тепловой насос Clitech CWR-14XB тепловой мощностью 14 кВт. Потребляемая электрическая мощность – 3 кВт, заявленный производителем коэффициент преобразования 4,67. Управляет циркуляцией теплоносителя в грунтовом контуре. На практике его мощность составила 9 кВт, т.е. коэффициент преобразования равен 3.
- грунтовый контур включает в себя: 6 скважин по 20 м, в каждую из которых опущен U-образный полипропиленовый теплообменник. Общая длина труб составляет 300 м; гравийный аккумулятор с медным змеевиком, длиной 200 м
- бак-аккумулятор 300л. оснащен резервным ТЭНом, мощностью 2,5 кВт
- резервный электрокотел реглируемой мощности до 9 кВт

Такая система отопления и ГВС является энерго- и ресурсосберегающей. Вся тепловая энергия от вакуумных солнечных коллекторов и теплового насоса аккумулируется в тепловых баках-аккумуляторах. Отсюда теплоноситель автоматически разносит тепло в бойлер для приготовления горячей воды и в низкотемпературную систему тёплых водяных полов.

Литература

1. ТСН 23-317-2000. НСО, Энергосбережение в жилых и общественных зданиях.

УДК.536.1

ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В КОТТЕДЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Никитин А.А., Крылов В.А., Чурашов О.С.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» «институт холода и биотехнологий», г. Санкт-Петербург.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет сегодня собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой, по-видимому, будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологические последствия его сжигания обусловили в последние десятилетия значительное повышение интереса к этим технологиям практически во всех развитых странах мира. Преимущества технологий теплоснабжения, использующих нетрадиционные источники энергии, по сравнению с их традиционными аналогами связаны не только со значительными сокращениями затрат энергии в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, но и с их экологической чистотой, а также с новыми возможностями в области повышения степени автономности систем жизнеобеспечения. По всей видимости, в недалеком будущем именно эти качества будут иметь определяющее значение в формировании конкурентной ситуации на рынке теплогенерирующего оборудования [1].

В последнее десятилетие все большее распространение в мире получают новые энергоэффективные технологии жизнеобеспечения зданий, базирующиеся на применении теплонасосных систем теплохладоснабжения с использованием низкопотенциальной энергии грунта или окружающего воздуха. Системы сбора низкопотенциальной тепловой энергии грунта поверхностных слоев Земли, или системы теплосбора, в общем случае включают в себя грунтовый теплообменник и трубопроводы, соединяющие его с теплонасосным оборудованием. Источником низкопотенциальной энергии воздушного теплового насоса является уличный воздух.

На протяжении нескольких лет специалисты в области систем отопления спорят о том, какая же система отопления наиболее рациональна для коттеджного строительства. На сегодняшний день существует множество технических решений для обеспечения автономного теплоснабжения загородного дома. Системы автономного отопления создаются на базе теплогенерирующего оборудования, использующего сжиженный газ; дизельное топливо; пеллеты; низкопотенциальную теплоту поверхностных слоёв Земли и окружающего уличного воздуха; электрическую энергию. При выборе той или иной системы отопления для загородного строительства специалисты, как правило, руководствуются наработанным опытом и ценой на энергоносители, использование же теплонасосного оборудования зачастую применяется только по настоянию заказчика. При этом желание заказчика установить тепловой насос продиктовано маркетинговой и рекламной политикой производителей тепловых насосов. Как правило, рекламные буклеты теплонасосного оборудования рассказывают о том, что это оборудование является высокотехнологичным и

энергоэффективным, удобным в эксплуатации и т.д., и указывают довольно скудную техническую информацию.

Для сравнения эффективности различных автономных систем отопления загородного строительства предлагается рассмотреть капитальные, эксплуатационные затраты на отопления коттеджа и рассчитать срок окупаемости для каждой системы. В качестве объекта был выбран частный дом в посёлке Парголова Ленинградской области. Для сравнительного анализа были выбраны системы радиаторного отопления и горячего водоснабжения на базе следующего оборудования:

1. Электрокотёл Buderus.
2. Газовый (сжиженный) котёл Buderus.
3. Дизельный котёл Buderus.
4. Пеллетный котёл Buderus.
5. Геотермальный тепловой насос Dimplex.
6. Воздушный тепловой насос Dimplex.
7. Воздушный тепловой насос с двухступенчатым сжатием Mitsubishi Electric Zubadan.

В таблице исходных данных представлены характеристики здания и тарифы на энергоносители для Санкт-Петербурга (табл. 1).

Таблица 1. Исходные данные

Исходные данные		
Площадь дома	**176**	$м^2$
Температура воздуха в помещении	**20**	^0C
Кол-во проживающих	**4**	чел.
Количество проживающих используется для расчета эксплуатационных расход на приготовление горячей воды на год. В расчете принято 70 литров горячей воды на одного человека в сутки.		
Материал наружных стен	Утеплитель 200 мм.	
Теплопотери при расчетной температуре наружного воздуха в регионе	11.74	кВт
Регион	Санкт-Петербург	
Продолжительность отопительного периода*	220	Суток
Средняя температура за отопительный период*	-1.8	^0C
Расчетная температура наружного воздуха*	-26.0	^0C
Тарифы на энергоносители. Санкт-Петербург 2015 г.		
Электроэнергия (среднесуточный)	**3.14**	руб./кВт•ч
Газ (магистральный)	**5.24**	руб./$м^3$
Дизель	**32.00**	руб./литр
Пеллеты	**8.00**	руб./кг
Сжиженный газ	**17.50**	руб./л

Очевидно, что теплопотери здания, а соответственно и требуемая производительность теплогенерирующей системы будет зависеть от температуры окружающего (уличного) воздуха. На рис. 1 представлен график температур воздуха по официальным данным архива Гидрометцентра РФ за 2006-2011 гг. для г. Санкт-Петербург.

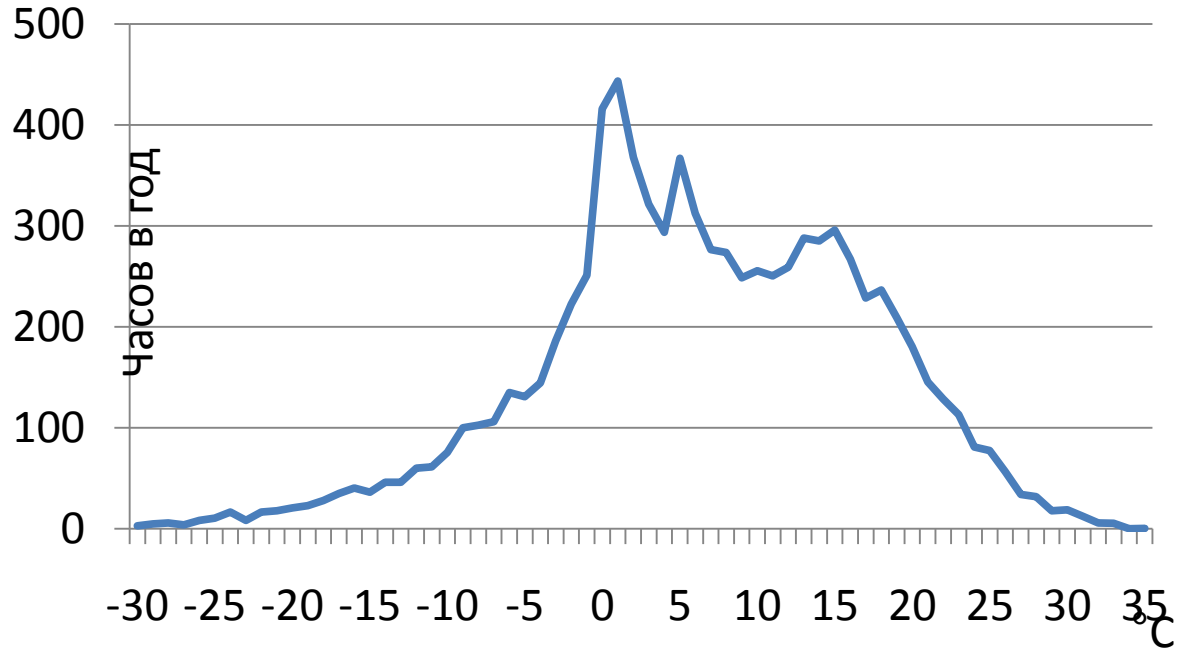


Рис. 1. График температур, г. Санкт-Петербург

Для систем отопления, использующих в качестве энергоносителей электроэнергию, газ, дизель, пеллеты и низкопотенциальную теплоту грунта, коэффициент полезного действия слабо зависит от уличной температуры. Эффективность же воздушных тепловых насосов резко падает с понижением температуры окружающего воздуха (рис.2). Для уменьшения капитальных затрат на оборудования при использовании воздушных тепловых насосов вводят понятие бивалентный режим работы. Бивалентный режим работы теплонасосной системы – это использование двух источников тепловой энергии. Первый источник – это низкопотенциальная теплота окружающего воздуха, второй – как правило, электрическая энергия, преобразуемая в тепло, то есть использование трубчатого электрического нагревателя (ТЭН). ТЭН включается в работу, когда производительность воздушного теплового насоса снижается с понижением уличной температуры.

На рис. 2 представлены график зависимости теплопотерь здания и мощности воздушного теплового насоса Dimplex от температуры уличного воздуха. При минимальной температуре воздуха на улице -26°С теплопотери здания составляют 11,7 кВт. Точку пересечения зависимостей теплопотерь здания и мощности воздушного теплового насоса называют точкой бивалентности. Как видно из графиков, представленных на (рис.2), точке бивалентности соответствует температура воздуха -10°С и теплопотери здания 8 кВт. Таким образом, точка бивалентности показывает, что воздушный тепловой насос Dimplex будет эффективно работать при температуре воздуха на улице не ниже – 10 °С, а необходимая теплопроизводительность теплового

насоса составит 8 кВт. При температуре воздуха ниже – 10 °С в работу включается ТЭН, который обеспечивает компенсацию всех теплопотерь здания.

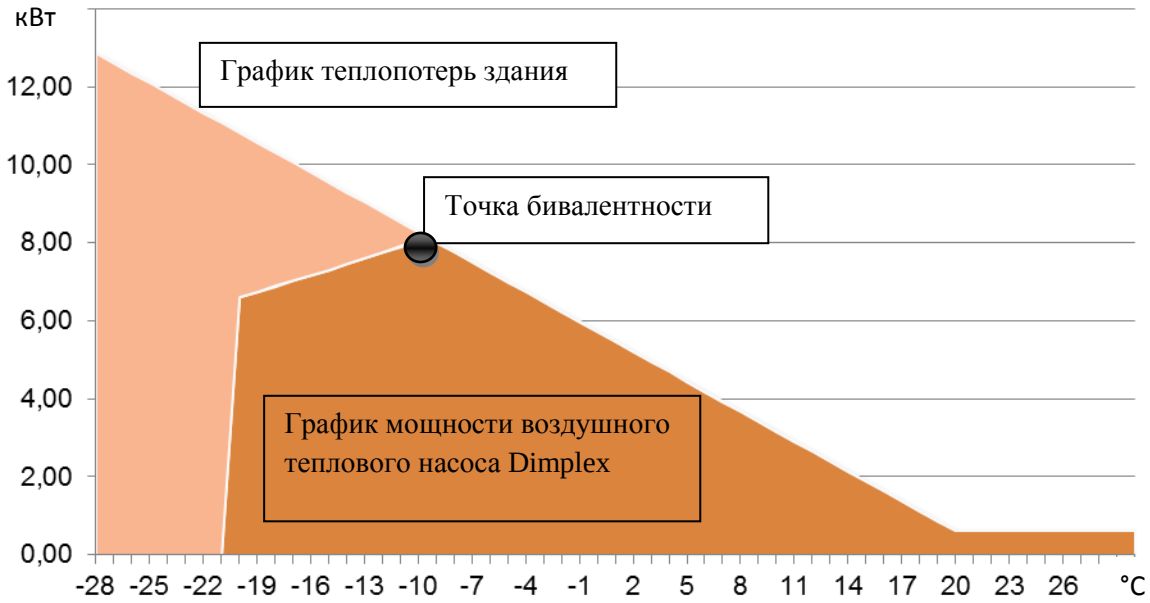


Рис. 2. Точка бивалентности

Обращаем внимание на то, что работа в режиме бивалентности (при температуре воздуха ниже - 10°С) составляет всего 542 часа или 9,7% за весь отопительный период.

Расчёты показали, что точка бивалентности для воздушного теплового насоса Mitsubishi Electric Zubadan соответствует температуре уличного воздуха - 15°С, теплопроизводительность теплового насоса 9,5 кВт, а работа в бивалентном режиме 182 часа или 3% за весь отопительный период.

Эффективность работы теплового насоса оценивают по коэффициенту преобразования (COP) или, как его ещё называют, отопительному коэффициенту. Коэффициент преобразования COP (Coefficient of Performance) представляет собой отношение между теплопроизводительностью и потребляемой электроэнергией, т.е. COP показывает количество тепла, получаемое при затраченной единице электричества. Среднегодовые коэффициенты преобразования с учётом работы тепловых насосов в бивалентном режиме (с учётом работы ТЭНов) составили:

- Геотермальный тепловой насос Dimplex 4,17
- Воздушный тепловой насос Dimplex 2,7
- Воздушный тепловой насос Mitsubishi Electric Zubadan 3,1

Как видно, самый высокий коэффициент преобразования у геотермального теплового насоса. На каждый затраченный киловатт электроэнергии потребитель получает 4,17 кВт тепловой энергии. Такой высокий COP обеспечивается благодаря использованию низкопотенциального тепла грунта. На глубине 5-10 метров от поверхности Земли температура грунта постоянна и составляет 5-7 °С [2]. Воздушные тепловые насосы работают с уличным воздухом с температурой ниже 0°С, соответственно и отопительный коэффициент у них ниже, чем у геотермальных тепловых насосов. В тепловых насосах Mitsubishi Electric Zubadan используется двухступенчатое сжатие, что позволило понизить температуру точки бивалентности,

сократить время работы ТЭНов. Поэтому среднегодовой COP воздушного теплового насоса Mitsubishi Electric Zubadan несколько выше, чем у аналогичной системы фирмы Dimplex.

Зная график температур уличного воздуха, коэффициенты эффективности тепловых насосов, а так же теплотворную способность каждого вида топлива не сложно рассчитать потребность здания в энергоресурсах, а так же эксплуатационные расходы на энергоносители (табл. 2).

Таблица 2. Потребность в энергоресурсах

Потребность в энергоресурсах		
Потребность в тепловой энергии	36 030	кВт•ч/год
Расход электроэнергии геотермального теплового насоса Dimplex	8 640	кВт•ч/год
Расход электроэнергии воздушного теплового насоса Dimplex с учетом ТЭНов	13 344	кВт•ч/год
Расход электроэнергии воздушного теплового насоса Mitsubishi Electric Zubadan с учетом ТЭНов	11 623	кВт•ч/год
Расход дизельного топлива	4 008	л/год
Расход пеллет	9 145	кг/год
Расход сжиженного газа	5 147	л/год
Эксплуатационные расходы		
Электроотопление (электрический котёл)	113 134	руб./год
Дизельный котел	128 256	руб./год
Газовый котел (сжиженный газ)	90 072	руб./год
Пеллетный котел	73 160	руб./год
Геотермальный тепловой насос Dimplex	27 130	руб./год
Воздушный тепловой насос Dimplex	41 900	руб./год
Воздушный тепловой насос Mitsubishi Electric Zubadan	36 496	руб./год

Как видно из табл. 2, наиболее затратными по эксплуатации способами автономного отопления являются системы, использующие электрические и дизельные котлы. Тепловые насосы же позволяют сэкономить существенные денежные средства на эксплуатационных расходах. Низкие эксплуатационные затраты теплонасосных систем объясняются высокими коэффициентами преобразования COP, а, следовательно, и низкими расходами энергоносителей.

Ещё один важный фактор при выборе автономной системы отопления малоэтажного загородного строительства – это капитальные затраты на оборудование, проектные и монтажные работы (табл. 3).

Таблица 3. Капитальные затраты

Капитальные затраты в ценах 2015 г.		
Электроотопление (электрический котёл)	960 000	руб
Дизельный котел	1 290 000	руб
Газовый котел (сжиженный газ)	1 210 000	руб
Пеллетный котел	1 402 000	руб
Геотермальный тепловой насос Dimplex	2 602 880	руб
Воздушный тепловой насос Dimplex	1 748 800	руб
Воздушный тепловой насос Mitsubishi Electric Zubadan	2 353 200	руб

При расчёте капитальных затрат учитывалась стоимость основного оборудования (котёл или тепловой насос), насосные группы, запорно-регулирующая арматура, радиаторы отопления, система горячего водоснабжения, а так же стоимость проектных, монтажных и пуско-наладочных работ. Высокая стоимость системы с использованием геотермального теплового насоса объясняется наличием дополнительного контура циркуляции теплоносителя в грунте, который требует установки дополнительных насосных групп, запорно-регулирующей арматуры и бурения скважин под геотермальные зонды.

Используя данные по капитальным и эксплуатационным затратам нетрудно определить срок окупаемости для различных систем. Наиболее распространённой и часто применяемой системой является электроотопление. Эта система проста в эксплуатации, требует относительно небольших капитальных затрат. Однако, эксплуатационные затраты достаточно велики. В виду этих факторов целесообразно рассчитывать сроки окупаемости именно в сравнении с системой электроотопления (рис. 3).

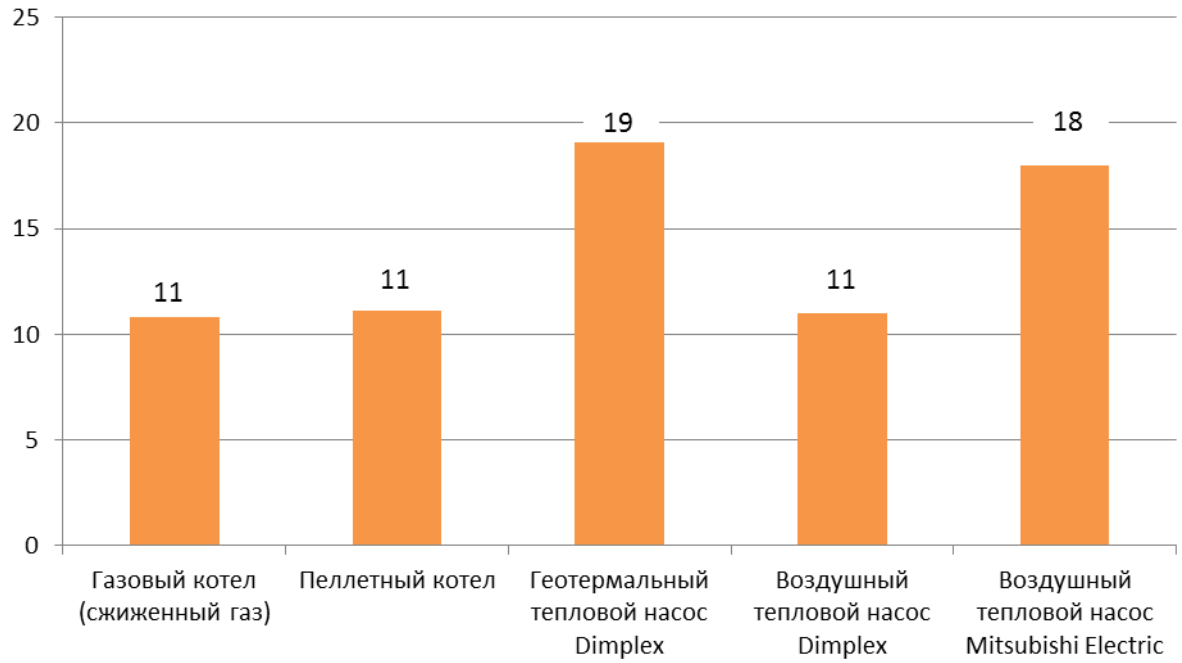


Рис. 3. Срок окупаемости

В виду высокой стоимости капитальных и эксплуатационных затрат, система с дизельным котлом в расчёте срока окупаемости не участвует. Такую систему имеет смысл использовать только в тех случаях, когда отсутствуют альтернативные дизельному топливу источники энергии.

Как видно из рис. 3 срок окупаемости воздушного теплового насоса Dimplex такой же, как и у систем с газовым и пеллетным котлами. Большой срок окупаемости воздушного теплового насоса Mitsubishi Electric обусловлен высокой стоимостью самого теплового насоса и бака подготовки горячей воды.

Стоимость работ и материалов по созданию грунтового контура геотермального теплового насоса составляет 15% от капитальных затрат. Поэтому несмотря на низкие эксплуатационные затраты, срок окупаемости геотермального теплового насоса составляет 19 лет. Сокращение срока окупаемости геотермального теплового насоса видится в уменьшении затрат на создание грунтового коллектора. Этого можно добиться либо использованием теплонасосной системы не только в отопительный период, но и летом в качестве источника холодоснабжения системы кондиционирования воздуха [3], либо оптимизацией самого грунтового коллектора [4].

Литература

1. Никитин А.А. Использование приборов для измерения теплофизических характеристик веществ при проектировании геотермальных тепловых насосов. - Санкт-Петербург, 2012.
2. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв земли. Москва, издательский дом «Граница», 2006г.
3. Никитин А.А. Теплонасосные системы как источник тепло- и хладоснабжения зданий. - София, 2012. - Т. 1. - С. 207-212.
4. Никитин А.А., Крылов В.А., Рябова Т.В., Черноозерский В. Численное моделирование распределения тепловых потоков в системах с геотермальными теплообменниками. - Могилев: Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия», 2014. - 2. - С. 80. - 247 с. - ISBN 985-476-293-9.

УДК. 697.97

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ И ГРУНТОВОГО АККУМУЛЯТОРА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Савельев Е.Г., Рохлецова Т.Л.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

В данной статье рассмотрен опыт использования и эксплуатации «солнечного дома» с дублирующим источником тепловой энергии – грунтовым аккумулятором на примере г. Новосибирска.

Ключевые слова: солнечное теплоснабжение, тепловые насосы, возобновляемая энергия.

В южных районах России и за рубежом накоплен значительный опыт использования солнечной энергии в системах отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования зданий, разработано и построено большое количество «солнечных домов», оборудованных гелиосистемами. Ведущими странами в этой области являются Япония, Германия, Франция, Великобритания, США.

Использование солнечной энергии в условиях Западной Сибири для систем горячего водоснабжения и отопления традиционно не рассматривалось, район Западной Сибири считался не перспективным. В данной статье рассмотрен опыт использования и эксплуатации «солнечного дома» с дублирующим источником тепловой энергии – грунтовым аккумулятором на примере г. Новосибирска (рис. 1).



Рис. 1. «Солнечный дом» в г. Новосибирске.

Согласно [1] в Новосибирске (Рис. 1): не менее 153 дней в году (май – сентябрь) температура наружного воздуха более +10°С, не менее 214 дней в году (апрель – октябрь) температура наружного воздуха более +0°С. Температура грунта на глубине 1,6 метра не опускается ниже +1,2°С, на глубине 2,4 метра не опускается ниже +2,7°С.

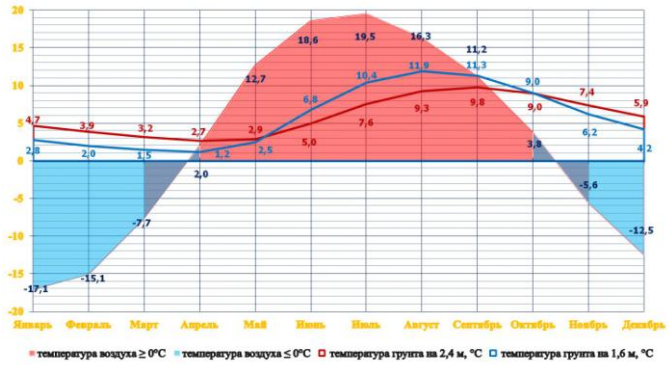


Рис. 1. График средних температур грунта и наружного воздуха по месяцам, °С

В 2013г. было проведено натурное обследование двухэтажного коттеджа площадью 150м^2 для семьи из 5-ти человек, оборудованного солнечными коллекторами общей площадью 20м^2, тепловым насосом с грунтовым аккумулятором из 7-ми 30-метровых вертикальных скважин. Принципиальная схема оборудования коттеджа приведена на рис. 3, данные наблюдений за работой системы представлены на рис. 4.

Согласно данных приведённых на рис. 4 температура теплоносителя на входе в тепловой насос в течение года меняется незначительно в пределах от минус 0,5°С до +2,7°С, изменяется на 3,3°С; при этом температура грунта на глубине нижней отметки заложения скважин 30м также практически не меняется в течение года от +6,9°С до +7,6°С, изменяется всего на 0,7°С. Наоборот, температура грунта на уровне верхней отметки заложения скважин меняется в течение года в большом диапазоне: в зимние месяцы (октябрь – июнь) температура грунта находится в пределах от минус 4,5°С до минус 0,1°С, а летом (июль-сентябрь) от +9,6°С до +14,8°С. При этом можно видеть, что колебания температур грунта в верхней части скважин практически не влияет на колебание температур теплоносителя на входе в тепловой насос.

Число пасмурных дней в году в 2013г. составило 41% (149 дней) от общей продолжительности года, при этом число часов работы солнечного коллектора составило 34% (3011 часов). Наименьшее число часов работы солнечного коллектора приходится на самые «глухие месяцы» - это ноябрь, декабрь, январь, февраль. В этот период работы одного солнечного коллектора недостаточно для покрытия тепловой нагрузки отопления и горячего водоснабжения, необходимо использование грунтового аккумулятора (что соответствует приведённым данным в [2, рис. 4]).

В тёплый период грунтовый аккумулятор используется как аккумулятор тепла от системы охлаждения внутреннего воздуха фэнкойлами.

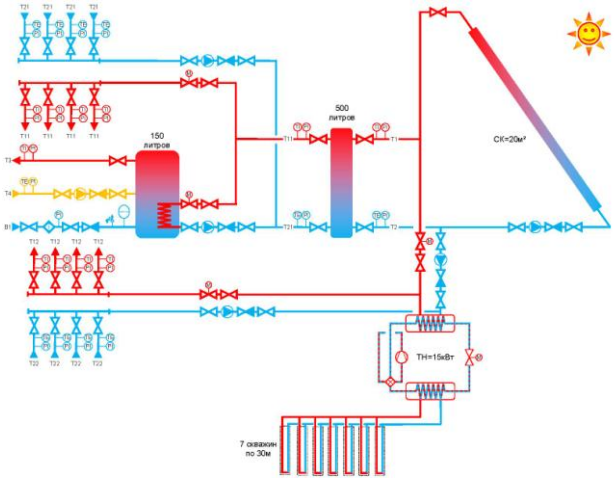
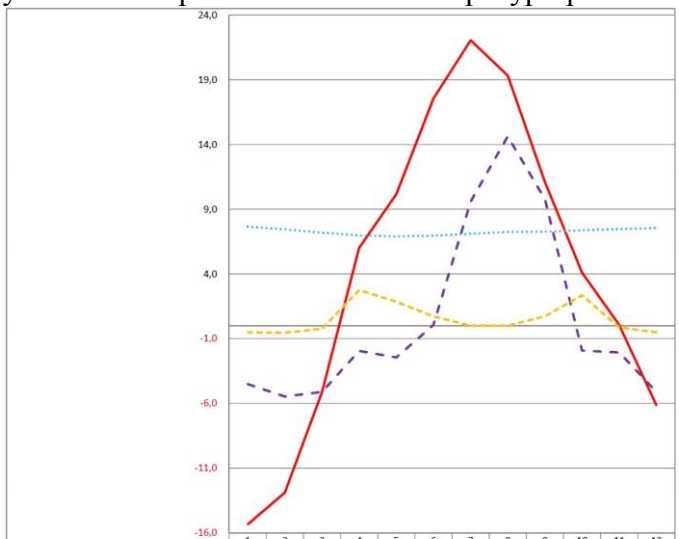


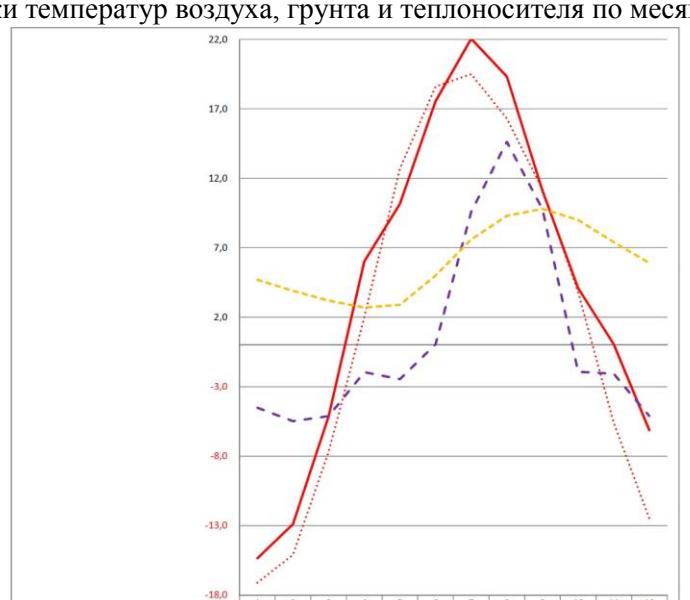
Рис. 3. Принципиальная схема установки коттеджа

Для проектирования «солнечных домов» и грунтовых аккумуляторов требуется большой объём подготовленной климатологической информации. Для района Западной Сибири такие данные специально не собирались. Данные по солнечной радиации приведены в [1], соответствуют полученным данным при натурном обследовании. Данных по температурам грунтов в [1] не приводятся. Сравнение проводилось по данным метеостанции посёлка Огурцово НСО (рис. 5). Расхождение по температурам грунта на глубине 2,4 метра составляет до 11°С (минус 5,1°С и +5,9°С в декабре) и до 5,3°С (+14,6°С и +9,3°С в августе). Это расхождение объясняется разрядкой грунтового аккумулятора зимой (факт. Минус 5,1°С, по данным метеостанции +5,9°С) и зарядкой летом (факт. +14,9°С, по данным метеостанции +9,3°С). Заметно более медленное прогревание грунта весной и более быстрое остывание грунта осенью в зоне его промерзания. На глубине 30 метров колебаний температур практически нет.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средняя температура воздуха, °С	-15,4	-12,9	-5,1	6,0	10,2	17,6	22,0	19,3	11,1	4,1	0,1	-6,1
Температура грунта (30 метров), °С	7,6	7,4	7,2	7,0	6,9	6,9	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6
Температура грунта (2,3 метра), °С	-4,5	-5,5	-5,1	-2,0	-2,5	0,1	9,6	14,6	9,8	-1,9	-2,1	-5,1
Температура на входе в ТН, °С	-0,5	-0,5	-0,2	2,7	1,8	0,7	0,0	0,0	0,7	2,3	-0,1	-0,5
Потребление эл. энергии, кВт	1907	1575	1169	711	728	707	733	728	702	735	1191	1369
Работа солнечного коллектора, ч	112	128	181	220	268	436	449	418	373	180	135	111
Облачность (ясно), дней	11	13	14	18	9	16	13	13	13	11	8	10

Рис. 4. Графики температур воздуха, грунта и теплоносителя по месяцам 2013 года.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура воздуха (2013 год),°С	-15,4	-12,9	-5,1	6,0	10,2	17,6	22,0	19,3	11,1	4,1	0,1	-6,1
Температура воздуха (Огурцово),°С	-17,1	-15,1	-7,7	2,0	12,7	18,6	19,5	16,3	11,2	3,8	-5,6	-12,5
Т-ра грунта на 2,3 метра (2013 год),°С	-4,5	-5,5	-5,1	-2,0	-2,5	0,1	9,6	14,6	9,8	-1,9	-2,1	-5,1
Т-ра грунта на 2,4 метра (Огурцово),°С	4,7	3,9	3,2	2,7	2,9	5,0	7,6	9,3	9,8	9,0	7,4	5,9

Рис. 5. Данные метеостанции пос. Огурцово Новосибирской области по месяцам 2013 года.

За период 2013 год общее потребление электроэнергии коттеджа составило 12255кВт: освещение, работа бытовых приборов и оборудования систем теплоснабжения и холодоснабжения (перечень оборудования приведён в табл. 1).

Таблица 1. Перечень установленного оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Характеристики оборудования
1	Тепловой насос ТН-15	Теплопроизводительность 15,3 кВт; Коэффициент преобразования 2,89; Потребляемая эл. Мощность 5,3 кВт.
2	Циркуляционный насос ГВС ALPHA2 32-60	Расход 2,36 $м^3$/ч; Напор 2,0 м.вод.ст.; Потребляемая эл. Мощность 0,028 кВт.
3	Насос на коллекторе ТН MAGNA3 25-40	Расход 4,25 $м^3$/ч; Напор 2,0 м.вод.ст.; Потребляемая эл. Мощность 0,043 кВт.
4	Насос на отопление ALPHA2 25-60	Расход 1,88 $м^3$/ч; Напор 2,0 м.вод.ст.; Потребляемая эл. Мощность 0,021 кВт.
5	Насос на холодоснабжение MAGNA3 25-40	Расход 1,89 $м^3$/ч; Напор 2,0 м.вод.ст.; Потребляемая эл. Мощность 0,024 кВт.
6	Фэнкойлы №308 (4 шт.)	Холодопрозводительность 2,62 кВт; Теплопрозводительность 1,47 кВт; Потребляемая эл. Мощность 0,028 кВт.

Общее среднесуточное потребление электрической мощности составляет 33,7кВт, и среднемесячное потребление электрической мощности составляет 1021,3кВт. Анализ потребления электроэнергии (рис. 4) показывает, что даже в самые «глухие месяцы» (ноябрь – февраль) грунтовый аккумулятор использовался лишь часть времени – не более полумесяца. При этом в общем электропотреблении в коттедже не учитывалось отдельно электропотребление на бытовые нужды и для работы инженерного оборудования (рис. 4) – установлен общий электросчетчик на коттедж.

ВЫВОДЫ

1. Новосибирская область обладает достаточным количеством солнечной энергии для использования её в системах тепло и холодоснабжения.
2. Для наиболее холодных месяцев (ноябрь – февраль) требуется дополнительный источник теплоты.
3. В качестве дополнительного источника теплоты возможно использование грунтового аккумулятора и теплового насоса.
4. Глубина заложения скважин требует дополнительного исследования, по паспортным данным минимальная температура теплоносителя (рассола) $0^{\circ}C$. Необходимо определить минимальную глубину скважины из условия снижения первоначальных затрат на устройство грунтового коллектора.

Литература

1. СНиП 23-01-99 . Строительная климатология. - Москва: «Госстрой России», 2000.
2. Савельев Е.Г., Рохлецова Т.Л. Использование солнечной энергии в суровых климатических условиях. – Новосибирск: Известия вузов. Строительство. 2013 №5, стр. 68-73.
3. Письмо №54 от 15.04.2008. Расчёты по определению среднемесячной температуры воздуха и среднемесячной температуры почвы на глубинах 1,6 м и 2,4 м за период 2003-2007 г.г. (5 лет). Новосибирск: АМС Огурцово, 2008.
4. ВСН 52-86. Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования - Москва: Госстрой СССР, 1986.

УДК.662.997

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ ДЛЯ ЭНЕРГО - И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ДОМОВЛАДЕНИЙ

Согоконь А.Б.
НПМП «Syneko», г. Харьков

Наша главная цель - сделать солнечную энергию такой же доступной и такой же удобной в повседневном использовании, как газ или электричество.

Ранее нами сообщалось о разработке и создании нового типа, так называемых, сегментированных солнечных концентраторов, имеющих пониженную парусность, и, обеспечивающих высокую производительность при минимальных затратах энергии на слежение за положением Солнца [1,2]. Было также отмечено, что благодаря тому, что область максимальной фокусировки солнечного излучения не зависит от положения Солнца на небесной сфере, солнечный концентратор можно рассматривать как универсальный источник тепловой энергии, к которому можно подключать любую нагрузку. Поэтому в летние сезоны 2013 и 2014 годов проводились всевозможные испытания солнечных концентраторов, и создавались новые их разновидности. Некоторые результаты этих исследований и испытаний изложены ниже.

Горячее водоснабжение и отопление помещений.

Это наиболее востребованная функция, и надо отметить, наиболее легко реализуема с помощью концентраторов. Но, как известно, в зоне умеренных широт (45-65 градусов) солнечной энергии недостаточно, для того чтобы полностью покрыть круглогодичную потребность в энергии на отопление. Поэтому мы можем рассматривать лишь варианты сокращения отопительного сезона на 2-3 месяца, и полного горячего водоснабжения в течение 8-9 месяцев. А недостаток энергии в зимний период должен компенсироваться другими источниками, например, энергией ветра или геотермальной.



Рис. 1.



Рис. 2.

На рис. 1. показан общий вид концентратора мощностью 2кВт. Он представляет собой одну вакуумную трубку длиной 180см, вокруг которой расположена система узких отражателей, направляющих солнечное излучение на поверхность этой трубки. В результате, солнечное излучение, собранное с площадки 1,2 х 1,75 метра, попадает на трубку и нагревает находящийся в ней теплоноситель. Причем, эта площадка всегда перпендикулярна солнечным лучам, что обеспечивает максимальную эффективность сбора солнечной энергии. Производительность концентратора достигает 16 - 18 кВт*часов за световой день. Этого достаточно чтобы нагреть 300 литров воды до температуры 70 градусов. Масса концентратора с заполненной теплоносителем трубкой составляет всего 14,5 кг, в то время как аналогичный по производительности трубчатый коллектор имеет массу более 90кг. В данной конструкции концентратора быстрая смена теплоприемника не предусматривалась.

На рис. 2 показан общий вид многофункционального солнечного концентратора в режиме солнечного кипятильника. Концентратор смонтирован на подвижной тележке, что позволяет легко установить его в нужном месте, а также обеспечен легкий доступ к фокальной области, что позволяет быстро менять приемники излучения. В режиме кипятильника в фокальной области располагается вакуумная трубка с высокотемпературным теплоносителем. С помощью насоса теплоноситель прокачивается через теплообменник, расположенный в сосуде с жидкостью, которую нужно либо нагреть, либо вскипятить. Работой насоса управляет термодатчик, поддерживающий температуру теплоносителя в пределах 120-125 градусов. Внешний вид сменного блока - кипятильника показан на рис. 3. Мощность концентратора 800Вт.



Рис. 3.

Для перевода в режим обычного водонагревателя вместо вакуумной трубки кипятильника в фокальную область помещается вакуумная трубка, связанная гибкими шлангами с баком водонагревателя.

Не секрет, что такие природные явления, как дождь, снег, град, иней и гололед, не способствуют увеличению срока службы солнечных концентраторов. Поэтому будет не лишней защита концентратора от таких воздействий. Но строить для этого

специальное укрытие нерационально. Лучше использовать уже имеющееся укрытие, например, крышу балкона или крышу летней беседки. А для того, чтобы концентратор не занимал жизненное пространство, его целесообразно расположить как можно выше под потолком. Именно такой режим эксплуатации концентратора показан на рис. 4 и рис. 5.



Рис. 4.



Рис.5.

На рис. 4 представлено нерабочее, парковое положение концентратора, а на рис. 5 рабочее. Размер концентратора 42х92см, масса 4,5кг, вакуумная трубка длиной 50см, производительность 1,8-2 кВт*часа. В течение солнечного дня этот концентратор нагревал 45 литров воды до температуры 55 градусов. На рис. 6 представлен график зависимости мощности концентратора от времени в течение дня.



Рис. 6.

Этот концентратор также может работать в режиме солнечного кипятильника. Для этого достаточно вместо водонагревательной вакуумной трубки установить блок кипятильника (рис. 3).

Мобильность. Для успешной реализации режима многофункциональности необходимо, чтобы концентратор был мобильным. Выше уже упоминалось, что концентратор, показанный на рис. 2, установлен на подвижной тележке и может легко перемещаться в пределах приусадебного участка. Нами исследовалась возможность передвижения концентраторов на бóльшие расстояния. Для этого концентратор диаметром 2,2 метра был установлен на двухколесную тележку, выполненную в виде прицепа к велосипеду (рис. 7). Тепловая мощность этого концентратора 3кВт.



Рис. 7.

Поскольку масса концентратора соизмерима с массой велотележки, и не намного больше массы велосипеда, то управлять таким транспортным средством смог даже 12-летний ребенок.

Солнечная летняя кухня. Как это ни странно, но приготовление пищи это вторая статья расхода энергии после отопления и горячего водоснабжения жилища. Поэтому перевод кухни на «солнечную тягу» может дать существенный вклад в обретение энергетической независимости.

Какая мощность необходима и достаточна для приготовления пищи? Прямые измерения мощности газовых горелок типичной газовой плиты дали следующие результаты: мощность самой большой горелки 2,8кВт, двух средних по 1,7кВт и мощность самой маленькой горелки 800Вт. Солнечный кипятильник, рассмотренный выше (рис. 3), это прообраз будущей солнечной кухни. Необходимо только усовершенствовать процесс транспортировки тепла, повысить температуру теплоносителя до 160-180 градусов и использовать современные методы приготовления пищи, которые уже реализованы во многих электрических «чудо-кастрюлях», доступных на рынке. Сделать концентратор мощностью 4-5кВт с 2-3 «конфорками» сейчас не проблема. А в сочетании с мобильностью концентратора может быть реализован вариант полноценной солнечной полевой кухни.

Переработка мусора. Если в фокальную область концентратора, изображенного на рис. 2, вместо вакуумной трубки поместить простую стальную трубу, то через 2-3 минуты температура внутри трубы будет 220-240 градусов. При такой температуре все изделия из полиэтилена, полипропилена и полистирола превращаются в вязкую жидкость. Поэтому, поместив в трубу шнек для перемешивания расплавленной массы, а на выходе фильеру нужной формы и размера, получим в результате самый обыкновенный экструдер. На рис. 8 показаны результаты первого эксперимента по переработке пластика с помощью солнечной энергии. В свете полученных результатов, весьма заманчивой выглядит перспектива получения песчано-полимерных композиций с последующим формованием или прессованием готовых изделий, например, тротуарной плитки.



Рис. 8.



Рис. 9.

На рис. 9 представлен результат переработки алюминиевых пивных банок с помощью 3-х киловаттного концентратора, показанного на рис. 7. Как видим, из одной банки получается небольшой слиток чистого алюминия (светлый пятачок на фото) и легкая, почти воздушная оболочка шлама, представляющая собой в основном окислы алюминия. При незначительной доработке этот процесс можно оптимизировать и автоматизировать, и получать слитки алюминия, пригодные для дальнейшего использования. Выглядеть это будет как сменный блок в виде плавильной печи. Причем плавить можно не только алюминий, но и цинк и свинец. Цинк – это утилизация батареек, а свинец – утилизация автомобильных аккумуляторов.

Из рассмотренного следует вывод, что с помощью различных сменных блоков и мобильных концентраторов можно реализовать принцип «утилизация отходов на месте их возникновения» [3]. При помощи бесплатной солнечной энергии на месте выброшенного мусора производятся полезные вещи, и при этом не образуются свалки. Экологи должны ликовать.

Термоакустика [4]. Нельзя сказать, что это молодая наука, ибо ее корни уходят в 18-е столетие, но интенсивно развиваться она начала в последние 30-40 лет. Первенство удерживают как западные страны (Европа, США), так и восточные (Япония, Корея, Китай). Чем же вызван такой повышенный интерес? Дело в том, что на основе термоакустических эффектов можно построить тепловые машины такие, например, как холодильник или электрогенератор, без движущихся механизмов. Всю «черную» работу по производству «пользы» для человека в этих устройствах выполняют молекулы газа, находящиеся в замкнутом объеме. А это значит, что нет механического износа и устройства практически вечные. И второй плюс: абсолютная замкнутость, нет выбросов чего-либо наружу, экологическая чистота всех процессов. Но Природа не желает так быстро расставаться со своими тайнами, и наряду со сложным математическим описанием, препятствующий быстрому проектированию, выдвигает жесткие и противоречивые требования к материалам, из которых необходимо изготавливать некоторые детали термоакустических устройств.

Сегментированные концентраторы как нельзя лучше подходят для подвода тепловой энергии к термоакустическим устройствам. Это связано с тем, что с их помощью можно создавать любое пространственное распределение интенсивности, наилучшим образом согласованное с геометрией приемника тепла. А тот факт, что в научной литературе практически отсутствуют публикации по применению солнечной энергии в термоакустике, подтверждает сложность подвода солнечной энергии с помощью существующих типов концентраторов [5,6].

И второй момент, солнечное тепло имеет колоссальное преимущество перед другими источниками тепловой энергии, используемыми в термоакустике. Как правило, тепло к термоакустической ячейке подводится с помощью теплообменника за счет явления теплопроводности. При этом тепло в равной степени передается всем молекулам газа, как тем, которым оно крайне необходимо, так и тем, которым оно не желательно, и даже вредно. Поэтому приходится ставить еще один теплообменник, чтобы отвести это, не по адресу переданное тепло, и поддерживать на должном уровне градиент температуры.

Молекулы газа солнечные лучи не поглощают и, естественно, не нагреваются! А нагревается только поверхность регенератора, и только приповерхностные молекулы газа адресно получают нужную энергию. Именно эти «рабочие лошадки» устремляются в область холодного газа, и запускают процесс генерации звука. Как следствие, регенератор берет от солнечного потока ровно столько энергии, сколько сможет переработать. В результате отпадает необходимость как в горячем теплообменнике (для подвода тепла), так и в холодном (для отвода избыточно подведенного тепла), что существенно упрощает конструкцию термоакустической ячейки. Цепочка упрощений распространяется и на конструкцию самого концентратора.

На рис. 10 показан внешний вид первой экспериментальной солнечной термоакустической ячейки с электрогенератором. Для получения электроэнергии, достаточной для жизнеобеспечения малоэтажного домовладения, необходимо увеличивать диаметр резонатора до 200-300мм, систему делать замкнутой, повышать давление газа и использовать вместо воздуха другие газы. Все это решаемые задачи при условии надлежащего финансирования.

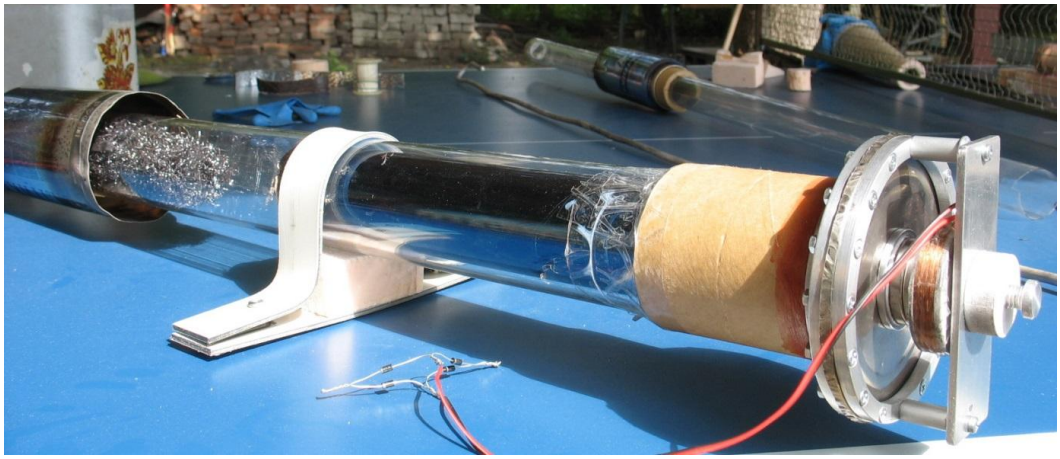


Рис. 10.

Вторым важным практическим применением термоакустических устройств является получения холода [5,6]. Если отвлечься от несущественных деталей, то термоакустический холодильник похож на волшебную палочку. Если один конец этой палочки нагревать, то на втором образуется иней. Сейчас в стадии теоретической разработки находится проект холодильника для погреба или овощехранилища, в котором удивительным образом сочетаются положительные свойства концентраторов и термоакустических холодильников (рис. 11).

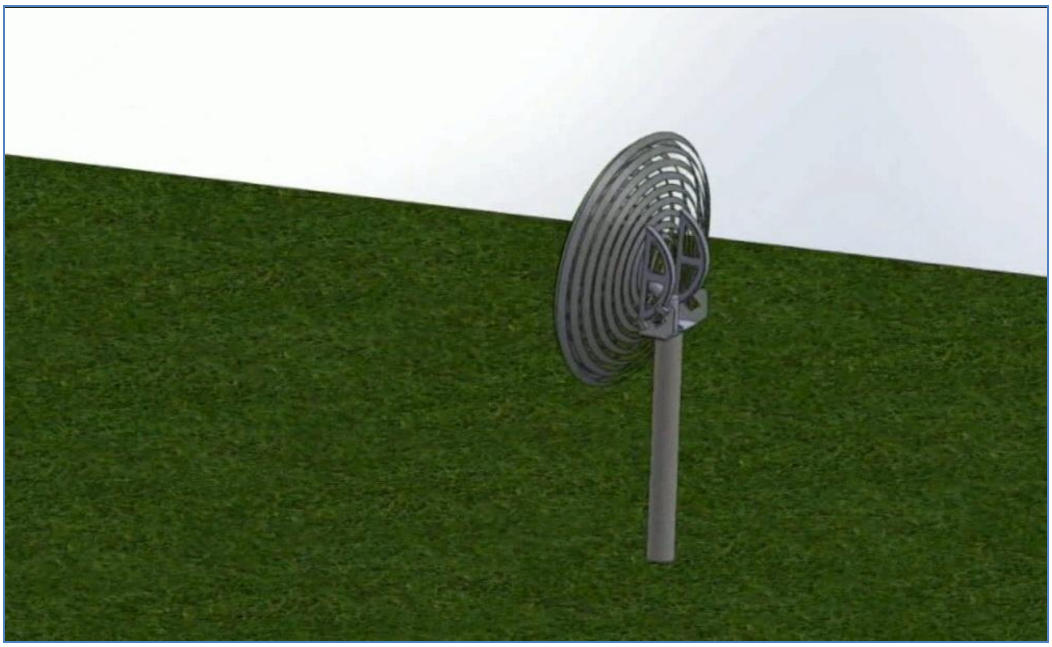


Рис. 11.

Опорой солнечного концентратора служит резонатор термоакустического холодильника, холодный конец которого находится в подземном помещении, а горячий конец в фокусе концентратора. В осенне-зимний период, когда потребность в холоде отпадает, концентратор мощностью 8-9кВт может включиться в процесс обогрева жилых помещений. Используя концентратор меньшей мощности, аналогичным образом можно устроить и кондиционирование помещений, и их отопление.

Гибрид-трансформер. Как уже отмечалось выше, одной солнечной энергии недостаточно, для того чтобы полностью покрыть круглогодичную потребность в энергии. Поэтому, чтобы сгладить сезонный характер поступления солнечной энергии, как правило, прибегают к энергии ветра [7]. Такой подход приводит к существенному удорожанию системы энергообеспечения, так как используется два независимых устройства, основанные на разных физических эффектах.

Уникальные свойства сегментированных концентраторов позволяют создать солнечно-ветровую установку, которая представляет собой гибрид-трансформер[8]. Днем при наличии солнца она работает как концентратор и нагревает воду в бойлере, а на ночь изменяет свою геометрию, и превращается в ветро-электрогенератор, и начинает заряжать аккумулятор. Если наутро солнце не покажется, то она и дальше будет находиться в режиме ветроустановки. И даже всю зиму может пережить в «личине» ветряка, а с появлением первых погожих дней начнет превращаться в солнечный концентратор. Причем, это не сумма двух разных устройств на одном фундаменте, а именно трансформер, так как каждый элемент устройства выполняет по две функции. Поэтому затраты материалов и, естественно, стоимость будут примерно в 2 раза меньше, чем отдельно построенные ветряк и концентратор. А стоимость энергии, полученной от гибрида-трансформера, будет ниже, чем полученной от концентратора или от ветроустановки. Совместное использование солнечной и ветровой энергии позволяет существенно сгладить сезонные колебания в поступлении энергии и вплотную приблизиться к режиму полноценного круглогодичного автономного энергообеспечения, т.е., к энергетической независимости.

Выводы.

1. Рассмотренные выше типы концентраторов относятся к классу не отображающей оптики, т.е. не формирующей изображение. Поэтому распределение интенсивности в фокальной области никоим образом не связано с пространственным

распределением интенсивности источника излучения, и может принимать любые причудливые формы по желанию проектировщика. Это открывает широкие возможности для оптимального согласования геометрии приемника излучения вне зависимости от геометрии источником излучения, что позволяет снизить потери уже на первой стадии преобразования энергии. Поэтому необходимо активно продолжать исследования и разработки в данном направлении.

2. Применяя концепцию сменных блоков, в совокупности с мобильностью, можно с помощью одного солнечного концентратора решать широкий круг задач по энерго- и жизнеобеспечению домовладений. И вполне реально уже сейчас достижение такого уровня универсальности и гибкости, при котором использование солнечной энергии будет столь же комфортным и удобным, как газ или электричество.

3. Набор уникальных свойств сегментированных концентраторов позволяет создавать новые типы гибридных устройств, гибридов-трансформеров, использующих два вида альтернативной энергии солнечную и ветровую. Это позволяет сгладить сезонные колебания в поступлении энергии, уменьшить стоимость полученной энергии и вплотную приблизиться к энергетической независимости жилища.

Литература

1. Согоконь А.Б.Зачем нужен концентратор солнечной энергии? Или на что способен солнечный концентратор? Научно-практическая конференция «Энерго-и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий» Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 19–20 марта 2013г, стр., 50-57.
2. Пат. 107277 (UA) Концентратор солнечной энергии / Согоконь А.Б. Действует с 10.04.2014, опубликован 10.12.2014. Бюл. №23.
3. http://syneko.etov.com.ua/articles/7616-OB-ALTERNATIVNOY-ENERGETIKE-I-UTILIZATsII-OTHODOV.html
4. http://alexandria.tue.nl/extra2/200911305.pdf
5. http://www.aster-thermoacoustics.com/?m=201211
6. Jay A. Adeff, Thomas J.Hefler Design and construction of a solar-powered, thermoacoustically driven, thermoacoustic refrigerator. J. Acoust. Soc. Am. 107(6) Jun 2000, P. 37-42.
7. Пат. 2309339 (РФ) Гелиоветровой водонагреватель /Шувалов А.М., Набатов К.А., Шульгин К.А. Действует с 17.04.2006, зарегистрирован 27.10.2007 Бюл. № 30. http://www.freepatent.ru/patents/2309339
8. Заявка на патент Украины. Солнечно-ветровая установка / Согоконь А.Б. Дата подачи 12.02.2015.

УДК 697.133

РАСЧЁТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММОГО ПАКЕТА «TEPLOROTR-2»

Алексеева Е.Г., Лежнёва Ю.А., Немова Т.Н.
Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

В настоящее время – период развития современных технологий - существует множество различных программ, которые позволяют быстро и без сложных математических вычислений получить данные о тепловых потерях и других показателях в системах теплоснабжения, тем самым облегчить работу инженеров и проектировщиков.

Одной из таких программ является «TeploRoTr-2», которая проста в использовании, не занимает на ПК много места и находится в открытом доступе, (версия от 03.02.2012). Она позволяет рассчитать теплопотери через изоляцию трубопроводов при различных способах прокладки трубопровода, многослойных стенок (в том числе воздушных прослоек), паровых спутников мазутопроводов, а также провести расчеты: одноходовых теплообменников «труба в трубе», потерь давления на элементах узлов учета тепла, радиационно-конвективных щелевых рекуператоров промпечей, ограждений с теплопроводными включениями и прочее.

С целью достоверности применения данной программы для определения тепловых потерь в системе теплоснабжения при подземной прокладке трубопровода были проведены расчёты и сравнительный анализ с результатами других авторов [1].

Для трубопровода подземной прокладки программа позволяет рассчитать:

- Температуру на поверхности трубопровода, °С;
- Температуру на слоях изоляции, °С;
- Общее термическое сопротивление трубопровода, (м·К)/Вт;
- Термическое сопротивление конструкции канала, (м·К)/Вт;
- Термическое сопротивление грунта вокруг канала, (м·К)/Вт;
- Термическое сопротивление от воздуха к стенкам канала, (м·К)/Вт;
- Общее термическое сопротивление канала, (м·К)/Вт;
- Температуру поверхности грунта (только при неглубокой прокладке), °С;
- Среднюю температуру воздуха в канале, °С;
- Среднюю температуру внутренней поверхности стенок канала, °С;
- Общие удельные потери прокладки, Вт/м;
- Коэффициент эффективности изоляции, %.

Программа позволяет произвести данные расчеты при прокладке до 4-х трубопроводов в канале.

Основным требованием для расчета тепловых потерь в программе является сбор исходных данных, которые вводятся в выплывающие окна (рис.1.):

1. Характеристика конструкции канала;
2. Общие данные (температура грунта, коэффициенты теплопроводности грунта и теплоотдачи от трубопровода в воздух в канале и от воздуха в канале к стенкам канала, коэффициент местных тепловых потерь);
3. Характеристики изоляции(й) и трубопровода(ов).

Полученные результаты можно сохранить в формате TXT для дальнейших расчетов и анализа.

При расчете тепловых потерь трубопровода подземной прокладки можно по необходимости рассчитать оптимальные толщины слоев изоляции (от 0 до 300 мм) по приведенным годовым расходам.

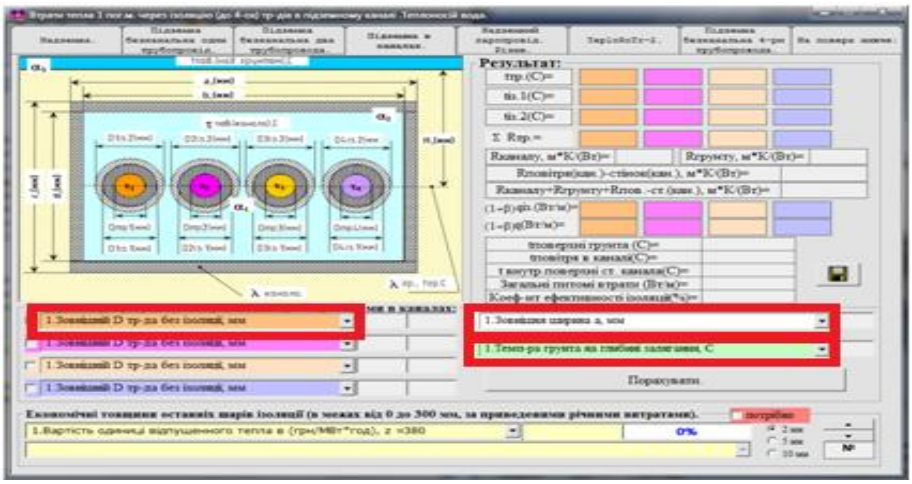


Рис. 1. Рабочая область расчета тепловых потерь через изоляцию (до 4-х трубопроводов) в непроходном канале.

Физическая постановка задачи

Объектом исследования послужил часто используемый в России магистральный трубопровод в непроходном железобетонном канале подземной прокладки, изолированный пенополиуретановыми (ППУ) скорлупами (рис. 2).

При постановке задачи приняты следующие основные допущения:

- Теплофизические параметры материалов являются постоянными и известными величинами;

- Условия как снаружи, так и внутри канала остаются неизменными во времени (температура, теплофизические параметры: материала стенки трубопровода, тепловой изоляции, стенок канала, воздуха в канале, грунта).

Исходные данные

Расчеты тепловых потерь проводились для трубопровода с условным диаметром 600 мм, изолированного ППУ скорлупами толщиной 50 мм и коэффициентом теплопроводности, равным 0,0224 Вт/(м·К).

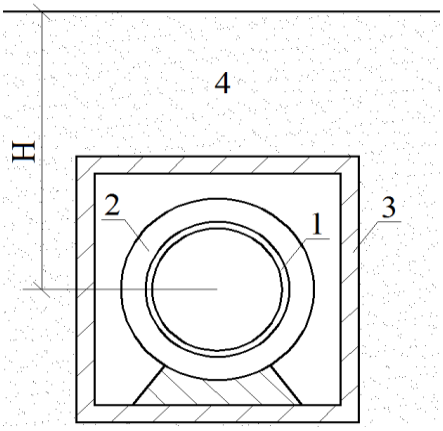


Рис. 2. Схематическое расположение трубопровода в непроходном одноячейковом канале подземной прокладки. H - глубина залегания к горизонтальной оси; 1 - металлическая стенка трубы; 2 – слой изоляции; 3 – железобетонная стенка канала; 4 - грунт.

Трубопровод расположен на глубине залегания до оси к горизонтали 1,285 м в сборном железобетонном канале марки КЛс120-120 с коэффициентом теплопроводности материала стенок канала (при плотности железобетона 2500 кг/м^3) 1,69 Вт/(м·К).

Средняя температура теплоносителя равна 90°С, а температура на поверхности грунта 10 °С.

В Томской области и г. Томске преобладает вид грунта – суглинок [2]. Коэффициенты теплоотдачи от трубопровода в воздух в канале, от воздуха в канале к стенкам канала для расчетов приняты, согласно [3], равными 8,141 Вт/(м^2·К). Коэффициент местных потерь принимается равным 1,15 [4].

Результаты проведенных расчетов по программе «TeploRoTr-2» в диапазоне температур теплоносителя от 100 до 130°С в сравнении с данными [1], полученными для тех же материалов и условий, представлены в таблице.

Таблица результатов расчета тепловых потерь

Т, °С	Тепловые потери, рассчитанные в программе «TeploRoTr-2», q_1	Тепловые потери, рассчитанные по математической модели [1], q_2	Отклонение от математической модели, %
100	70,1	68,42	2,4
110	77,9	77,34	0,72
120	85,7	86,26	0,65
130	93,5	95,18	1,77

Заключение

1. Для одних и тех же материалов и условий эксплуатации магистрального трубопровода отклонение результатов по тепловым потерям, полученным с помощью программы «TeploRoTr-2» и [1], составляет менее 2,5 %.

2. Использование программы позволяет существенно сократить время, необходимое работникам, обслуживающим инженерные сети, для расчета тепловых потерь трубопроводов.

Литература

1. Половников В.Ю. Математическое моделирование тепловых режимов теплотрубопроводов в условиях увлажнения изоляции: Дис. к.т.н.:05.14.04. – Томск, 2006. – 122 с.
2. СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. – М.: Госстрой России. 2001 – 42 с.
3. Громов, Н.К. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др. – М.: Энергоавтомтомиздат, 1988. – 376 с.
4. Порядок определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя. КонсультантПлюс:[Электронный ресурс] : URLhttp://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_138495/?frame=2

УДК. 621 315.5

ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ИЗ ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА

Будяк Д.В
г. Москва, ecovillage@yandex.ru

1. Введение

Автономная система энергоснабжения на ВИЭ, как правило, включает гальванические аккумуляторы большой ёмкости, а зачастую – ещё и резервный источник на базе ДВС. Эти обстоятельства позволяют усомниться в экологичности такой системы.

Мы рассмотрим систему, где электрические аккумуляторы заменены тепловыми, а резервным источником энергии является двигатель с внешним подводом тепла. Эту систему можно называть "система производства и хранения тепловой и электрической энергии на базе теплоаккумулятора и двигателя с внешним подводом тепла", но мы далее будем для краткости говорить просто "система".

Примем следующие сокращения:

ТА – тепловой аккумулятор

ТАМ – теплоаккумулирующий материал

ТД – тепловой двигатель с внешним подводом тепла, соединённый с генератором и производящий электроэнергию из тепла.

Примем обозначения:

Тн – более высокая температура в тепловой машине или тепловом насосе

Тх – более низкая температура в тепловой машине или тепловом насосе

2. Устройство системы и порядок работы

ТА хранит тепловую энергию, которая может быть получена из различных источников, а именно:

- при сжигании топлива
- от солнечных коллекторов
- из электроэнергии с помощью ТЭНов или тепловых насосов

Когда потребителю нужна электроэнергия, она вырабатывается из накопленной тепловой энергии с помощью ТД.

В системе можно применить разные ТА и ТД. Мы рассмотрим два варианта. По первому варианту в качестве ТАМ используется вода, а ТД – спиральный холодильный компрессор, переделанный в паровую машину. Эта система хорошо изучена на практике, что позволяет оценить её технические и экономические характеристики. Она может быть собрана из серийно выпускаемых компонентов с небольшими доработками. По второму варианту в качестве ТАМ используется гравий. Такая система изучена недостаточно.

3. История вопроса

Известны [1] энергетические установки с высокотемпературными ТА на основе графита, в которых ТА нагреваются электричеством. Плотность хранения электроэнергии достигает 300 Вт*ч на кг.

На солнечных тепловых электростанциях используются высокотемпературные ТА [2]. Днём они заряжаются теплом от солнечных концентраторов, а ночью накопленное тепло используется для выработки электроэнергии.

Английская фирма Isentropic [3] при правительственной поддержке разрабатывает систему аккумулирования электроэнергии с помощью тепловых насосов

с перепадом температур от -160ºС до +500ºС. Заявлен КПД аккумулирования электроэнергии в 70-75% при стоимости хранения ниже, чем на ГАЭС. Экспериментом это заявление пока не подтверждено.

4. КПД системы с учётом несовершенства тепловых машин

4.1. Степень совершенства тепловой машины

Введём величину ε – "степень совершенства" тепловой машины или системы. ε характеризует эффективность преобразования энергии между тепловой и электрической с учётом потерь на всех этапах. Для системы, работающей в режиме теплового насоса, положим

$$\varepsilon_{тн} = (\text{КОП теплового насоса})/(\text{КОП обратного цикла Карно}) = (Q_2 / E_1) \times (Тн - Тх) / Тн,$$

где E_1 [Дж] – общие затраты электроэнергии, Q_2 [Дж] – теплота, выделенная тепловым насосом при температуре Тн и запасённая в ТА. Для теплового двигателя положим

$$\varepsilon_{тд} = \text{КПД}/(\text{КПД Цикла Карно}) = (E_4 / Q_3) \times Тн / (Тн - Тх),$$

где Q_3 – тепловая энергия, извлечённая из ТА, E_4 – выработанная электроэнергия.

В хороших энергетических установках с ТД и в тепловых насосах обычно ε<=0,5, причём эта величина уменьшается при уменьшении электрической мощности установки. Далее в пункте 4 будем предполагать, что в нашей системе $\varepsilon_{тн} = \varepsilon_{тд} = 0{,}25$.

4.2. Заряд ТА с помощью теплового насоса и разряд с выработкой электроэнергии

Сначала у нас имеется электричество, мы включаем тепловой насос и с его помощью заряжаем ТА. Израсходовав E_1 электроэнергии, получим в ТА

$$Q_2 = E_1 \times Тн/(Тн-Тх) \times \varepsilon_{тн}$$

тепловой энергии при температуре Тн. Если тепло хранится без потерь, то учитывая, что мы предположили $\varepsilon_{тн} = \varepsilon_{тд} = 0{,}25$, при последующем разряде ТА через ТД получим

$$E_4 = Q_2 \times (Тн-Тх)/Тн \times \varepsilon_{тд} = E_1 \times \varepsilon_{тн} \times \varepsilon_{тд} \approx 0{,}06\ E_1$$

электроэнергии. То есть КПД аккумулирования электроэнергии составит только 6%.

Вспоминаем, что фирма Isentropic обещает КПД аккумулирования 75%. Для этого нужно, чтобы $\varepsilon_{тн} = \varepsilon_{тд} = 87\%$ – это очень высокая эффективность, возможность достижения которой вызывает определённые сомнения.

4.3. Заряд ТА с помощью ТЭНов и разряд с выработкой электроэнергии

Определим эффективный КПД ТД $\eta_{тд,эл}$ как отношение работы электрического тока к затраченному теплу. Отметим, что

$$\eta_{тд,эл} = \varepsilon_{тд} * (\text{КПД цикла Карно}).$$

Пусть снова у нас есть E_1 джоулей электроэнергии. Тогда мы можем нагреть ТА с помощью ТЭНов. Тогда $Q_1=E_1$. Когда нам понадобится электричество, мы разрядим ТА через ТД и получим

$$E_4 = E_1 \times \eta_{тд,эл}$$

электроэнергии. То есть КПД аккумулирования здесь равен КПД ТД. Например, с помощью большой паротурбинной электростанции мы могли бы таким способом запасти электроэнергию с КПД 42%. Если у нас есть генератор мощностью 1 кВт на двигателе Стирлинга с $\eta_{тд,эл} = 15\%$, то мы можем запасти электроэнергию с КПД 15%.

4.4. Заряд ТА теплом с последующей выработкой электричества

Из внешнего источника получаем Q_1 Дж тепла при температуре Тн, которое без потерь запасается и хранится в ТА. В фазе разряда тепло извлекается из ТА и приводит в действие тепловой двигатель. В этом случае КПД преобразования тепла в

электричество будет равен $\eta_{тд,эл}$. По сути, мы просто отложили производство электроэнергии из тепловой энергии на другое время. Этот случай имеет место на тепловых солнечных электростанциях [2], где ТА днём заряжаются теплом от концентраторов, а ночью это тепло идёт на выработку электроэнергии. В экодоме можно заряжать ТА от солнечных коллекторов или протопить дровяной котёл.

4.5. Выводы

Мы ввели понятие степени совершенства ε и, предполагая ε≈0,25, пришли к выводу о том, что при этом значении ε аккумулирование электроэнергии с помощью заряда ТА тепловым насосом малоэффективно. Целесообразность заряда ТА прямым нагревом электроэнергией зависит от КПД ТМ. Если у нас есть источник тепловой энергии, то её аккумулирование с последующей выработкой электроэнергии может иметь смысл.

5. Система с водяным ТА

Рассмотрим подробнее систему с водяным ТА и попытаемся определить её свойства.

5.1. Упрощённая схема и режимы работы

Упрощённая схема системы изображена на рис. 1. ТА представляет собой теплоизолированный бак с водой и теплообменником. Водяной контур, изолированный от воды внутри ТА, служит для передачи тепла между котлом, ТА и испарителем паросиловой установки на органическом рабочем теле.

В режиме заряда ТА в водогрейном котле сжигается топливо, например, дрова. Вода циркулирует между котлом и ТА и заряжает ТА.

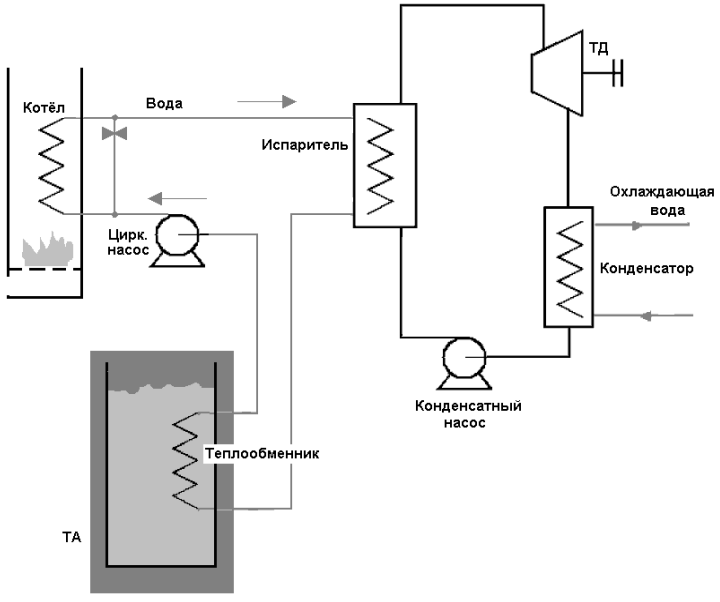


Рис. 1. Система с водой в качестве ТАМ. Упрощённая схема.

В режиме разряда ТА котёл может быть холодным. Вода циркулирует по водяному контуру, минуя котёл благодаря открытому вентилю. Тепло передаётся из ТА в паросиловую установку. В испарителе вода отдаёт тепло органическому рабочему телу. Рабочее тело кипит, и его пары поступают в расширительную машину, изготовленную на базе серийного спирального холодильного компрессора. Далее пары конденсируются в конденсаторе, отдавая тепло охлаждающей воде. Тепло охлаждающей воды сбрасывается в окружающую среду. Конденсат рабочего тела с помощью конденсатного насоса возвращается в испаритель.

Таблица 1. Характеристики экспериментальных паросиловых установок с органическим рабочим телом

Параметр\ Установка	[4], тест 030507P	[5]
Температура рабочего тела на входе в машину, ºС	104	≈70 (точно не указана)
Температура охлаждающей воды, ºС	11	≈25 (точно не указана)
Мощность паровой машины, кВт	0,8 эл	2 мех, 1,7 эл (предполагая КПД генератора 0,87)
КПД Карно	0,25	<=0,14 (точно не указана)
ε эл	0,16	0,25 (предполагая КПД генератора 0,87)

Вместо котла источником тепла могут быть солнечные коллекторы или ТЭНы. Также возможна выработка тепла из электричества с КПД выше 100%, если паросиловая установка будет работать в режиме теплового насоса, забирая тепло из окружающей среды.

5.2. Оценка КПД паросиловой установки

Степень совершенства $\varepsilon_{эл}$ для системы определим как относительный КПД системы в режиме ТД, рассчитанный по электрической выходной мощности за вычетом энергии, затраченной на привод конденсатного насоса. Мощностью циркуляционных насосов пренебрегаем, поскольку бывают системы отопления без циркуляционных насосов.

Таблица 1 составлена на основе литературных данных по характеристикам экспериментальных паросиловых установок с органическим рабочим телом, созданных на базе серийных холодильных спиральных компрессоров.

Опираясь на эти данные, мы в дальнейших рассуждениях положим $\varepsilon_{эл} = 0{,}25$.

5.3. Температура и её перепады в различных точках системы

В литературном источнике [5] не приведено полных данных по температурам в системе, а также по способу определения $\varepsilon_{тд}$. Логично предположить, что $\varepsilon_{тд}$ определялся по температурам греющей и охлаждающей воды на входе в испаритель и конденсатор соответственно. Поступим аналогичным образом. Также для простоты примем перепад температур между нагревающей средой на входе и нагреваемой средой на выходе в 5ºС во всех теплообменниках. Такого перепада всегда можно добиться подбором достаточно мощных теплообменников.

Предельную температуру воды в котле примем равной 95ºС.

Сброс тепла в окружающую среду, вообще говоря, представляет сложности. Будем считать, что нам повезло и имеется неограниченное количество чистой воды температурой +7ºС, которую мы можем пропустить через конденсатор. При перепаде температур в конденсаторе 5ºС температура конденсации будет +12ºС.

Расчёты показывают, что саморазряд хорошо теплоизолированного водяного ТА объёмом 1 $м^3$ составляет порядка 1% в день. Поэтому саморазрядом пренебрежём.

5.4. Температурные режимы системы, полезная ёмкость и КПД

Предполагаем ёмкость ТА эквивалентной 1 тонне воды, теплоёмкость 4,2 МДж/ºС ≈ 1,2 кВт*ч/ºС. Вода выходит из котла при 95ºС и внутри ТА проходит через теплообменник. Поэтому температуру полностью заряженного ТА примем равной 90ºС. Температуру полностью разряженного ТА примем равной 64ºС.

При расчёте КПД будем считать, что температура воды в ТА является средней между температурой полного заряда и полного разряда, т.е. 77ºС.

5.5. Заряд

Температура воды в ТА поднимается от 64ºС до 90ºС, запасаем 30 кВт*ч тепла.

5.6. Разряд

Падение на теплообменнике в ТА – 5ºС. Значит, средняя температура греющей воды рабочего тела будет 72ºС. КПД Карно при перепаде от 72ºС до 12ºС составляет 17%. Мы приняли относительный КПД $\varepsilon_{эл} = 0{,}25$, поэтому КПД преобразования тепла в электроэнергию

$\eta_{тд,эл} = (\text{КПД Карно}) \times \varepsilon_{эл} \approx 4{,}3\%$.

Полная выработка электроэнергии составит $4{,}3\% \times 30 \approx 1{,}3$кВт*ч.

Итак, мы затратили 30 кВт*ч тепла и получили 1,3 кВт*ч электроэнергии. Если мы топили котёл дровами, то, принимая КПД котла равным 80%, а теплотворную способность дров – 10 МДж/кг, получаем удельный расход дров ≈11 кг/(кВт*ч).

5.7. Заряд ТА электричеством

Пусть у нас имеется ветрогенератор или солнечные панели. Тогда мы можем установить ТЭНы внутри ТА и использовать излишнее вырабатываемое электричество для нагрева воды в ТА. Правда, на выходе мы получим только 4,3% от затраченной электроэнергии.

5.8. Возможность реализации

Примеры реализации рассматриваемой системы описаны в [4], [5]. Лабораторная система может быть собрана по описаниям, данным в литературе, из серийных компонентов с небольшими доработками. Разработка подобной промышленной установки не должна вызвать существенных трудностей.

5.9. Безопасность

При перегреве рабочего тела паросиловой установки давление будет расти, и это может привести к взрыву. Все пригодные по диапазону температур органические рабочие тела при перегреве либо разлагаются с выделением токсичных веществ, либо взрывоопасны. Схема, использующая воду в качестве промежуточного теплоносителя, позволяющая воде кипеть при атмосферном давлении, исключает возможность перегрева рабочего тела паровой машины выше 100ºС. А следовательно исключает связанные с этим риски.

5.10. Надёжность и долговечность

Система собирается из компонентов холодильного и отопительного оборудования, которые при должном качестве изготовления и монтажа весьма надёжны, нетребовательны к обслуживанию и имеют большой ресурс.

5.11. Стоимость

Не претендуя на точность, попробуем оценить стоимость основных компонентов системы из [5]. Паросиловая установка, описанная в [5], имеет максимальную механическую мощность 2 кВт. Предполагая КПД генератора 0,87, получим электрическую мощность 1,7 кВт. Стоимость использованных теплообменников CIAT EXL-1440 выяснить не удалось, поэтому подберём близкий по общей площади пластин и габаритному объёму теплообменник Alfa Laval AC-70X-120M. Он пригоден для хладагента R134a, применённого в [5], и воды, выдерживает нужное давление 22 атм. Цена – 2200 евро или 154.000 руб по курсу 70 [6]. Также ЗАО "Ридан" [7] по запросу рассчитало теплообменник по условиям конденсации из [5] и предложила сопоставимую цену в 182.000 руб с доставкой по России. Эту цену мы и примем за основу.

Таких теплообменников нужно как минимум четыре. Три входят в состав паросиловой установки, описанной в [5], а четвёртый теплообменник с близкими параметрами должен находиться в ТА. Таким образом, стоимость теплообменников составит 728.000 руб или 430.000 руб/кВт электрической мощности.

Котёл STROPUVA мощностью 40 кВт стоит 107.000 руб [8], или около 60.000 руб/кВт электрической мощности. Такая мощность котла позволяет паросиловой установке работать непрерывно на полную мощность.

Компрессор Sanden TRS 105 на интернет-аукционе ebay продаётся по цене порядка 15.000-20.000 рублей, это пренебрежимо мало по сравнению со стоимостью теплообменников. Вероятно, что всё остальное оборудование системы, кроме ТА, также будет стоить пренебрежимо мало по сравнению с теплообменниками. Тогда будем считать, что стоимость компонентов системы составляет 500.000 руб/кВт электрической мощности.

По нашим оценкам, стоимость стального бака ТА, средств защиты от коррозии и теплоизоляционных материалов составит около 14.000 руб при вместимости 1000 кг, или около 11.000 руб за кВт*ч электрической ёмкости. Защиту от коррозии необходимо возобновлять через 3-4 года, расходы составят порядка 3.000 рублей. Для сравнения, автомобильный аккумулятор 12В×190А*ч при глубине разряда 30% даёт стоимость ёмкости хранения 11.000 руб/кВт*ч без учёта амортизации [9]. Видим, что без учёта КПД стоимость хранения тепловой энергии сравнима со свинцовыми аккумуляторами. Мы не проводили анализ амортизации аккумуляторов, но можно предположить, что при учёте амортизации хранение тепловой энергии в водяном ТА окажется существенно выгоднее, чем хранение электрической в свинцовом аккумуляторе.

Итак, ориентировочно стоимость хранения электроэнергии составляет 11.000 руб/кВт*ч, стоимость установленной мощности по выработке электроэнергии – 500.000 руб/кВт, КПД аккумулирования электроэнергии – 4,3%, расход дров на производство электроэнергии – 11 кг/кВт*ч. Напомним, речь идёт о неоптимизированной лабораторной установке.

5.12. Согласование с нагрузкой

КПД паросиловой установки при нагрузке ≤0,01 от номинала падает практически до нуля. Также возможны проблемы при мгновенном росте нагрузки. Напротив, гальванический аккумулятор, который обычно применяется в автономных системах, мгновенно отвечает на изменение нагрузки и имеет высокий КПД в широком диапазоне мощностей, начиная от нуля.

Поэтому система в любом случае должна включать буферный гальванический аккумулятор или батарею ионисторов для покрытия нагрузки в трёх ситуациях:

- при особо низких нагрузках, когда КПД паросиловой установки слишком мал; в этом случае паросиловая установка будет остановлена;
- при высоких нагрузках и остановленной паросиловой установке – в течение времени, необходимого для запуска паросиловой установки; это время ориентировочно составляет от нескольких десятков секунд до нескольких минут;
- при резком возрастании нагрузки, когда система регулирования паросиловой установки неспособна с этим справиться – в течение времени порядка одной секунды.

Требуемая ёмкость аккумулятора будет многократно меньше ёмкости, обычно используемой в автономных системах энергоснабжения.

5.13. Экологичность

При использовании углеводородного рабочего тела, вся система будет изготовлена из материалов либо относительно безвредных, либо допускающих экономически выгодную повторную переработку. Исключение составляют отдельные компоненты электрооборудования, но это неизбежно в любой автономной системе электроснабжения. Важным преимуществом является возможность избежать использования ископаемого топлива.

5.14. Возможные области применения

5.14.1. Автономный экодом

Если дом подключён к электрической или газовой сети, то нет смысла производить или запасать электроэнергию с таким низким КПД. Для автономного экодома рассматриваемая система может иметь смысл, поскольку в большинстве регионов России солнечные батареи и ветряки не могут дать достаточно дешёвую энергию в течение всего года.

5.14.2. Аварийное/временное электроснабжение

Для аварийного электроснабжения КПД имеет меньшее значение, а надёжность и низкие эксплуатационные расходы – большее. Герметичная паровая машина с органическим рабочим телом по своей конструкции, безусловно, надёжнее ДВС.

5.14.3. Автономный посёлок

Чем больше мощность паросиловой установки, тем выше её КПД и ниже удельная стоимость установки и эксплуатации. Поскольку рассмотренная система не предусматривает генерации тепла, можно построить комбинированную солнечно-топливную электростанцию для посёлка и провести ЛЭП к каждому дому.

6. Система с гравийным ТА

Мы подробно рассмотрели систему с использованием воды в качестве ТАМ. Также возможно использование гравийных ТА. Прототип такого ТА – банная печь-каменка. Сравнение примеров систем с водяным и гравийным ТА проведено в табл. 2.

Табл. 2. Сравнение систем с водяным и гравийным ТА

Параметр	ТАМ – вода	ТАМ – гравий
Диапазон температур ºС	64-90	350-450
Вспомогательный теплоноситель	Вода	Воздух
Тепловая ёмкость ТА, кВт*ч/м^3	27	37
Электрический КПД ТД по отношению к теплу из ТА,%	4,3	≈9,0 (на основании опыта эксплуатации паровых машин)
Электрическая ёмкость ТА, кВт*ч/м^3	1,16	3,3
Отходящее тепло	Выбрасывается	Может использоваться для отопления или ГВС
Коэффициент использования тепловой энергии,%	4,3	до 100
КПД цикла заряд – разряд при заряде электричеством, %	4,3	9,0 (+ 81% выделяется в виде тепла)
Заряд ТА солнечным коллектором	Плоские или вакуумные коллекторы	Концентраторы
Тепловая машина	Паросиловая установка с органическим рабочим телом	Паросиловая установка или двигатель Стирлинга
Наличие готовых компонентов и опыта эксплуатации	Да	Ограничено или отсутствует
Простота эксплуатации	Да	Требуется изучение

Выбор тепловой машины для гравийного ТА проблематичен. Традиционная паровая машина доступна на рынке, но сложна в эксплуатации. Например, Индийская фирма [10] предлагает электростанцию мощностью 3кВА за $5200 (320.000 руб по курсу 61, или 107.000руб/кВА). Попытки вывести на массовый рынок домашний электрический генератор на двигателе Стирлинга предпринимались многократно, но

большинство из них закончились провалом. Сегодня на европейском рынке имеется как минимум один домашний газовый котёл с двигателем Стирлинга, не требующим обслуживания. Установка способна отдавать электроэнергию во внешнюю сеть. Электрический КПД двигателя заявлен в 15% при мощности в 1 кВт, а стоимость всей установки – около 15.000 евро с НДС (более 1.000.000 руб по курсу 70) [11]. Возможность применения этого двигателя совместно с гравийным ТА требует изучения.

7. Выводы

Мы обсуждали автономную систему электроснабжения с тепловым аккумулированием. Такая система полностью основана на ВИЭ, способна в любое время выдавать полную мощность, при этом ёмкость гальванических аккумуляторов может быть многократно (вплоть до нуля) уменьшена по сравнению с обычными автономными системами.

Были рассмотрены два варианта системы. Система с водяным ТА хорошо изучена, основана на проверенных технологиях. Доступно описание лабораторных прототипов. Можно ожидать, что в случае разработки промышленной версии такой системы она будет надёжной и простой в обслуживании. Однако на данном этапе лабораторные образцы демонстрируют низкий КПД и высокую стоимость.

Система с гравийным ТА позволяет в несколько раз повысить плотность хранения энергии, увеличить КПД аккумулирования электроэнергии как минимум до 9%, а КПД выработки электроэнергии из биомассы – до 7%. 81% запасённого тепла может быть использован на отопление и ГВС. Однако практическое создание такой системы требует исследований.

Литература

1. В.Д.Левенберг. Энергетические установки без топлива. – Л.: Судостроение, 1987.
2. Р.Б.Ахмедов, И.В.Баум, В.А.Пожарнов, В.М.Чаховский. Солнечные электрические станции. – М.:ВИНИТИ, 1986.
3. Isentropic®: [сайт]. URL: http://isentropic.co.uk/ (дата обращения: 01.02.2015)
4. Sylvain Quoilin. Experimental Study and Modeling of a Low Temperature Rankine Cycle for Small Scale Cogeneration. Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of ElectroMechanical Engineer (Energetic engineering). – Liège.: University of Liège, 2007.
5. D.Manolakos, G.Papadakis, S.Kyritsis, K.Bouzianas. Experimental evaluation of an autonomous low-temperature solar Rankine cycle system for reverse osmosis desalination // Desalination 203 (2007) pp 366-374.
6. Alfa laval. Price list. Refrigeration equipment – 2014: [прайс-лист]. URL: http://t-soluciona.com/wp-content/uploads/Tarifas-Refrigeracion.pdf (дата обращения: 01.02.2015).
7. Ридан®: [сайт]. URL: http://wp.ridan.ru (дата обращения: 01.02.2015).
8. Твердотопливный котёл STROPUVA S40: [предложение в интернет-магазине] / интернет-магазин GAZANET. URL: http://www.gazanet.ru/shop/UID_89.html (дата обращения: 01.02.2015).
9. Аккумулятор грузовой ПАЗ 6СТ-190: [предложение в интернет-магазине] / интернет-магазин AutoAKB.ru. URL:http://www.autoakb.ru/catalogitem/3722/ (дата обращения: 01.02.2015).
10. Steam power plants [объявление о продаже] / Aadhunik Global Energy. Rajkot, India. URL:http://www.tinytechindia.com/steampowerplan.htm (дата обращения: 01.02.2015)
11. Vitotwin 300-W [объявление о продаже]. URL:http://www.wrobel-shk.de/Vitotwin-300-W-1-kWel-/-26-kWth_1 (дата обращения: 01.02.2015).

УДК. 62.6

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРО – И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛОЭТАЖНОГО ПОСЕЛКА В СИБИРСКИХ УСЛОВИЯХ

Горбачева Н.В., Смирнов Д.С.
Сколковский институт науки и технологий, г. Москва

Сравнительные преимущества малоэтажного строительства убедительно представлены не только в мировых тенденциях [1] и российском контексте [2], но и для сибирских городов в частности [3]. Одно из узких мест при реализации концепции малоэтажного строительства является отсутствие современного отечественного оборудования и технологий в одном из ключевых сегментов домостроения – электро- и теплоснабжение. На решение данной проблемы направлено предлагаемое исследование. Становление политики реиндустриализации российской экономики [4] и поиск конкурентоспособного импортозамещения [5] дополнительно актуализируют поиск решения силами отечественных разработчиков.

Данное исследование нацелено на проведение экономической оценки внедрения децентрализованной системы электро- и теплоснабжения с применением отечественной разработки - системы когенерационных установок на базе двигателя с внешним подводом теплоты (ДВПТ) - для поселка (100 домов), расположенного в сибирских условиях (на примере г. Новосибирска). Для этого в каждом доме в рамках имитационного моделирования предполагается установка когенерационной установки на базе ДВПТ электрической мощностью до 5 кВт. Данная установка будет подключена к технологически-изолированной внутренней энергетической сети поселка, регулирование которой будет обеспечиваться интеллектуальной системой оперативно-технологического управления с использованием средств информационно-коммуникационных технологий (в том числе Интернет-технологий). В данном исследовании делается попытка определить и обосновать технико-экономические параметры установки для сибирских условий, включающие:

- Профиль электро- и теплопотребления;
- Тип топлива;
- Уровень капитальных и операционных затрат установки;
- Стоимость кВт-ч произведенной электрической и тепловой энергии;
- Схему и технологические особенности ДВПТ, на базе которого выполнена когенерационная установка;
- Технологический ресурс установки;
- Технологическая схема подключения установки системе инженерных коммуникаций домовладения;
- Схему внутренней электросети поселка;
- Схему оперативно-технологического управления.

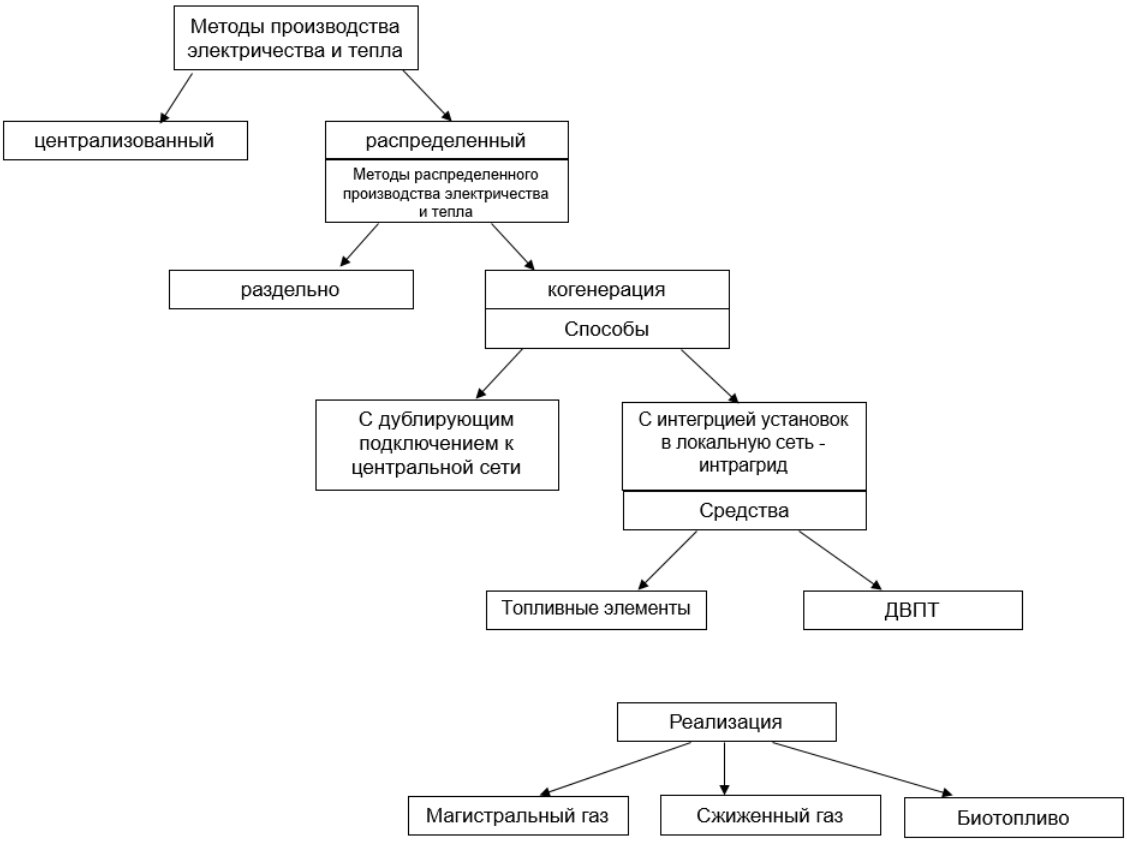


Рис.1. Структура процесса производства электричества и тепла

Предлагаемый новый способ обеспечения жителей малоэтажных домов электричеством и теплом заключается в использовании ДВПТ с установленной мощностью более 1 кВт в качестве основы для когенерационной установки и объединении системы маломощных когенерационных установок в общую, независимую от Единой энергетической системы, электрическую сеть, располагающуюся внутри поселка, и использовании современной интеллектуальной информационной системы контроля, основанной на Интернет технологиях.

Известны когенерационные установки Европейского производства на базе ДВПТ установленной мощностью до 1 кВт [6]. Однако такие установки не предназначены для обеспечения основных электрических и тепловых нужд домовладений в условиях Сибири, так как уровень электрической и тепловой мощности является недостаточным. С другой стороны, высокие конкурентные технологические преимущества ДВПТ делают его одним из основных кандидатов для применения в когенерационных установках для малоэтажного и коттеджного строительства [7]. К основным технологическим преимуществам относится возможность использовать различные виды топлива, повышенный ресурс, сниженный уровень выбросов, шума и вибраций за счет оптимизированного внешнего горения топлива [8]. Технологии оперативно-технологического управления системы генераторов известны. Такие системы применяются для контроля высокомощных генераторных установок входящих в единую энергетическую систему России. Однако внедрение аналогичных систем оперативно-технологического управления группы маломощных генераторов мощностью до 5 кВт для малоэтажных и коттеджных поселков в России на настоящий момент не применено. Согласно Федерации немецкой промышленностей [9] и Национальной немецкой академии науки и технологий [10] использование интернет-

протоколов связи и управления системой когенерационных установок позволит оптимизировать энергопотребление, создать рынок электроэнергии внутри поселка, а также создать ряд предпринимательских возможностей в сфере энергетических товаров и услуг, при этом снижаются инвестиционные риски в инженерную инфраструктуру.

Предварительная экспресс-оценка экономического эффекта от внедрения предлагаемой новой технологической модели по сравнению с централизованным электро- и теплоснабжением показывает, что капитальные затраты на инженерные коммуникации и оборудование снижаются в 2 раза, операционные издержки - на 25%. Авторская методика экономической оценки демонстрирует попытку количественной оценки таких качественных преимуществ, предлагаемого технологического решения как повышение надежности энергообеспечения поселка, элиминирование пиковых нагрузок и регулирование со стороны домовладельцев режимами дешевого и дорогого энергопотребления.

Литература

1. Global Construction Survey 2013: Ready for the next big wave? KPMG, 2014.
2. Люлько А.Н., О.Н. Носков Дом для народа, Новосибирск, 2009. URL: http://lyulko.org/en/biography/96-aleksandr-lyulko-oleg-noskov-dom-dlya-naroda-kakim-v-rossii-budet-dostupnoe-zhile-i-kto-etomu-meshaet
3. Огородников И.А. Экодом в Сибири, Новосибирск, 2000. URL: http://www.sib-ecodom.ru/ekodom-v-sibiri.html
4. «О промышленной политике в Российской Федерации» (№ 488-ФЗ, принят 31.12.2014.)
5. «План мероприятий по содействию импортозамещению в промышленности», утвержденный 1 октября 2014 г.
6. Micro-CHP Technology Assessment and Benchmarking. EPRI, Palo Alto, CA: 2009. 1018977.
7. Patrick Landsbergen. Feasibility, beneficiality, and institutional compatibility of a micro-CHP virtual power plant in the Netherlands. Master thesis - Systems Engineering, Policy Analysis, and Management. Delft University of Technology. N.V. Nuon Energy. 2009
8. Dan Scarpete, Nicolae Badea. Stirling Engine: An Emerging Prime Mover for Micro-CHP Systems. Proceedings of the ASME 2010 10th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis. July 12-14, 2010, Istanbul, Turkey.
9. Internet of Energy. ICT for Energy Markets of the Future. BDI initiative Internet of Energy. E-Energy. Federation of German Industries. December 2008
10. Appelrath, Hans-Jürgen / Kagermann, Henning / Mayer, Christoph (Ed.): Future Energy Grid. Migration to the Internet of Energy. Acatech STUDY, Munich 2012.

УДК. 621.313.5: 621.365.9

ТЕПЛОГЕНЕРАТОР ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Ким К.К., Иванов С.Н., Карпова Н.С., Просолович А.А.
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

Производство, передача и эффективное использование тепловой энергии являются необходимыми условиями обеспечения регулируемых климатических условий для комфортной и полноценной жизнедеятельности современного человека независимо от места его нахождения. В настоящее время существует достаточно много типов нагревательных устройств, отличающихся конструкциями, режимами работы, технико-экономическими показателями, которые могут быть использованы или уже применяются для обогрева жилых и промышленных помещений, для горячего водоснабжения в крупных городах и промышленных центрах. При централизованном теплоснабжении помещения оборудуются последовательно-параллельными системами центрального водяного отопления и горячего водоснабжения с технически сложно реализуемой возможностью индивидуального учета потребляемой тепловой мощности.

Анализ, проведенный в Новосибирском государственном техническом университете, показывает, что около 72 % всей тепловой энергии производится централизованными источниками (мощностью более 20 Гкал/ч), остальные

28 % – децентрализованными источниками, из которых 18 % – автономные и индивидуальные [1, 2]. Особое звучание вопрос выбора типа системы отопления и горячего водоснабжения приобретает для жилых зданий, удаленных от тепловых магистралей.

До настоящего времени теплоснабжение зданий осуществляется традиционным способом, а именно, теплоноситель от теплоэлектроцентрали или центральной котельной по трубопроводам подается в отапливаемое помещение, где происходит отбор его тепла с помощью радиаторов или воздушных теплогенераторов. Процесс передачи тепла сопровождается потерями тепла. В связи с этим актуальным является вопрос перехода от центрального теплоснабжения к расположению источников тепловой энергии непосредственно там, где она необходима в данный момент времени. В частности, этот вопрос возник в связи с реализацией программ строительства малоэтажного жилья «Свой дом» и национального проекта "Доступное и комфортное жилье - гражданам России". В эксперимент по строительству малоэтажного жилья вошли 14 регионов страны.

Традиционные источники тепловой энергии, например, ТЭЦ, маломощные котельные или печное отопление, обладают рядом таких существенных недостатков как низкий коэффициент полезного действия, в частности, определяемый протяженностью трубопроводов, сложность поставки тепла потребителю, высокими ценами на твердое, жидкое и газовое топливо, невозобновляемость ресурсов, крайне отрицательное влияние на экологическую обстановку, необходимость постоянного обслуживающего персонала и пожароопасность.

Поэтому значительный интерес представляет способ получения тепловой энергии с помощью электронагрева, использование которого позволяет не только обойти большинство из отмеченных выше недостатков. Кроме того, электронагрев отличается высокой готовностью к работе, возможностью экономичного и точного регулирования и, самое главное, позволяет максимально приблизить источники тепловой энергии к местам потребления, тем самым минимизировать протяженность тепловых сетей и потери в них [3, 4].

Традиционно к электронагревательным устройствам причисляют установки, выполненные на основе трубчатых нагревательных элементов, электродные электроводонагреватели и электронагреватели с открытыми нагревательными элементами. Основными недостатками этих видов электроприборов являются их низкая надежность и недостаточный уровень безопасности в эксплуатации.

Также широко применяются в промышленности установки индукционного нагрева, характеризующиеся высокой степенью безопасности в эксплуатации, но имеющие низкие энергетические показатели.

Класс электронагревательных устройств дополняют устройства трансформаторного типа – статические теплогенераторы. Они представляют собой понижающий трансформатор, первичная обмотка которого подключена к сети, а вторичная обмотка замкнута накоротко и является нагревательным элементом.

Известно, что подобные устройства не только не уступают, но и нередко превосходят по эксплуатационно-техническим параметрам традиционные виды установок электронагрева. Но и эти устройства, несмотря на очевидные достоинства (высокий уровень электробезопасности, большая перегрузочная способность и т.д.), обладают рядом недостатков, основным из которых является низкий коэффициент теплоотдачи [5].

Повысить коэффициент теплоотдачи установок трансформаторного типа можно за счет изменения физического процесса теплообмена на поверхности нагревательного элемента, с помощью дополнительных внешних источников механической мощности (вентиляторы, насосы, компрессоры), что в свою очередь приводит к увеличению стоимости и размеров установок при одновременном снижении надежности.

Логическим развитием теплогенерирующих устройств, отличающихся повышенными коэффициентом теплоотдачи и теплопроизводительностью, является разработка теплогенераторов с вращающимися нагревательными элементами на основе электромеханических преобразователей.

Наиболее типичной является конструкция, содержащая первичную (сетевую) обмотку, расположенную на магнитопроводе, являющимся частью корпуса теплогенератора, и нагревательный элемент в виде вращающейся самоохлаждаемой вторичной обмотки, выполненной из электропроводящего материала.

Тем не менее, даже такие устройства имеют общий недостаток, связанный с тем, что, являясь по существу короткозамкнутой обмоткой асинхронного двигателя, в режимах, близких к синхронным, количество тепла, генерируемого нагревательным элементом, в значительной степени уменьшается при сближении скоростей вращения магнитного поля, созданного первичной обмоткой и вращающегося нагревательного элемента. Для обеспечения требуемой теплопроизводительности, а также с целью исключения влияния на параметры теплогенератора скорости вращения вторичной обмотки, в конструкцию устройства целесообразно ввести добавочные источники тепла, показатели которых не связаны непосредственно со скоростью вращения нагревательного элемента, например, как в статических электронагревателях трансформаторного типа.

Предварительный анализ показывает, что наиболее существенными достоинствами теплогенерирующих электромеханических преобразователей являются структурная надежность, уникальные регулировочные характеристики, высокая технологичность, возможность выполнения в самом широком диапазоне таких технических параметров, как температура нагреваемой среды, производительность, давление.

Практическая реализация этих устройств нашла свое воплощение в новом типе источников тепловой энергии на основе электромеханических преобразователей с разделенными нагревательными элементами [6 - 8].

Следует отметить, что в отечественной и зарубежной технической литературе практически отсутствуют работы, непосредственно касающиеся теплогенераторов, использующих электромеханические преобразователи энергии с короткозамкнутыми обмотками (ТЭМП). Поэтому для их комплексного исследования необходимо использование накопленного опыта физического, математического и численного моделирования классических электромеханических преобразователей, теоретических и практических разработок в области электромеханики, механики, теплотехники, гидравлики, электромашиностроения и создание на этой основе научно обоснованных методик проектирования, позволяющих производить, испытывать и эффективно эксплуатировать рассматриваемые устройства.

Теоретические основы, позволяющие проектировать и создавать устройства класса ТЭМП, базируются на анализе процессов, характерных классическим электромеханическим преобразователям. При этом в качестве основного энергоносителя предполагается электромагнитное поле, определяющее как электромагнитную мощность, так и момент, а соответственно все энергетические соотношения в ТЭМП. В реальной (индуктивной) машине основное влияние оказывает магнитное поле, но теоретически наличие емкостных связей указывает на более сложный характер рассматриваемых процессов и необходимость учета индуктивно-емкостных взаимодействий. Причем в ряде случаев именно эта особенность может стать определяющим фактором, устанавливающим диапазон выполнимости ТЭМП.

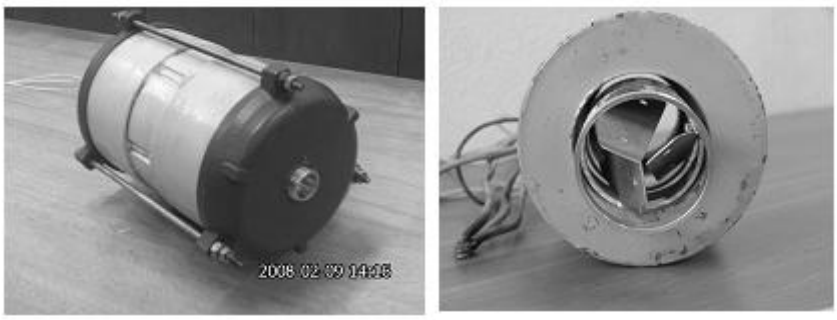


Рис. 1. Вид теплогенератора на основе ТЭМП

С учетом этого ТЭМП необходимо рассматривать как объект взаимодействия электрических, магнитных, тепловых и механических факторов для целенаправленного преобразования первичной электрической энергии во вторичные ее виды: тепловую и механическую.

Как показано раннее, ТЭМП может быть представлен достаточно большим количеством конструктивных исполнений, но для рассмотрения принципа действия может быть выбрано одно из наиболее типичных устройств, представленное на рис. 1.

На рис. 2 приведена конструктивная схема ТЭМП, соответствующая показанным на рис. 1 фотографиям.

Теплогенерирующий электромеханический преобразователь состоит из магнитопровода, с размещенной на нём первичной обмоткой 1, и вращающейся короткозамкнутой вторичной обмотки (вращающийся нагревательный элемент), выполненной в виде несплошного полого цилиндра 2, на внутренней поверхности которого сформированы и жестко связаны с ней напорные лопасти 3. Нагреваемый теплоноситель, направление которого показано жирными стрелками, проходит через внутреннюю полость цилиндра 2. Неподвижная часть теплогенератора 1 представляет

собой капсулированный изоляционным антифрикционным самосмазывающимся материалом статор ТЭМП.

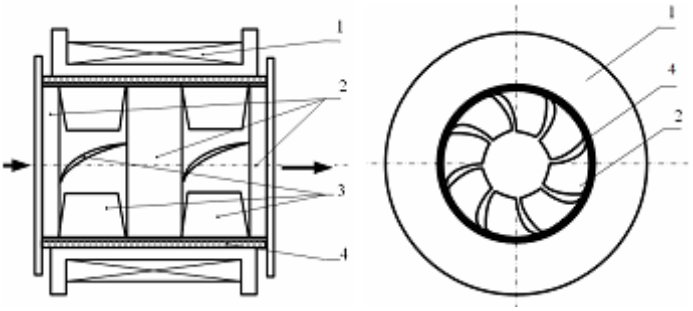


Рис. 2. Конструктивная схема ТЭМП

Неподвижный нагревательный элемент (НЭ) 4 является деталью, входящей в состав статора, и после установки образует с ним неразборную конструкцию. Он изготавливается из тонкостенной немагнитной электропроводящей фольги, гальванически не связанной с электропроводящими элементами статора, и размещается в специальной кольцевой канавке. Для ее образования на внутренней части капсулированного статора с помощью, например, токарной операции снимается слой материала. Осевая длина канавки и ее глубина определяются в процессе проектирования неподвижного нагревательного элемента, закрепление и электрическое соединение которого обеспечивается с помощью пайки высокотемпературным припоем непосредственно в месте установки.

Вращающийся нагревательный элемент (ВЭ) и магнитопровод отделены теплоизолирующим слоем из антифрикционного неэлектропроводящего материала, выполняющего функцию одностороннего радиальноупорного подшипника скольжения и составляющего неразделимую часть с магнитопроводом и первичной обмоткой. Конструкционную целостность устройства обеспечивают две стянутые шпильками торцевые крышки (упорная и фиксирующая), изготовленные на базе стандартных подшипниковых щитов, входящих в комплект электродвигателей серии 4А(5А) или 4П. Для обеспечения герметичности между крышками и торцевыми поверхностями капсулированного статора установлены упругие тороидальные демпферы из термостойкой резины, которые также могут выполнять функции закручивающего и спрямляющего элементов. Сопряжение ТЭМП с внешней нагрузкой осуществляется с помощью резьбовых штуцеров, закрепленных на крышках с помощью сварки или гаек. Между вращающимся нагревательным элементом и фиксирующей крышкой расположено уплотнительное кольцо из самосмазывающегося материала, ограничивающее перемещение ВЭ в осевом направлении.

Теплогенерирующий электромеханический преобразователь работает следующим образом. При подаче напряжения, например трехфазного, от сети переменного тока на первичную обмотку по последней начинает протекать ток, создающий намагничивающую силу и вращающееся магнитное поле, которое наводит на основании закона электромагнитной индукции во вторичных обмотках электродвижущую силу (ЭДС). Токи, обусловленные этой ЭДС, взаимодействуют с магнитным полем и приводят к нагреву вторичных обмоток и возникновению вращающего момента. При этом неподвижный нагревательный элемент нагревается вихревыми токами и является основным источником тепловой мощности. Одновременно подвижный нагревательный элемент приходит во вращение со скоростью, определяемой параметрами ТЭМП, так как между внутренней поверхностью магнитопровода и внешней поверхностью обмотки расположен слой,

выполненный из антифрикционного материала и представляющий собой радиально-упорный подшипник скольжения. При вращении вторичной обмотки, теплоноситель перемещается по пути с минимальным гидравлическим сопротивлением, т.е. вдоль оси ТЭМП, и отнимает тепло от внутренней поверхности НЭ. Высокая эффективность устройства, а именно, увеличение количества нагреваемого и перемещаемого ТЭМП теплоносителя является следствием чрезвычайно низкого осевого гидравлического сопротивления устройства. Количество теплоты, выделяемое вторичными обмотками, и производительность (т.е. количество нагреваемого и/или перемещаемого теплоносителя в единицу времени) в номинальном режиме работы зависит в основном от величины вторичного тока и скорости ВЭ.

Следует отметить, что ТЭМП органично и легко вписывается в традиционный отопительный контур (рис. 3).

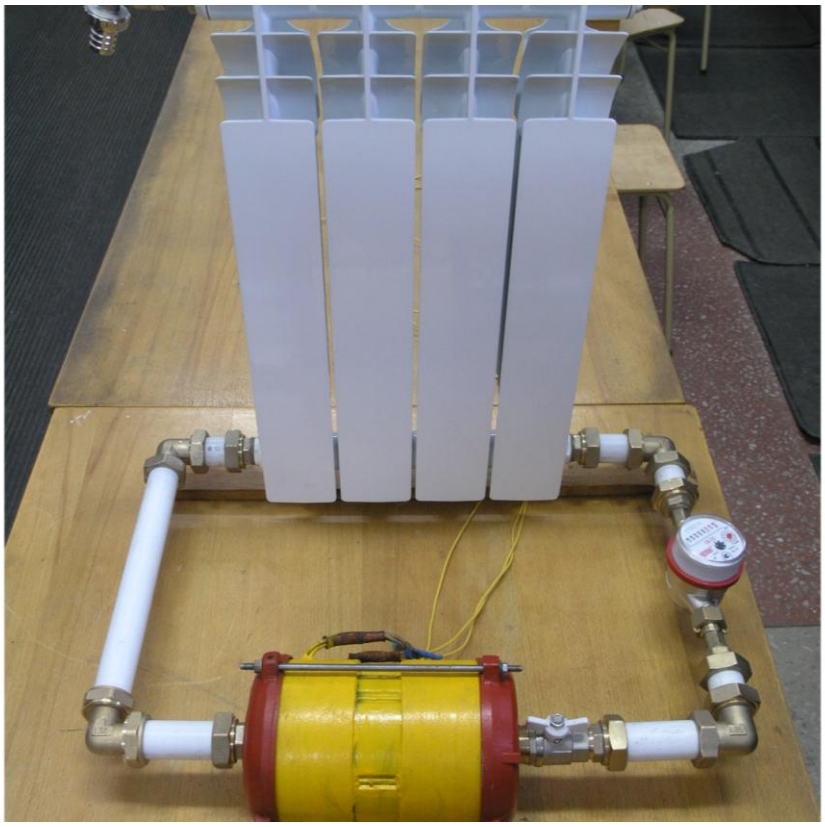


Рис. 3. Макет отопительного контура

Как можно заметить, ТЭМП аналогичен электромеханическому преобразователю, но, если в последнем тепло, выделяющееся в результате Джоулева нагрева, относят к явлениям, понижающим КПД устройства, здесь указанное тепло носит позитивный характер, т.к. идет на нагрев теплоносителя, т.е. на отопление вагона. Высокая эффективность устройства, а именно повышенное количество нагреваемого и перемещаемого ТЭМП теплоносителя является следствием чрезвычайно низкого осевого гидравлического сопротивления устройства. Количество теплоты, выделяемое нагревательными элементами, и производительность (т.е. количество нагреваемого и перемещаемого теплоносителя в единицу времени) зависит в основном от величины вихревого тока и скорости вращения цилиндра 2 (рис. 2).

Для верификации предположений и результатов теоретических исследований был изготовлен опытный образец со следующими характеристиками и параметрами:

1). Номинальная мощность - 2 кВт; 2). Номинальное напряжение - 220 В; 3). Частота питающей сети - 50 Гц; 4). Число полюсов - 2; 5) теплоноситель – вода, ТОСОЛ или трансформаторное масло.

Таблица 1 Основные технико-экономические показатели ТЭМП .

№	Наименование величины	Значение
1	Коэффициент полезного действия	0,825
2	Коэффициент мощности	0,88
3	Подводимая мощность, кВт	3,03
4	Наружный диаметр сердечника статора, м	0,131
6	Длина сердечника статора, м	0,0983
7	Принятое значение длины сердечника, м	0,1
8	Отношение длины сердечника к наружному диаметру	0,748
9	Предельное значение отношения длины сердечника к наружному диаметру	0,775
10	Внутренний диаметр сердечника статора, м	0,075
11	Воздушный зазор между статором и неподвижным нагревательным элементом (НЭ), м	0,0001
12	Воздушный зазор между статором и вращающимся нагревательным элементом (ВЭ), м	0,001
13	Наружный диаметр вращающегося нагревательного элемента, м	0,073
14	Число витков в обмотке фазы	192
15	Номинальный фазный ток, А	4,6
16	Линейная нагрузка статора, А/м	22800
17	Допустимая линейная нагрузка, А/м	25000
18	Плотность тока в обмотке статора, $А/м^2$	6488000
19	Тепловая нагрузка, $А\м^3$	$1{,}533\ 10^{-11}$

Значение производительности данного устройства составило 0,0045 $м^3/с$, скорость жидкости равнялась 1 м/с.

Температура теплоносителя (воды) на выходе ТЭМП находилась в диапазоне 90 - 95°С. При использовании ТОСОЛа или масла температура теплоносителя легко повышалась с помощью регулятора статорного напряжения.

В заключении следует отметить, что ТЭМП перспективно использовать не только для обогрева жилых зданий, но и служебных, производственных и офисных помещений.

Литература

1. Ёлшин А. И. Конструкции и расчет трансформаторных устройств низкотемпературного нагрева для жизнеобеспечения человека. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.
2. Кузьмин В. М. Электронагревательные устройства трансформаторного типа. – Владивосток: «Дальнаука», 2001.
3. Бертинов А. И. Тороидальные трансформаторы статических преобразователей / А. И. Бертинов, Д. Б. Кофман. – М.: «Энергия», 1970.
4. Кузьмин В. М. Оптимизация конструкции тороидального трансформатора для нагрева воды. Теория и расчет электромеханических систем и устройств их информационного обеспечения / В. М. Кузьмин, В.А. Размыслов, Н. Н. Мельникова. – Межвуз. сб.научн.тр., Хабаровск, 1989.

5. Кузьмин В. М. Электронагревательные устройства трансформаторного типа. Выставка российских наукоемких технологий – Каталог / В. М. Кузьмин. – Харбин, КНР, 1996. – С. 140 – 141. (Кит. яз.).
6. Ким К. К. Основы проектирования гидроэлектродинамических теплогенераторов / К. К. Ким, С. Н. Иванов, С. В. Уханов // Электро. Электроэнергетика. Электротехника. Электротехническая промышленность. – 2008.- № 4. – С. 14 – 16.
7. Ким К. К. Теплогенерирующий электромеханический преобразователь / С. Н. Иванов, К. К. Ким, И. М.Карпова // Электротехника. – 2008. - № 9. – С.46 –52.
8. Ким К. К. К вопросу определения механической характеристики теплового электромеханического преобразователя / К. К. Ким, С. Н. Иванов // Электротехника. – 2009. – № 8. – С.47 –51.

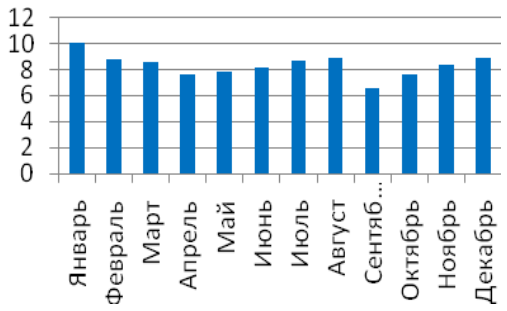
УДК 620.9

ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

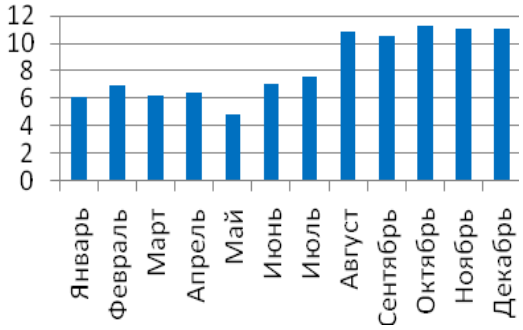
Кисляк С.М., Сеначин П.К.
Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, Барнаул

Согласно закону об энергосбережении Ф-263 [1] промышленные предприятия, затратившие более миллиона рублей в год на электроэнергию, должны пройти энергетическое обследование. В основном, это средние и крупные предприятия. К таким предприятиям относятся маслосырзоводы, расположенные на территории Алтайского края. Ниже приведены результаты энергетического обследования на примере трех заводов, расположенных в селах: Третьяки, Троицкое и Киприно.

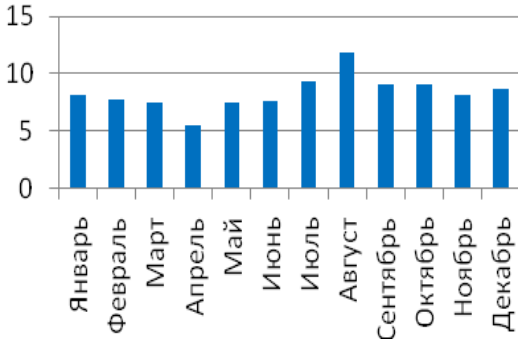
На рис. 1 приведены данные помесячного фактического потребления электроэнергии в 2011.



А) Третьяки



Б) Троицкое



В) Киприно

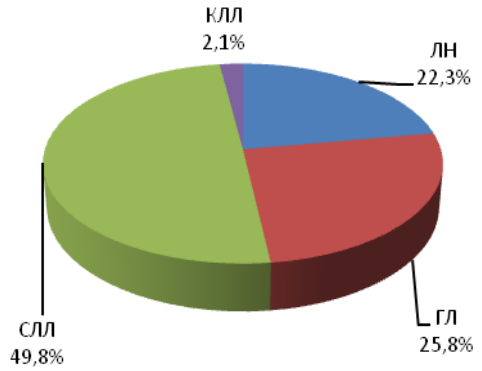
Рис. 1 – Помесячное потребление Электроэнергии в 2011 г, %

В табл. 1 дано потребление электроэнергии в зимнем и летнем периодах. Согласно данной таблице наибольшее потребление электроэнергии приходится на зимний период (54,8 – 59,9 %), что связано с его большей продолжительностью, меньшей продолжительностью светового дня и работой систем отопления. Максимум потребления приходится на период с августа по декабрь. Характер потребления электроэнергии существенно зависит от наличия сырья (молока). В зимний период (январь-апрель) потребление электроэнергии несколько снижается.

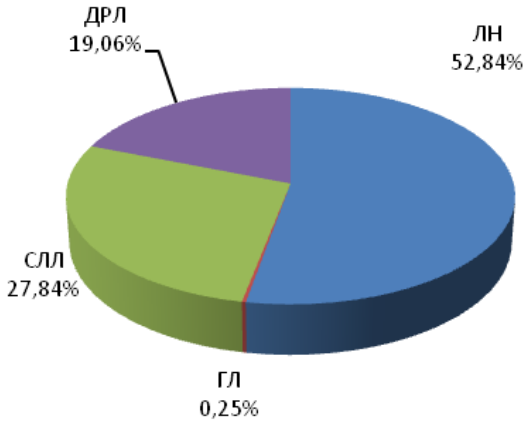
Таблица 1. Потребление электроэнергии в зимний и летний периоды, (%)

Сезон года	Третьяки	Троицкое	Киприно
Зимний период (январь-апрель, октябрь-декабрь)	59,9	59,1	54,8
Летний период (май-сентябрь)	40,1	40,9	45,2

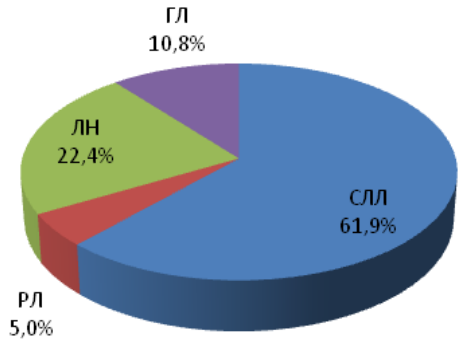
На рис. 2 приведено процентное соотношение потребления электроэнергии светильниками разных типов: ЛН – лампы накаливания; ГЛ – галогеновые лампы; СЛЛ – стержневые люминесцентные лампы; КЛЛ – компактные люминесцентные лампы; ДРЛ – ртутные лампы.



А) Третьяки



Б) Троицкое



В) Киприно

Рис. 2. Доля электроэнергии потребляемой осветительными приборами разных типов.

Как видно из диаграмм, 33-53 % потребления электроэнергии приходится на галогеновые и лампы накаливания, имеющие низкую энергоэффективность. В основном это лампы накаливания 95 Вт и мощные галогеновые источники света порядка 250-500 Вт.

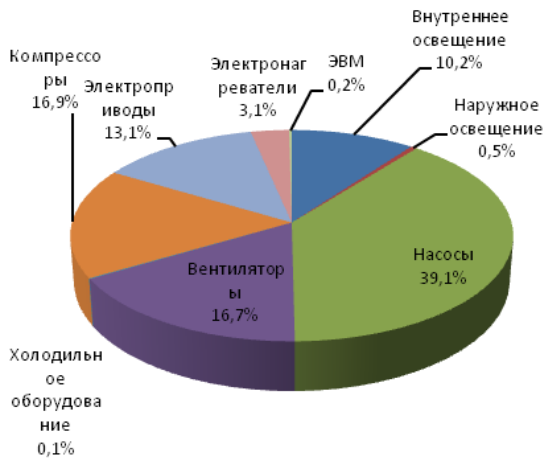
Управление освещением кабинетов, производственных помещений и коридоров местное, с помощью выключателей, расположенных у дверей. Выключение освещения в нерабочее время контролируется дежурным персоналом.

Распределение потребления электроэнергии по направлениям использования в целом по объектам приведено на рис. 3.

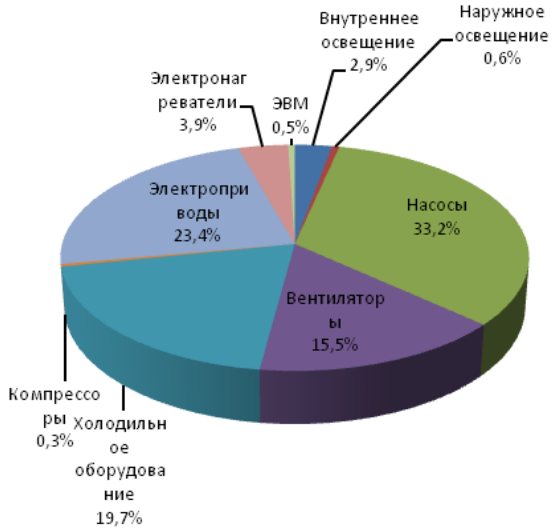
Как видно из рисунка наибольшее потребление электроэнергии создается насосным оборудованием (33-43 %). На втором месте по электропотреблению компрессорное и холодильное оборудование (17-26 %). На третьем месте по электропотреблению - электроприводы и вентиляторы. В целом на техническое оборудование тратится 89 - 96% электроэнергии.

Потенциалом энергосбережения для системы освещения является замена ламп накаливания на люминесцентные и светодиодные лампы [2]. Однако, в связи с тем, что система освещения потребляет всего порядка 10 % электроэнергии, то потенциал энергосбережения оказывается небольшим.

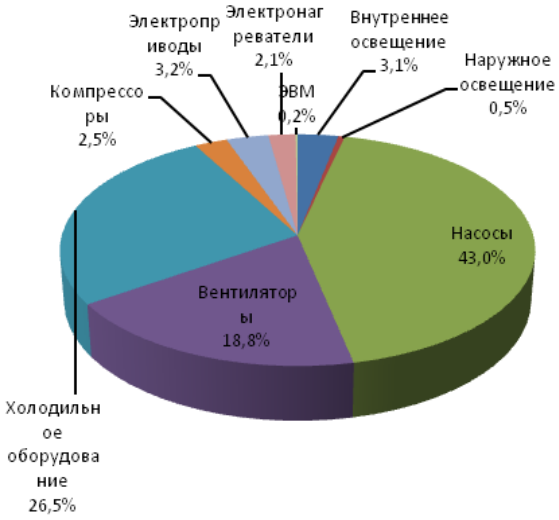
При замене ламп накаливания компактными люминесцентными лампами доля электросбережения не превышает в данном случае 1 % по каждому предприятию. Срок окупаемости такого мероприятия довольно небольшой (не более 3 месяцев). Больший эффект по энергосбережению дает использование светодиодных светильников, но при этом в 4 – 10 раз возрастает срок окупаемости.



А) Третьяки



Б) Троицк



В) Киприно

Рис. 3. Распределение потребления электроэнергии по направлениям использования

Еще одним мероприятием по сбережению электроэнергии является компенсация реактивной нагрузки электродвигателей с помощью автоматических компенсаторов реактивной мощности (АКРМ) например серии АКУ. При переходе от cos (φ) = 0.75 к cos (φ) = 0.96 относительное изменение потерь мощности в трехфазном кабеле составит

$$\Delta P, \% = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1} \cdot 100 = 1 - \left(\frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2} \right)^2 = 1 - \frac{0{,}75^2}{0{,}96^2} = 39, \% \ .$$

Согласно проведенным исследованиям на этих предприятиях доля потерь в распределительных сетях составляет 6-8 % [3]. Следовательно, снижение расхода электроэнергии на потери в кабелях составит 2–3 % при сроке окупаемости 1,1–1,4 года.

Заключение

1) На предприятиях молочной промышленности основным потребителем электроэнергии являются электродвигатели переменного тока, в основном асинхронные (до 90 % от общего потребления).

2) Потенциал сбережения электроэнергии заключается в основном в уменьшении внутренних потерь путем компенсации реактивной составляющей мощности потребителей (2-3 %).

3) Использование электродвигателей с более высоким КПД может потребовать больших капитальных затрат и может быть рекомендовано в случае выхода из строя существующих электродвигателей.

Литература

1. Федеральный Закон РФ от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», 2010.
2. Варнавский Б.П. Энергоаудит объектов коммунального хозяйства и промышленных предприятий: Учебное пособие / Б.П. Варнавский, А.И Колесников, М.Н. Федоров. - М: Главэнергонадзор Минтопэнерго РФ, РДИЭЭ, МИКХиС, 1998
3. Энергоаудит и нормирование расходов энергоресурсов: Сборник методических материалов. Н. Новгород: НГТУ; НИЦЭ, 1998.- 260 с.

УДК. 620.9:502.174

КАК ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГОБЛОКА ИЛИ ЧТО ТАКОЕ А++

Козлов И.М.
г. Новосибирск

Класс энергетической эффективности[1] (или класс энергосбережения[2]) зданий определяется согласно п.10.3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» как величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого $q^{тр}_{от}$, выраженное в процентах. Значения нормируемой (базовой) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q^{тр}_{от}$, Вт/(м^3·°С), приводятся в таблицах 13 и 14 СП 50.13330.2012.

Таблица 1. Классы энергосбережения жилых и общественных зданий. (*по Таблице 15 СП 50.13330.2012*)

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого $q^{тр}_{от}$, %
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий		
А++	Очень высокий	Ниже -60
А+		От -50 до -60 включительно
А		От -40 до -50 включительно
В+	Высокий	От -30 до -40 включительно
В		От -15 до -30 включительно
С+	Нормальный	От -5 до -15 включительно
С		От +5 до -5 включительно
С-		От +15 до +5 включительно
При эксплуатации существующих зданий		
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно
Е	Низкий	Более +50

Как видно из табл. 1, для достижения класса эффективности А++, необходимо сократить расход тепловой энергии более, чем в двое.

Известно [1], что около половины теплопотерь в здании приходится на подогрев воздуха для вентиляции (рис. 1). Следовательно, даже полностью исключив теплопотери через стены, окна и двери максимального класса не достичь. Сократить теплопотери на вентиляцию можно только применив рекуперацию. Рекуперация же не работает без механического побуждения вследствие высокого сопротивления потоку воздуха.

По сути своей, рекуперация есть получение тепловой энергии из удаляемого из здания воздуха и передача ее (тепловой энергии) поступающему в здание воздуху при определенных затратах электроэнергии. По тому же принципу работают и тепловой насос, и солнечный коллектор. Из этого можно сделать заключение, что класса А++ нельзя добиться без применения некой дополнительной отопительной системы.

[1] Согласно определению, данному в Приложении № 1 к приказу Министерства регионального развития РФ от 8 апреля 2011 г. № 161

[2] СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003), п.10.3, таблица 15.



Рис. 1. Распределение расхода тепла на отопление
современного многоквартирного жилого дома (*по материалам* [1, (рис. 1)]

В районе «Академический», г. Екатеринбург, построен «Электродом» (Краснолесья 157, блок 5.4.5) (рис. 2). В каждую квартиру этого дома заходят только две водопроводные трубы — холодное водоснабжение и канализация. Внутри квартиры стоит электрический водонагреватель. Отопление происходит за счет системы теплых полов, работающих на электричестве [2].



Рис. 2. «Электродом» в районе «Академический», г. Екатеринбург.
Фото: Елена Елисеева для 66.ru

Правомерно ли оценивать класс энергоэффективности такого здания, если оно не потребляет тепловую энергию непосредственно? Можно ограничиться расчетными показателями считая теплые полы, водонагреватели, электрополотенцесушители и систему рекуперации источником теплоты. Можно систему рекуперации отнести к оцениваемой части здания. Можно рассматривать здание как потребитель тепла в целом. Во всех трех случаях получатся разные классы энергоэффективности. Получается, что оценка класса энергоэффективности, учитывающая только объемы потребления тепловой энергии, является условной и требует уточнения условий оценки (рис. 3).

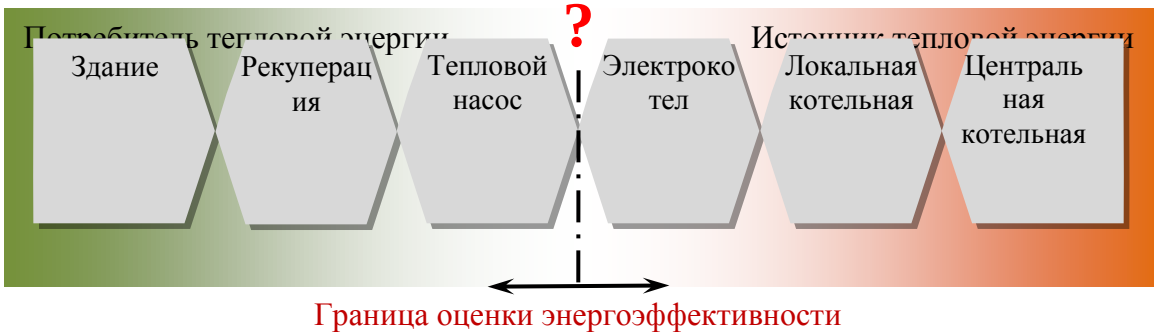


Рис. 3. Условность границы оценки класса энергоэффективности (энергосбережения).

Оценка эффективности только по тепловой энергии является неполной и предназначена для решения конкретных проблем на текущем этапе. Для оценки реальной эффективности системы отопления необходимо оценивать не изолированного потребителя тепловой энергии, а потребителя, как часть системы производства и потребления энергии (совокупно — тепловой и электрической). В качестве критерия оценки необходимо рассматривать величину некоторого параметра, которая может выражаться в тоннах условного топлива, тоннах вредных выбросов в атмосферу или в количестве тепловой энергии, выброшенной в атмосферу (эти величины взаимосвязаны) для достижения требуемых климатических параметров в здании. Вторым параметром, минимума которого нужно добиваться, является сумма оплаты за используемые тепловую и электрическую энергии.

На рис. 4 схематично отображены три предельных случая на основании расчетов [3]: минимум потребления электроэнергии, минимум потребления тепловой энергии и оптимальное соотношение потребления тепловой и электрической энергии.

Первый случай (рис. 4*а*) отражает ситуацию «пассивного» энергосбережения (утепленные фасады, окна), когда в здании не применяется такое оборудование как рекуператор, тепловой насос. Летом покупается электроэнергия для переноса теплоизбытков с помощью кондиционеров из помещения в атмосферу. И тут же покупается тепловая энергия для горячего водоснабжения. Зимой тепла, получаемого для выработки тех объемов электроэнергии, которые потребляет дом, недостаточно для нужд отопления, и приходится вырабатывать дополнительные объемы тепловой энергии. Все это тепло отдается домом в атмосферу через стены, окна и вентиляцию.

Во втором случае (рис. 4*б*) применение рекуперации снижает выбросы тепла домом в атмосферу зимой. Летом кондиционеры по-прежнему выбрасывают теплоизбытки (в том числе, от работающего электрооборудования) в атмосферу. Для производства тепла на нужды горячего водоснабжения и восполнения оставшихся теплопотерь необходима электроэнергия. Вся тепловая энергия, необходимая для производства электроэнергии, не реализуется потребителям, а выбрасывается в атмосферу. Поскольку ТЭЦ лишается доходов от реализации тепла, цена электроэнергии будет выше. Количество сжигаемого условного топлива может быть сопоставимо с первым вариантом.

Оптимальной следует считать ситуацию (рис. 4*в*), когда объемы приобретаемой домом тепловой энергии максимально приближены к объемам, необходимым для выработки электроэнергии. Объем требуемой электроэнергии несколько больше, чем в первом случае, за счет работающего дополнительного оборудования. Однако тепловой энергии требуется вырабатывать меньше, поэтому топлива сжигается меньше. Зимой почти все выработанное тепло на ТЭЦ уходит

потребителю. Летом теплоизбытки утилизируются на подогрев горячего водоснабжения, поэтому тепла от ТЭЦ берется меньше, чем вырабатывается, и появляется сброс тепла в атмосферу. Сброс тепла домом сводится к минимуму, поскольку зимой работает рекуперация, а летом теплоизбытки утилизируются.

Дальнейшее снижение выбросов тепловой энергии в атмосферу возможно только с применением источников электроэнергии, не требующих выработки теплоты (солнечные батареи, ветрогенератор). Если применение солнечных батарей в качестве дополнения к энергоблоку экономически нецелесообразно, то для ветрогенератора есть решение, позволяющее существенно повысить его эффективность (правда, только для многоэтажных зданий), но это тема отдельной публикации.

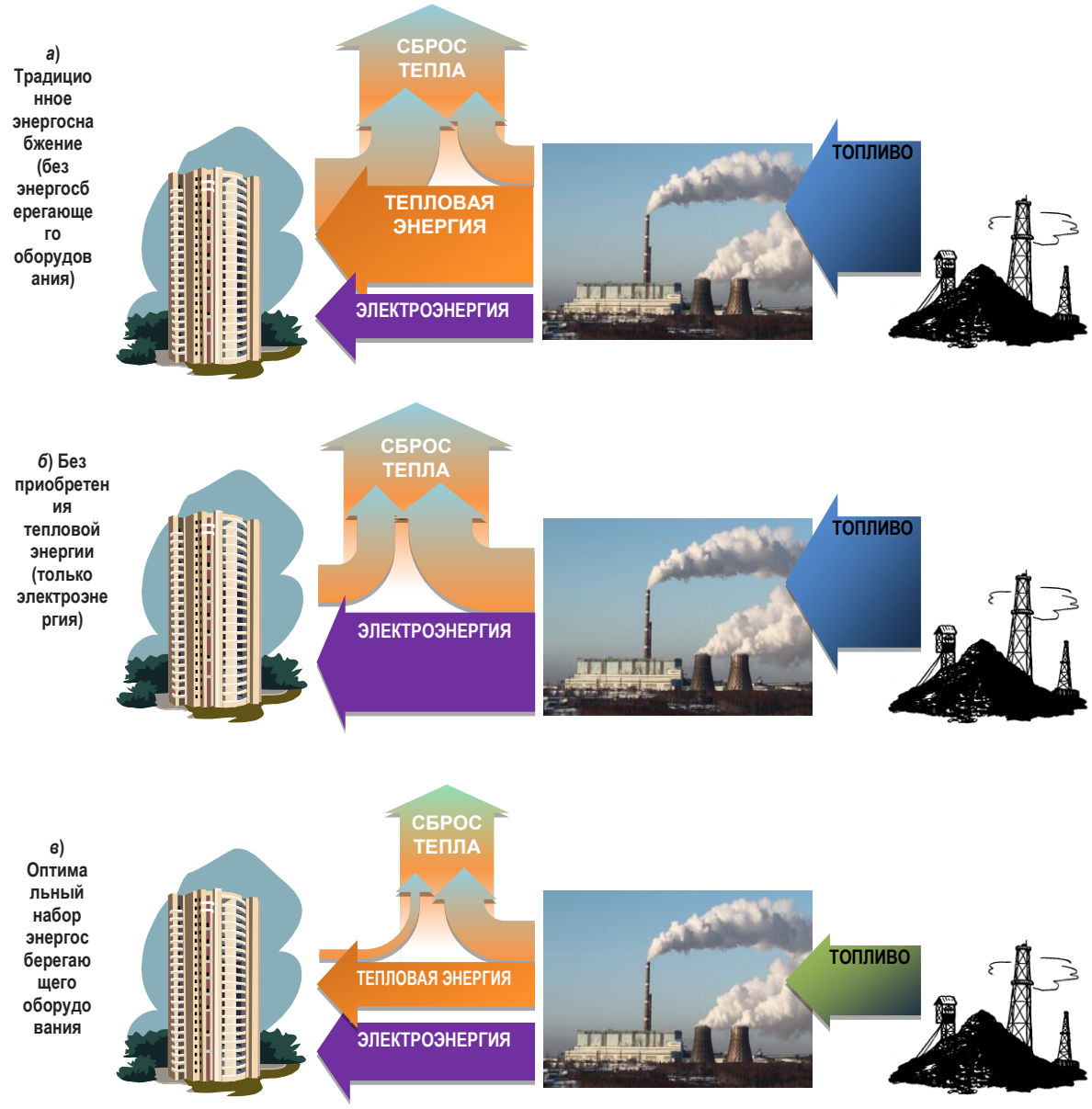


Рис. 4. Варианты различного соотношения объемов потребления тепловой и электрической энергии.

Приведенный анализ выполнялся, опираясь на оценки объемов потребления одним многоэтажным домом. Очевидно, что эффекта не будет, если оптимизировать потребление единиц отдельных домов в группе потребителей ТЭЦ. Наибольшая

эффективность будет в случае комплексной застройки микрорайона (района, поселка) энергоэффективными зданиями и собственным энергоблоком. Пример такой застройки — все тот же микрорайон «Академический» в Екатеринбурге [4].

Литература

1. Низовцев М.И, Яворский А.И., Летушко В.Н., Бородулин В.Ю. Экспериментальное исследование воздухо-воздушного теплообменника с промежуточным теплоносителем для утилизации тепла вентиляционного воздуха. // Научно-практическая конференция «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий» Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 19–20 марта 2013 г. — Новосибирск. — 2013.
2. В Академическом построили экспериментальный «электрический» дом // 66.ru. — 2013 url: http://66.ru/realty/news/129454/
3. Козлов И.М. Комплексный подход при формировании комплекта оборудования для обеспечения энергоэффективности многоэтажного жилого дома. // Изв. вузов. Строительство. — 2013. — № 6.
4. Энергосбережение и охрана окружающей среды // http://www.akademicheskiy.org — 2014. — url: http://www.akademicheskiy.org/articles/jenergosberezhenie_i_okhrana_okruzhajushhejj_sredy570

УДК. 662.9

ВОПРОСЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ

Мальцев[1] Л.И., Кравченко[2] И.В., Лазарев[3] С.И., Лапин[3] Д.А
[1]Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск
[2]ЗАО « ПРОТЭН – ВУТ», г. Новосибирск
[3] ОАО «СКЭК», *г. Кемерово*

Основной темой конференции является энерго- и ресурсоэффективность жилых зданий. При этом обсуждаются, в основном, альтернативные нетрадиционные методы получения энергии в отдельном доме. Это важные и нужные вопросы. Однако надо признать, что в таких странах, как Россия, пока трудно обойтись без базовых хорошо отработанных методов получения энергии, основанных на сжигании топлив. При этом хорошо, если в поселке имеется газ. Если же приходится обращаться к наиболее дешевому и наиболее распространенному из энергоносителей каменному углю, то наряду с отоплением отдельного дома, полезно рассмотреть и вариант распределенной системы подачи тепла в дом от общественной котельной, ибо трудно себе представить, чтобы в современном поселке каждый дом был оснащен отдельной дымящей трубой. При этом необходимо помнить, что уголь является самым грязным топливом и на стадии его добычи, и на стадии сжигания. Поэтому совершенствование технологии сжигания угля остается задачей чрезвычайно актуальной и по экономическим и по экологическим соображениям.

В малой теплоэнергетике в угольных котельных используется, как правило, так называемое слоевое сжигание угля. Такое сжигание угля представляет собой сжигание тонкого слоя кускового угля на продуваемых воздухом решетках. В настоящее время на нужды теплоснабжения поставляется не рядовой уголь, а смесь образовавшихся в результате обогащения и сортировки классов топлива с преобладающим содержанием неликвидного в других отраслях промышленности «штыба» (до 80 %). Оставшиеся 20% представляют собой смесь классов «орех», «мелкий», «семечко». В результате вместо рядового угля теплоснабжающие организации получают уголь класса ОМСШ. Существующий в настоящее время ГОСТ Р 51586 – 2000 не регламентирует фракционный состав рядового угля по процентному содержанию классов угля, а лишь задает предельные параметры крупности частиц 0 - 200 (300) мм, что позволяет угольным компаниям продавать получившуюся смесь классов угля как рядовой.

Сжигание в слоевых топках котлов топлива с высоким содержанием «штыба» приводит к снижению КПД котельных агрегатов из-за увеличения механической и химической неполноты сгорания топлива, вследствие выноса мелкой фракции с потоком воздуха, уменьшения доступа воздуха из-за увеличенного сопротивления потоку, а также образования кратерного горения. КПД таких котлов, как правило, не превышает 60 - 70%. Поэтому к технологии сжигания угля в малой теплоэнергетике тем более нужно относиться более строго.

Альтернативой слоевому сжиганию является технология сжигания угля в виде водоугольной суспензии или водоугольного топлива (ВУТ).

На II научно-практической конференция: «Энерго- и ресурсоэффективность жилых зданий» [1] авторами был сделан доклад по такой технологии, где был показан опыт авторов и по технике приготовления ВУТ, и по его сжиганию. Технология сжигания угля в виде ВУС по сравнению с традиционными способами сжигания угля (и, прежде всего, со слоевым сжиганием) имеет целый ряд преимуществ: увеличение степени выгорания горючей массы до 95–97%; увеличение КПД котлов до 85–87%;

снижение себестоимости единицы вырабатываемой тепловой энергии в 1,5–5 раз, в зависимости от соотношения цен на уголь и другие энергоносители; возможность частичной или полной замены дорогостоящего мазута и других углеводородных топлив; возможность использования угольных шламов и отходов углеобогащения; взрыво - пожаробезопасность; частичное решение экологических проблем - снижение вредных выбросов: окислов азота, окиси углерода, частиц летучей золы); повышенные возможности механизации и автоматизации работ в котельных и т.д. Были представлены примеры практической реализации технологии. Так на Заводе «Корпорации ПРОТЭН» (г. Новосибирск) построены две пилотные котельные установки мощностью 1.5 и 3 МВт и опытно – промышленный котел мощностью 7МВт (на базе Бийского котла КЕ 10-14) на водоугольном топливе. На этих котлах было успешно организовано сжигание ВУТ, приготовленного из кузнецких углей марки Г и Д, антрацита, угольных шламов и шламов антрацита, отходов углеобогащения кузнецких углей. Испытания показали, что каждый из перечисленных продуктов может быть принят в качестве исходного материала для приготовления ВУТ. Коэффициент выгорания углерода достигает 95%. КПД котлов принимает значения порядка 85 – 87 %. Характеристики уходящих газов приближаются к характеристикам мазутных котельных.

В последние годы получены новые данные по ВУТ – технологии. Выполнены проектные работы по переводу угольных котлов на ВУТ – технологию, продолжены исследования по моделированию горения ВУТ в футерованных камерах на вихревых режимах. Были продолжены и работы по практическому применению ВУТ – технологии. Характерные особенности ВУТ, а именно: наличие большого количества жидкой фазы и минеральных компонентов в топливе и, как следствие, сравнительно низкая теплота сгорания (порядка 2500 ккал/кг), требуют соответствующих условий для надежного воспламенения и устойчивого эффективного горения водоугольного топлива в топках котлов.

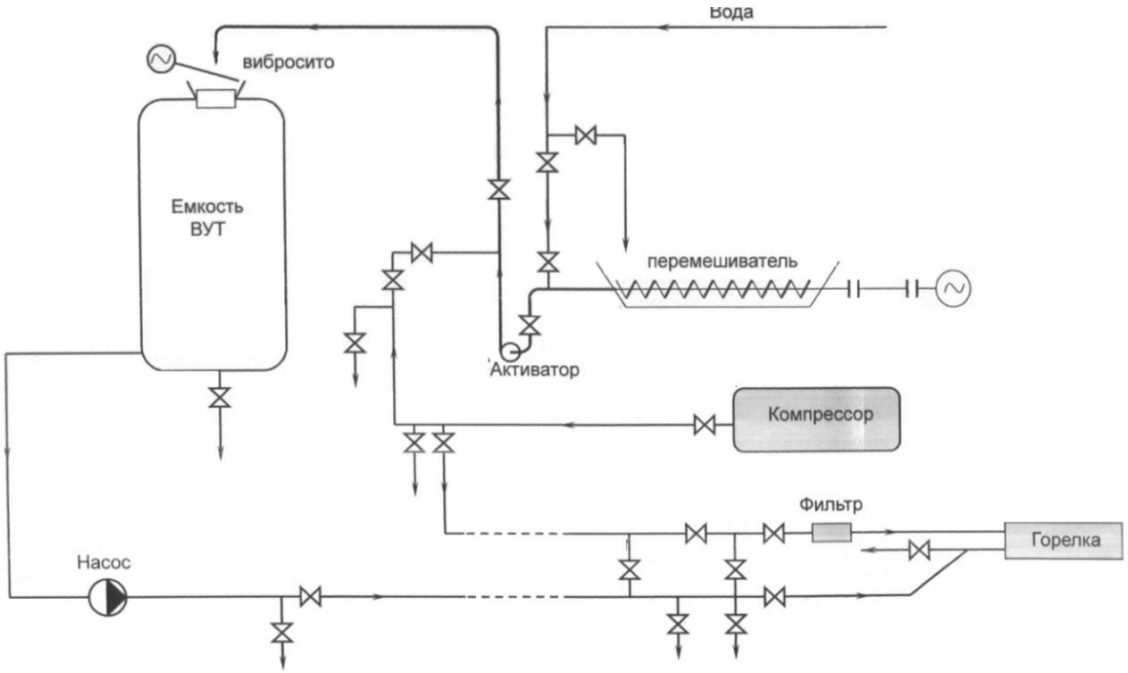


Рис. 1. Технологическая схема сжигания ВУТ в котле РН-38.

В пос. Барзас Кемеровской области котел РН-38 мощностью 0.8 МВт был переведен со слоевого сжигания угля на совместное использование двух технологий: слоевое сжигание угля + факельное сжигание ВУТ [2]. А именно, в котле применен комбинированный способ капельно-факельного сжигания ВУТ со сжиганием небольшого количества каменного угля в слое для «подсветки». Соотношение ВУТ и каменного угля в котле принято 80% к 20%. Это позволяет стабилизировать воспламенение и горение водоугольного топлива, поступающего в топку котла. Технологическая схема работы котла показана на рис. 1. При этом водоугольное топливо производилось на основе КЕКа - отходов обогащения коксующихся углей. Испытания показали устойчивую работу котла. За счет использования практически бесплатных отходов углеобогащения, взятых на расположенной поблизости углеобогатительной фабрике, расход товарного угля в течение отопительного сезона 2012-2013 гг. был уменьшен на 70 %.

Литература

1. Алексеенко С.В.,Мальцев Л.И., Кравченко И.В. Энергетические проблемы экопоселения // Научно-практическая конференция: «Энерго- и ресурсоэффективность жилых зданий». 19-20 марта 2013. Новосибирск.
2. Мальцев Л.И., Кравченко И.В., Лазарев С.И., Лапин Д.А. Сжигание каменного угля в виде водоугольной суспензии в котлах малой мощности // Теплоэнергетика. – 2014. - Т. 61, №7. - С. 486 – 490.

УДК 62-533.66

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ПРИБОР УЧЕТА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОСЧЕТЧИК-РЕГУЛЯТОР «ТРИТОН-М»: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

к.т.н. Мамонов В.Н., д.т.н. Назаров А.Д., д.т.н. Серов А.Ф.,
Институт теплофизики им. Кутателадзе СО РАН
г. Новосибирск

Многоканальный прибор учета и регулирования теплосчетчик–расходомер «Тритон-М» (рис.1) был создан с целью решения задач контроля и управления потреблением тепловой энергии, холодной, горячей воды и обеспечения технической возможности реализации мероприятий по энергосбережению, а также для обеспечения возможности контроля эффективности использования тепловой энергии [1,2,3].



а б



в *г*

Рис.1. Теплосчетчик-расходомер « Тритон-М».
а – теплосчетчик и измерительная линия на расход от 3 м^3/ч до 650 м^3/ч;
б – теплосчетчик и регулирующая задвижка;
в – измерительная линия на расход от 3 м^3/ч;
г – измерительная линия на расход от 6 м^3/ч.

Теплосчетчик представляет собой комплект измерительных средств, объединенных измерительно-вычислительным блоком (ИВБ), который может выполнять учет и регистрацию параметров теплоносителя (температуру, давление), а также вычислять количество теплоты в тепловых системах различной конфигурации. Каналы измерения теплосчетчика состоят из первичных измерительных преобразователей расхода, температуры и давления, линий связи и преобразователей соответствующих параметров в цифровые коды для последующей обработки этих кодов микропроцессором по заданному алгоритму.

- Теплосчётчик «Тритон-М» обеспечивает:
- измерение и индикацию текущих значений температуры (4 канала), давления (2 канала), расхода теплоносителя (5 каналов),
- обработку и вычисление количества теплоты и времени работы прибора, отображение данных на встроенном индикаторе,
- хранение в энергонезависимой памяти параметров установки;
- архивирование результатов измерений, вычислений, для каждого канала:
- среднечасовые за предыдущие 21 или 50 суток в зависимости от исполнения,
- среднесуточные за предыдущие 60 суток,
- среднемесячные за предыдущие 12 месяцев.
- функциональный автоматический контроль и индикацию неисправностей и нештатных состояний,
- считывание измерительной, архивной, установочной и диагностической информации через последовательный порт RS232, RS485, в том числе через модем, вывод архивной информации на принтер,
- защиту архивных и установочных данных от несанкционированного доступа.

В (табл.1) приведены максимальный и минимальный расход теплоносителя, в (табл. 2) пределы допускаемой погрешности вычисления количества теплоты без учета погрешности первичных преобразователей расхода и измерительных преобразователей.

Таблица 1

Параметр	y15	y25	y32	y50	y65	y80	y100	y150	y200
Макс. расход ($G_{макс}$), $м^3$/час		0	5	0	0	10	70	50	50
Мин. расход ($G_{мин}$), $м^3$/час (модификации 11,12 и 31,32)	,06	,4	,0	,6	,8	,4	,8	4	6
Мин. расход ($G_{мин}$), $м^3$/час (модификации 21,22)	,03	,2	,5	,8	,4	,2	,4	,0	3

Таблица 2

Разность температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах ΔT, °C	Пределы допускаемой относительной погрешности вычисления количества теплоты, %
$3 \le \Delta T < 10$	2,0
$10 \le \Delta T < 20$	1,0
$20 \le \Delta T < 147$	0,5

Созданный прибор является мощным инструментом для решения задач:
- контроля и управления потреблением энергоресурсов;
- коммерческого и технического учета энергоносителей;
- оперативного обнаружения и прогнозирования возникновения аварийных и нештатных ситуаций;
- поддержки принятия решений при планировании энергопотребления и выработки энергосберегающих мероприятий.

Теплосчетчик – расходомер «Тритон-М» позволяет создавать разнообразные схемы автоматизированного учета и управления подачей энергоресурсов в широком диапазоне расходов. Позволяет объединять отдельных потребителей поселения с разрозненными средства учета и технологическое оборудование разных производителей (расходомеры горячей и холодной воды, самостоятельно разнообразные приборы контроля и технологические установки) в единую систему автоматизации и учета.

1. Научно-практическая новизна теплосчетчика – расходомера «Тритон-М»:

1.1. Является прибором, включающим в себя функции учета и регулирования.

1.2. Ручной и дистанционный интерфейс управления программой регулирования.

1.3. Имеет многофункциональный программируемый микропроцессорный контроллер для всех типоразмеров измерительных линий.

1.4. Технология изготовления и конструктивные особенности прибора позволяют выпускать недорогой и надежный прибор.

1.5. Длительная эксплуатация прибора и набор функций позволяют считать, что теплосчетчик – расходомер «Тритон-М» является хорошим импортозамещающим прибором.

1.6. Прибор включен в реестр измерительных приборов РФ. Проведено апробирование теплосчетчика – расходомера «Тритон-М» при длительной эксплуатации на объектах соцкультбыта г. Новосибирска (~500), Академгородка (институты, теплосети, ~35). Широко применяется на исследовательских стендах ИТ СО РАН.

2. Локальная автоматизированная система учёта и управления подачей тепловой энергии для малого домостроения.

Создана и прошла испытания простая оригинальная система автоматического регулирования подачи теплоносителя на объектах ННЦ СО РАН. Разработанная система и аппаратно-программные средства могут быть применены при управлении отоплением жилых, административных зданий и группы домов (таунхаузов). Разработано два варианта: теплосчетчик, управляющий регулирующим клапаном и циркуляционным насосом (рис. 2). Во втором варианте аппаратно-программная часть включена в схему измерительно-вычислительного блока (ИВБ) многоканального расходомера с цифровым или импульсным выходом, что заметно уменьшает стоимость систем учета и регулирования технологических процессов.

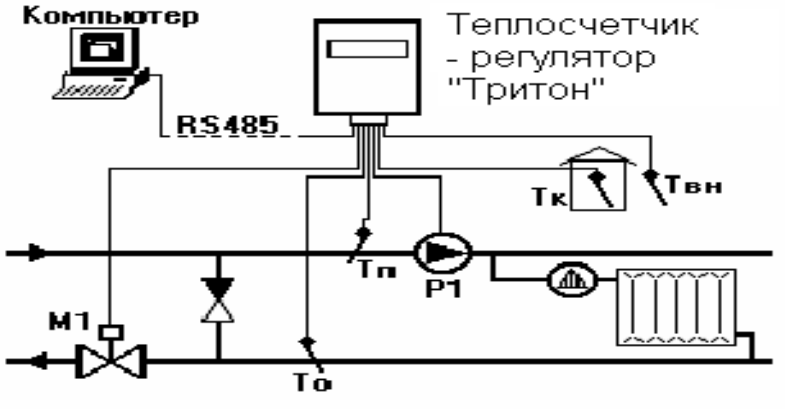


Рис.2. Схема включения теплосчетчика-регулятора Тритон-М.

Схема автоматического регулирования решает две основные задачи: создает комфортные условия и обеспечивает экономию тепловой энергии. Схема включает в себя регулирующий клапан с электроприводом, термометры сопротивления, циркуляционный насос, контроллер, представляющий собой процессор, управляющий регулирующим клапаном по сигналам термометров в соответствии с заданной программой. На рисунке приведена типичная схема регулирования на основе теплосчетчика - регулятора «Тритон-М». По функциональным возможностям система превосходит наиболее распространенные системы фирмы «Данфос» (Дания), имеет значительно более низкую стоимость и не уступает по надежности и эксплуатационным качествам зарубежным аналогам. Расширенный показ в работе созданных систем регулирования позволит решить актуальную задачу значительного сокращения потребления тепловой энергии на производстве и в быту.

Теплосчетчик-регулятор «Тритон-М» позволяет организовать учет и управление более сложной системой, в которую входит система учета питьевой воды и управления бойлером системы обеспечения горячей водой [4,5]. На (рис. 3) приведена схема включения прибора в эту схему.

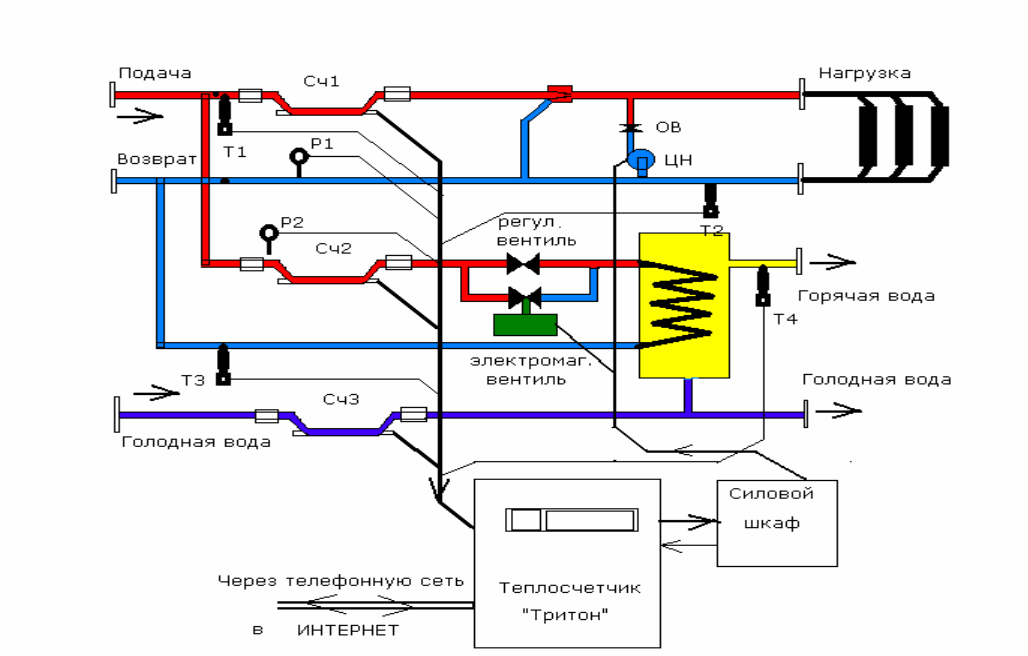


Рис. 3. Схема учета и управления закрытой системой теплоснабжения.

Особое направление занимает применение теплосчетчика «Тритон-М» в режиме регулирования подачи тепла по данным о температуре окружающей среды. Опыт эксплуатации подобной системы на узле учета и регулирования в Академгородке (Морской проспект №62) показал, что осуществление этого режима позволяет снижать потребление на от 15% до 50% относительно централизованного регулирования на тепловых станциях. На рис. 4 приведен график теплопотребления в режиме настройки, когда выполняется обучение системы и определяются параметры регулирования по данным о температуре воздуха и в контрольном помещении.

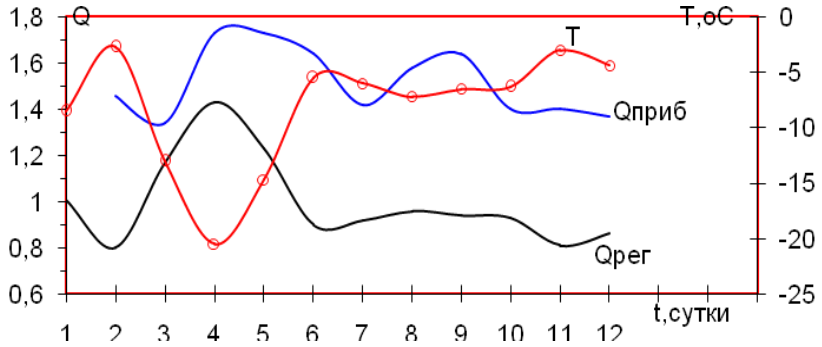


Рис. 4. График теплопотребления квартала (Морской проспект №62)
t,сут – период времени; Qприб – показания теплосчетчика; Qрег- результаты расчета при условии поддержания температуры воздуха в жилых помещениях =20 ^{o}C;
T,^{o}C – температура наружного воздуха.

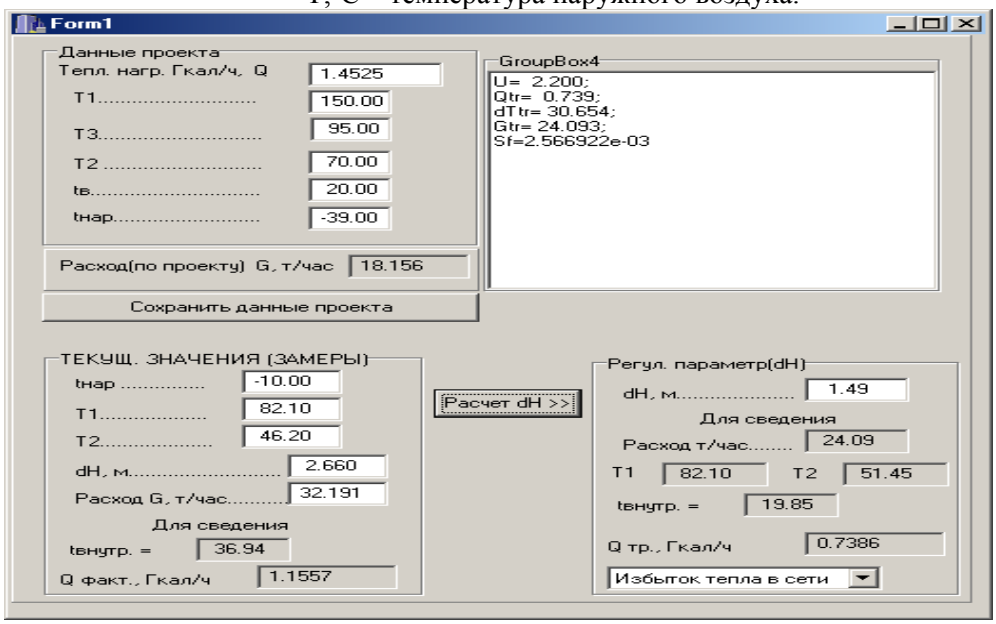


Рис. 5.

Настройка выполняется специальной программой в режиме удаленного доступа с использованием графического интерфейса (рис. 4). Выбор режима управления может корректироваться в ручном режиме по описанному алгоритму с установкой выбранных пользователем параметров (температура в помещении, время включения и выключения режима регулирования).

$$\begin{cases} t_3 = t_b + \dfrac{t_{3p}-t_{2p}}{2}\cdot\dfrac{(t_b-t_n)}{t_{bp}-t_{np}}\cdot\dfrac{G_{3p}}{G_3} + 0.5\cdot(t_{3p}+t_{2p}-2\cdot t_{bp})\cdot\left[\dfrac{t_b-t_n}{t_{bp}-t_{np}}\right]^{1/n+1} \\ t_2 = t_3 - (t_{3p}-t_{2p})\cdot\dfrac{t_b-t_n}{t_{bp}-t_{np}}\cdot\dfrac{G_{3p}}{G_3} \\ t_1 = (1-U_p)\cdot t_3 - U_p\cdot t_2 \end{cases}$$

Рис. 6. Система уравнений, связывающая проектные и текущие величины теплоснабжения.

Система уравнений (рис. 6) связывает следующие проектные и текущие величины: расходы теплоносителя, температуры подающего и обратного трубопроводов, температуру наружного воздуха и температуру внутри помещения и позволяет определить требуемую тепловую нагрузку, расход и перепад давления.

Положительный опыт эксплуатации созданного теплосчетчика-регулятора «Тритон-М» позволяет предложить данное устройство к широкому производству и применению на объектах Сибирского региона. Для решения этой задачи прибор запатентован, сертифицирован, имеется разрешение на применение, имеется хорошо выполненная конструкторская документация, методика настройки и организации сервисного обслуживания.

Литература

1. Демонстрационная зона высокой энергоэффективности СО РАН. Монография “Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных разработок”. / Отв. ред. чл.-корр. РАН С.В. Алексеенко. Серия “Интеграционные проекты СО РАН”. − 2009. – С. 398.
2. А.Ф. Серов, В.Н. Мамонов. Автоматизированная система динамического управления распределением теплоносителя в открытых системах теплоснабжения. Монография “Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных разработок”. / Отв. ред. чл.-корр. РАН С.В. Алексеенко. Серия “Интеграционные проекты СО РАН”. − 2009.
3. А.Ф. Серов, С.В. Кротов, В.Н. Мамонов. Регистраторы расхода тепла для поквартирного учета в многоквартирном жилом доме. Монография “Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных разработок”. / Отв. ред. чл.-корр. РАН С.В. Алексеенко. Серия “Интеграционные проекты СО РАН”. − 2009. .
4. А.Ф. Серов, С.В. Кротов, В.Н. Мамонов. О практике приборного поквартирного учета./ Материалы 4 Международной научно-практической конференции «ТЕПЛОСИБ-2005» «Проблемы коммерческого учета энергоносителей», Новосибирск, 28-29 марта 2005 г. с.12 – 17.
5. А.Ф. Серов, С.В. Кротов. Развитие технических средств для индивидуального учета и регулирования подачи теплоносителя./ Сборник материалов программы энергоэффективности и энергобесопасности Новосибирской области на период до 2020 года, Новосибирск, 2005 г., с.288 – 291.

УДК 662.61

БРИКЕТИРОВАНИЕ МЕСТНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

***Никишанин М.С.*[1], *Пузырев Е.М.*[2], *Сеначин П.К.*[3]**
[1] *ООО «Брикетные технологии», Барнаул*
[2] *ООО «ПроЭнергоМаш-Проект», Барнаул*
[3] *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул*

В некоторых районах Алтайского края и других регионов Сибири с малолесистой местностью достаточно остро ощущается недостаток древесного сырья для отопления малоэтажного жилья. В то же время, зачастую в этих районах имеется в достаточном количестве местное углеродосодержащее сырье различного происхождения: торф, лигнит, лигнин, отходы сельхозпереработки (лузга подсолнечника, шелуха злаковых культур, древесные опилки или щепа, солома и другое сырье). Например, в Кемеровской области имеются в большом количестве отходы угольного производства (шламы, кеки, дробленный каменный и низкосортный бурый уголь), зачастую переувлажненные и с избытком минеральных включений. Для эффективного сжигания этих отходов нами предлагаются технологии предварительной подготовки и брикетирования углеродосодержащего сырья [1].

Предприятие «Брикетные технологии» создано в г. Барнауле в 2009 г. для промышленного внедрения технологии и производства оборудования для брикетирования и механического обезвоживания местного углеродсодержащего сырья, отходов углеобогащения, твердых бытовых отходов (ТБО) и прочих материалов, на основе собственных запатентованных разработок [2-4]. К настоящему времени накоплен уникальный опыт промышленного внедрения технологии брикетирования коксовой и полукоксовой мелочи, технологии брикетирования углей, ТБО и прочих материалов. Однако данное предприятие производит данное оборудование весьма малыми сериями, практически опытные экземпляры, что сдерживает развитие данных технологий.

На предприятии в течение ряда лет ведутся работы по промышленному изготовлению оборудования, его совершенствованию, внедрению новых технологий брикетирования угольных отходов и другого сырья (как с применением, так и без применения связующих веществ) с использованием собственных разработок, технологий и оборудования. Разработаны также технологии с применением глубокой механоактивации исходного материала, а в случае повышенных требований к прочности, термостойкости, водостойкости получаемых брикетов, гранул, нами предлагаются разработанные комплексные, экологически безопасные связующие материалы (добавка которых в количестве от 1 до 5% обеспечивает необходимые прочностные показатели) [5]. При этом повышается калорийность, брикет лучше растапливается, снижается содержание серы, золы, влаги. В процессе переработки прессуемая масса за счёт прилагаемого давления, трения разогревается до температуры 80-95ºС, в результате чего идёт интенсивное испарение, удаление избыточной влаги и брикет активно набирает прочность.

Брикет (гранула) держит форму до самого конца горения, равномерно, практически полностью выгорая, длительность горения в среднем полтора раза выше, чем горение угля. КПД котла, топки при работе на брикетах существенно увеличивается, в результате для выработки одинакового количества тепла расход брикетированного топлива на 10–30% меньше.

Брикетированное топливо можно успешно использовать в существующих котельных и топках промышленного назначения без изменений конструкций котла и системы топливоподачи, а также в индивидуальных бытовых отопительных устройствах малоэтажного жилья. На рис. 1 и рис. 2 приведены фотографии с примерами сжигания топливных брикетов в топках котельных установок и индивидуального жилья.



Рисунок 1 –
Сжигание брикетов, произведенных на установке брикетирования топлива БТ №3,
в котельной г. Прокопьевска (август 2010 г.)



Рис. 2 – Горение брикетов в бытовых условиях.

На данный момент в собственности предприятия ООО «Брикетные технологии» имеются здания и сооружения общей площадью более 2000 кв. метров, на базе которых организовано опытное производство оборудования для изготовления брикетов (производительность установок брикетирования топлива БТ до 10-12 т/час) и высококалорийных бездымных экологически безопасных брикетов длительного горения для бытовых нужд. На рис. 3 и рис. 4 приведены фотографии шнекопоршневых прессов БТ различной производительности. Это оборудование способно производить не только топливные брикеты для местных котельных и индивидуальных жилых домов, но и брикеты специального назначения, в т.ч. для газогенераторов плотного слоя, работающих в составе мини-ТЭЦ и комплексов по производству синтетических жидких топлив (СЖТ) [6], а также специальные брикеты для химических и металлургических производств [7].



Рис. 3. - Промышленный шнекопоршневой пресс БТ - 2,5-3 т/час.



Рис. 4 - Брикетировочный комплекс БТ - 3-3,5 т/час.

Разработки предприятия востребованы в разных регионах России и других странах (проявляют активный интерес представители Казахстана, Киргизии, Польши, Венгрии, Китая и другие заказчики).

Выводы

- Предлагаемая организация производства топливных брикетов является гибкой, производительность оборудования и объемы производства могут варьироваться в широком диапазоне в зависимости от вида и количества конкретного сырья, потребностей заказчика и его финансовых возможностей.

- В настоящее время в Алтайском крае и других регионах России имеется большое количество не используемых в местной энергетике органических материалов (сырья и отходов различного происхождения), которые возможно применить для получения брикетированного топлива, сорбентов и для других целей.

- Для решения вышеперечисленных задач остро стоит вопрос в создании завода по выпуску современного, достаточно уникального оборудования для механического обезвоживания, вытеснения жидкости, брикетирования, гранулирования угольных, коксовых, полукоксовых материалов, а также отходов сельского хозяйства, животноводства, торфа, иловых осадков, ТБО и прочего сырья.

Литература

1. Никишанин, М.С. Разработка технологии и комплекса подготовки коксовых брикетов / М.С. Никишанин, Е.М. Пузырев, К.С. Афанасьев // Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики (ЭЭТПЭ-2007): Матер. Всерос. научно-практ. конф. / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, 17-20 октября 2007 г.- Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2007.- С. 116-117.
2. Пат. 2298028 (РФ). Способ получения топливных брикетов / А.И. Головичев, М.С. Никишанин, В.С. Магера, С.В. Жарков. - Заявка 2006101271. Действует с 16.01.2006. Зарегистрирован в ГР изобретений РФ 27.04.2007.
3. Пат. ПМ 87318 (РФ). Установка для сушки / Е.М. Пузырев, В.Г. Лурий, В.А. Голубев, М.С. Никишанин. - Заявка 2009123127. Действует с 18.06.2009. Зарегистрирован в ГР ПМ РФ 10.10.2009.
4. Пат. ПМ 87386 (РФ). Шнековый пресс для удаления жидкости из продуктов (варианты) / М.С. Никишанин, Е.М. Пузырев, В.Г. Лурий и др. - Заявка 2009124639. Действует с 30.06.2009. Зарегистрирован в ГР ПМ РФ 10.10.2009.
5. Никишанин, М.С. Углеродосодержащие брикеты на разных связующих веществах, их теплотехнические характеристики и использование в газогенераторах / М.С. Никишанин, П.К. Сеначин // Ползуновский вестник. 2009. № 1-2. С. 305-311.
6. Загрутдинов, Р.Ш. Подготовка и газификация твердых бытовых отходов в двухзонных газогенераторах прямого процесса, работающих в составе мини-ТЭЦ и комплексов по производству синтетических жидких топлив / Р.Ш. Загрутдинов, В.Н. Нигуторов, Д.Г. Малыхин, П.К. Сеначин, М.С. Никишанин, С.А. Филипченко // Ползуновский вестник. 2013. № 4/3. С. 47-62.
7. Никишанин, М.С. О возможности использования безобжиговых брикетов на основе коксовой мелочи в литейном производстве / М.С. Никишанин, Е.Г. Григоркин, В.М. Динельт, В.И. Ливенец // Известия вузов. Черная металлургия. 2008. № 2. С. Ползуновский вестник. 2009. № 1-2. С. 67-68.

УДК 621.311

ОЦЕНКА МЕТОДОВ СЖИГАНИЯ ВОЛОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА – ИСКУССТВЕННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ

Овчинников Ю.В., Бойко Е.Е.
(Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск)

Водоугольное топливо обладает характеристиками, которые делают его привлекательным для использования в энергетических котлоагрегатах.

Во-первых, это его взрывобезопасность, что исключает «хлопки» в системах топливоподачи. Из-за «хлопков» - взрывов угольной пыли в смеси с воздухом – значительно снижается коэффициент готовности энергоагрегатов и возникают нештатные ситуации в энергоснабжении. Из-за взрывоопасности пылесистем пришлось отказаться от идеи центральной паровой задвижки, центральных пылезаводов для блочных ТЭС большой мощности, что обеспечивало бы повышение эффективности электрогенерации.

Во-вторых, содержание воды в топливе и восстановительная среда в топке делают ненужной сложную ступенчатую систему сжигания пыли с целью подавления образования оксидов азота, следовательно, упрощается схема обвязки котлоагрегата и удешевляется эксплуатация электроустановок.

Водоугольное топливо (ВУТ) и искусственное композиционное жидкое топливо (ИКЖТ), как одна из его разработок, экологически более чистое топливо, чем уголь и мазут. По минимуму отрицательного воздействия на окружающую среду продукты сгорания ВУТ уступают только природному газовому топливу. Но кроме атмосферы ТЭС загрязняют также и воду, и землю. Сегодня проблема нехватки чистой воды становится все острее. Загрязнение воды техногенными и антропогенными сбросами увеличивается возрастающими темпами. Чистая вода становится все более дорогим ресурсом. Однако, энергоустановки, работающие на водоугольном топливе, являются естественными очистителями загрязненной воды. Топливо ИКЖТ на 40…50% состоит из воды, причем эта вода вполне может быть сточной водой. Пройдя через цикл испарения и конденсации в атмосфере и естественные почвенные фильтры, вода возвращается в биосферу в виде абсолютно чистой жидкости.

Есть еще один аспект, связанный с использованием энергетических топлив - это наличие балласта в топливе.

Природный газ может содержать до 10% балластных негорючих газовых компонентов. Мазут, как жидкое топливо, может содержать до 3…4% минеральных примесей и до 10% воды. Товарный уголь должен содержать не более 7% золы, при превышении этих показателей цена на уголь стремительно снижается. Однако на мировой рынок поставляется и уголь глубокого обогащения с содержанием минеральных примесей не более 1…1,5%. Технология деминерализации угля основана на его сортировании (классификации), химической очистки и флотации угольной массы, при этом издержки производства велики, что приводит к двукратному увеличению стоимости. Между тем, технология производства ВУТ, особенно ИКЖТ предусматривает глубокое измельчение твердой фазы в составе топливной композиции. Так, в ИКЖТ размеры частиц не более 3…4 мкм, а основная доля, свыше 70%, фракции, вообще лежит в области наноразмеров. Такая деструктуризация угля приводит к разъединению минеральных включений и органики и создает условия, для механического раздела минеральной и органической части в жидкой среде путем

центрифугирования, что значительно дешевле существующих методов очистки угля от золы и шлака. Согласно систематике исследований, выполненных на кафедре ТЭС НГТУ [1], очистка топлив от балластных примесей в начале технологического процесса всегда намного выгоднее, чем очистка газовых выбросов в конце процесса.

Эффективность использования угля при пылевидном сжигании в котле на 3…5% выше, чем при сжигании в виде водоугольного топлива, но если учесть те преимущества, о которых говорилось ранее, то предпочтение сухому способу сжигания угля не столь очевидна. Особенно это заметно, если проводить сравнение с другими видами топлива. Стоимость 1 МДж химической энергии топлива по ценам на мировом рынке, осредненным за последние несколько лет, для газа и нефти составляет 1,5…2 цента США, а для угля – 0,2 цента. Этот пример наглядно показывает, что уголь является основным энергетическим ресурсом, как по распространенности и запасам, так и по экономическим показателям. Не случайно, что концепция развития энергокомплекса США основана на использовании угля в энергопроизводстве, а приоритет в потреблении углеводородов отдан технологическим установкам и транспорту. Программа «Чистый уголь» в США достигла впечатляющих результатов несмотря на то, что базовые технологии этой программы уже достаточно устарели.

Водоугольное топливо по своей основе остается в числе энергетических топлив и обладает достоинством как жидких котельно-печных топлив, так и углей.

Основной проблемой при использовании ВУТ, до сих пор окончательно и качественно не решенной, является его низкая реакционная способность на начальном участке горения. Поскольку активное воспламенение топлива определяет его дальнейшее горение, то эта проблема сдерживает развитие технологии водоугольного топлива. Согласно исследованиям, выполненным в НГТУ [2], критерий воспламеняемости водоугольного топлива на начальной стадии воспламенения имеет значение $K_0 = 3{,}8 \ldots 5{,}1$, что выше, чем у антрацита $K_0 = 2{,}6 \ldots 3{,}9$, но ниже, чем у трудносжигаемых тощих углей $K_0 = 6{,}5 \ldots 7{,}5$.

Исследование кинетической характеристики ВУТ-ИКЖТ с помощью дериватографа подтверждают это, а также демонстрируют высокую реакционную способность ИКЖТ на основном участке горения, сопоставимую с реакционной способностью ультрадисперсного угольного топлива (рис. 1, 2).

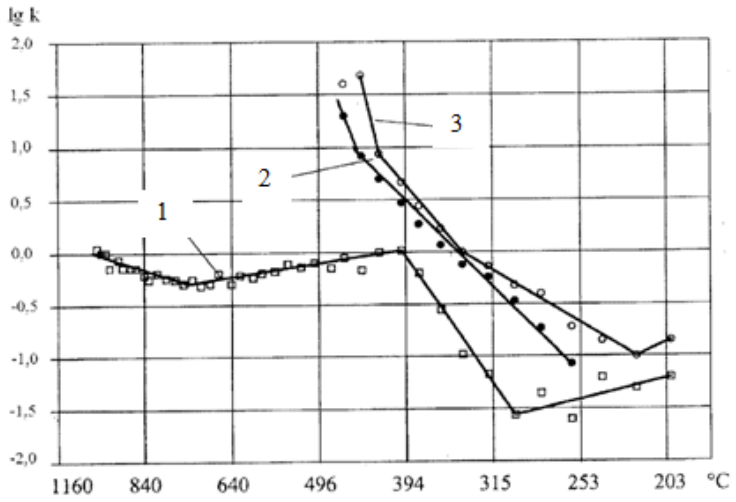


Рис.1. Зависимость скорости реакции горения от температуры.
Каменный уголь марки Д (Сахалин) 1 – крупка Ø 1 …3 мм; 2 – ИКЖТ Ø до 4мкм; 3 – ультрадисперсный уголь Ø ~ 30 мкм. (Дериватограф С-1500Q)

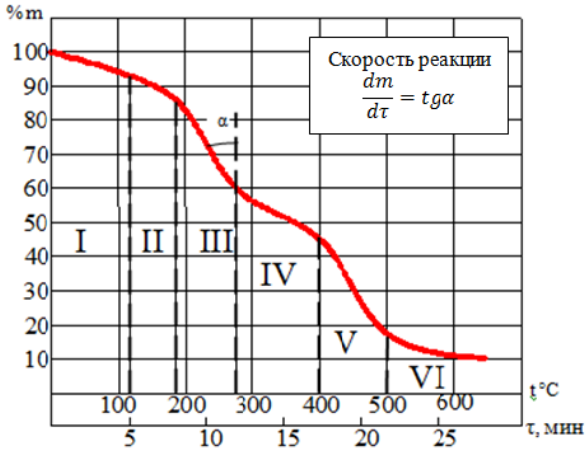


Рис. 2. Фрагмент дериватограммы-термогравиметрическая кривая
I - Испарение внешней влаги; II - Выход внутренней влаги; III - Горение летучих; IV - Переход к горению кокса; V - Горение кокса; VI - Догорание. (Дериватограф NETZCH Jupiter STA 440 C)

Из (рис. 1) следует, что горение ИКЖТ происходит в области критического горения с высокой скоростью даже при низких температурах 300…400 °С, что хорошо согласуется с выводами Г.Н. Делягина [3]. Это подтверждает также (рис. 2), полученный на другом типе дериватографа. Образец топлива на рис. 2 содержит 20% глицерина, 60% угля и 20% воды.

Таким образом, усилия по решению проблемы стабильного и надежного сжигания водоугольного топлива должны быть направлены в первую очередь на интенсификацию воспламенения топлива на начальном участке горения.

Существует несколько подходов к решению этой задачи. Известен метод установки зажигательного пояса при сжигании малореакционных антрацитов. Зажигательный пояс представляет собой слой футеровки, нанесенный сверху на парогенерирующие трубки в топке котла. Он обхватывает по внутренней стороне топки горящий факел и создает дополнительное термическое сопротивление теплопередачи на некоторой длине топочного пространства. В результате возрастает температура на тепловоспринимающей поверхности со стороны футеровки, а также температура и самого факела, что способствует увеличению скорости горения и воспламенения топлива [4].

Однако для сжигания ВУТ этот метод можно применять только после тщательной модельной и экспериментальной проработки последствий модернизации котлоагрегата, поскольку изменение температурного режима в топке, а также на парогенерирующих поверхностях может приводить к непредсказуемым отрицательным последствиям для эксплуатации энергоустановки.

Другой метод, применяемый Институтом теплофизики СОРАН [5], заключается в размещении дополнительной поверхности в зоне температур топочного пространства. Эта поверхность представляет собой некоторую конструкцию из огнеупорной керамики, которая исполняет роль высокотемпературного аккумулятора тепла, тем самым сглаживает колебания температуры, возникающие при дестабилизации режима горения. Кроме того, керамика является катализатором горения.

Вмешательство в аэродинамические и тепловые процессы в топке всегда нежелательно без тщательного изучения последствий новации, часто эти последствия непредсказуемы или рискованны. При сжигании ВУТ среда в топке является восстановительной, и это негативно сказывается на сроках межремонтного периода любых керамических насадок при высоких температурах. Непонятно, как изменится

межремонтный период эксплуатации котла и стоимость ремонтов. Керамика в топке находится примерно в тех же условиях, что и насадка из шамотного кирпича в кауперах доменных печей при температуре 1100…1300°С, которая выдерживает срок менее года.

Известен способ использования адиабатного предтопка для воспламенения и сжигания ВУТ [6,7]. Котел в этом случае играет роль котла-утилизатора. Этот способ применяется при модернизации старых промышленных котлов небольшой производительности, что позволяет значительно поднять их эффективность. Недостатком метода является большой объем предтопка, сопоставимый с объемом самого котла. Использование этого метода вряд ли возможно для перевода на ВУТ энергетических котлоагрегатов.

Известны попытки инициации зажигания и горения ВУТ другим топливом, мазутом или высокореакционной угольной пылью. Недостатком этого метода является то, что топливо с различной кинетикой горения сжигаются совместно в одном пространстве топки. Это приводит к нестабильности горения инициируемого топлива и усложняет управление топочным процессом.

Во всех описанных выше случаях экономический эффект возможен, если происходит вытеснение дорогого топлива, мазута дешевым ВУТ.

Эксергетический анализ замещения топлив при модернизации показывает, что эффект при этом очень значительный [8], что позволяет перекрывать все недостатки и неудобства реконструкции за счет топливной составляющей.

Во всех описанных выше способах запуск котла осуществляется на растопочном топливе – мазуте, иногда на соляровом масле, и только по достижению рабочей температуры ~900…1000°С производится переключение на основное топливо. Это большой недостаток, который присущ всем энергетическим котлоагрегатам, работающим на угле. Во всех рассмотренных случаях потребуется наличие двух систем топливоподачи, что неудобно и сложно для эксплуатации.

На основе анализа существующих способов сжигания водоугольного топлива и собственных исследований были сформулированы основные принципы оптимальной системы воспламенения ИКЖТ:

- предлагаемая система не должна изменять конструкцию котлоагрегата;
- наиболее тяжелая часть процесса – воспламенение топлива – должна быть вынесена из топочного пространства в специальный предтопок, где процесс можно контролировать и легко управлять им;
- специальный предтопок должен быть циклонным, то есть компактным, высокотеплонапряженным, чтобы обеспечить успешное воспламенение топлива на начальной стадии горения, когда это топливо малореакционно;
- наличие различных видов топлива (основное и растопочное) является нежелательным, нужно стремиться к тому, чтобы система работала на едином виде топлива;
- на сегодняшний день наилучшей системой зажигания и сопровождения горения топлива явилась бы плазменная система;
- управление системой зажигания и сопровождение горения должно осуществляться автоматически при использовании процессора или компьютера.

Нами (ОАО КОМПОМАШ-ТЭК, проблемной лаборатории НГТУ, НПО «Росток», ЗАО ЗИОКОТЭС – наука) в 2011-2013 гг. были выполнены исследования по теме «Проведение исследований на огневом стенде ОИСГТ-6 кинетики горения тонкодисперсных водоугольных суспензий и оптимизация режимов их сжигания применительно к промышленным котлоагрегатам мощностью до 35 МВт». (Гос. контракт от 25 августа 2011 г. №16.518.11.7079 с Министерством образования и науки

Российской Федерации на выполнение научно-исследовательской работы. Шифр 2011-1.8-518-007-007).

Ниже, на рис. 3 представлен циклонный предтопок для котла тепловой мощностью 6,5 МВт, на котором выполнялись исследования по сжиганию ИКЖТ.



Рис. 3. Циклонный предтопок для котла, тепловой мощностью 6,5 МВт.

Экспериментальные исследования сжигания водоугольного топлива одновременно сопровождались математическим моделированием процессов в ЦП с использованием адаптированных компьютерных программ Fluent и Boiler Designer.

Эти исследования позволили сформулировать требования к конструкции ЦП, сопоставить результаты эксперимента с теоретическими работами в этой области [9] и продолжить исследования, которые выполнялись ранее АН СССР, институтами ИГИ и ВНИИПЭ, группой Г.Н. Делягина [10].

По результатам этих исследований были разработаны рекомендации для конструкторских проработок системы воспламенения водоугольного топлива [11].

Отчет по Гос. контракту 2011-1.8-518-007-007 был оценен независимой экспертизой высоко, отмечено выполнение исследований на мировом уровне, работы отмечены как продолжение исследований, выполненных в США и Швеции.

На этапе исследований 2011-2013 гг. мы, к сожалению, не могли использовать плазменные технологии воспламенения ИКЖТ, но получили твердое убеждение в перспективности этого направления. Это подтверждают также успешные исследования, выполненные в Институте теплофизики СО РАН по воспламенению ВУТ при применении плазмотрона, а также исследования в Институте теоретической и прикладной механики СО РАН под руководством академика Жукова М.Ф.

Ниже, на рис. 4 показано использование плазмотрона мощностью 300 Вт для воспламенения водоугольной суспензии.

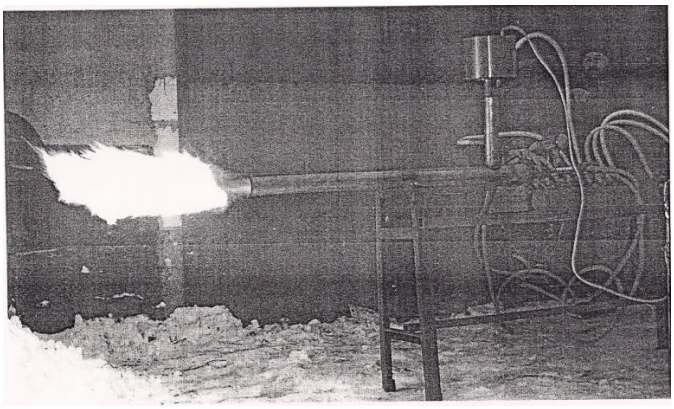


Рис.4. Розжиг водоугольного топлива с помощью плазмотрона

Анализ рассмотренных методов показывает превосходство плазменной технологии, как более простой и удобной для технологии ИКЖТ, чем розжиг с использованием растопочного топлива.

Одной из последних разработок в области сжигания топлива является немецкая газовая горелка для котлов ТЭЦ с компьютерным управлением процессом сжигания. Плазменная технология воспламенения и сопровождения сжигания водоугольного топлива при компьютерном управлении процессом несомненно являлось бы изделием на мировом уровне, а возможно и выше мирового, поскольку уровень сложности сжигания ВУТ конечно же превосходит уровень сложности сжигания газового топлива.

На сегодняшний день системой зажигания и сопровождения горения топлива явилась бы плазменная система, поскольку она обладает рядом преимуществ по сравнению с уже предложенными системами, обзор которых представлен в работе. Особое внимание следует уделить тому, что плазменная система зажигания должна быть полностью автоматизирована. Данная конструкция должна учитывать особенности воспламенения ВУТ-ИКЖТ. Следует заметить, что такой способ зажигания позволит исключить использование растопочного топлива, что приведет к более полному выгоранию основного топлива и, следовательно, к стабилизации его горения. Реальность использования плазменного зажигания и сопровождения процесса горения основана на успешно выполненных экспериментах по сжиганию ВУТ (институты).

Литература

1. Ноздренко Г.В. Эффективность применения в энергетике КАТЭКа экологически перспективных энерготехнологических блоков электростанций с новыми технологиями использования угля – Новосибирск: Издательство НЭТИ, 1992. 259 с.
2. Ю.В. Овчинников, А.И. Цепенок, А.В. Шихотинов, Е.В. Татарникова Исследование воспламенения твердых топлив и ИКЖТ / Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации: выпуск 1 (16). Новосибирск: Новосибирское отделение АН ВШ, 2011. – С. 117-126.
3. Делягин Г.Н. Сжигание водоугольных суспензий – метод использования обводненных твердых топлив: Дис. Д-ра техн. наук. – М.: ИГИ, 1970. – 32с.
4. Резников М.И. Парогенераторные установки электростанций / М.: Энергия, 1968. 234 с.
5. Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных технологий / отв. ред. С.В. Алексеенко: Изд. СО РАН, вып. 20, 2009. – 405 с.
6. Мурко В.И. Водоугольное топливо / В.И. Мурко, В.И. Федяев, Д.А. Дзюба // Уголь. – 2002. - №6 С.58-59.
7. Мурко В.И. Аспекты приготовления и результаты эффективного применения водоугольного топлива / В.И. Мурко, В.Н. Звягин, В.И. Федяев и др. // Сб. тр. межд. науч. конф. И школы семинара ЮНЕСКО «Химия на рубеже тысячелетий», Клязьма, 2000. – М.: Изд. МГУ. – 2000. – 4.1, - С.105-111.
8. Szargut Ian. Energetyka Cieplna w Hutnictwe. Katowice: «Slansk.» 1972. – 654с.
9. Саломатов В.В., Кравченко И.В. Теоретическое исследование горения капли водоугольного топлива. Часть II. Стадия воспламенения. / Горение и плазмохимия, 2007, том 5, №3, С.189-198.
10. Сжигание высокообводненного топлива в виде водоугольных суспензий / отв. ред. д.т.н., проф. Б.В. Контарович, к.т.н., Г.Н. Делягин: Изд. Наука, Москва 1967 г.
11. Цепенок А.И. Автореферат диссертации на соиск. уч. степ. кандидата техн. наук «Разработка, исследование новой технологии использования на ТЭС кавитационного жидко-угольного топлива». Новосибирск. – 2013.

УДК 621.311

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ОТСУТСТВИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ МИКРО-ТЭС НА БАЗЕ ДВС С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ И КОГЕНЕРАЦИЕЙ

Щинников П.А., Синельников Д.С.
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

В момент начала строительства малоэтажных зданий в территориях, предназначенных для индивидуального жилого строительства в рамках садовых некоммерческих товариществ, как правило, полностью отсутствует инфраструктура. Собственники начинают работы, используя для энергоснабжения различные варианты микро-ТЭС на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) карбюраторного типа с воздушным охлаждением. Указанные микро-ТЭС (бензогенераторы) используются по прямому назначению для выработки электроэнергии, вместе с тем существует возможность повысить их эффективность за счет применения когенерации, то есть дополнительной выработки теплоты.

Ниже предлагаются результаты исследования лабораторной когенрационной установки на базе ДВС с воздушным охлаждением (Хитачи-2400) мощностью 2,4 кВт с возможностью отпуска теплоты в режиме горячего водоснабжения (ГВС). Это обеспечивается следующими техническими решениями: генерация электроэнергии; воздух из контура охлаждения двигателя направляется в газоход и обеспечивает отопительную нагрузку; выхлопные газы после ДВС направляются в теплообменник, водяной контур которого обеспечивает нагрузку горячего водоснабжения.

Функционально установка делится (рис.1) на следующие части: топливоподача, бензиновая электростанция, система охлаждения двигателя, система эвакуации дымовых газов, система подогрева сетевой воды, система измерительных приборов, нагрузка и дополнительное оборудование [1].

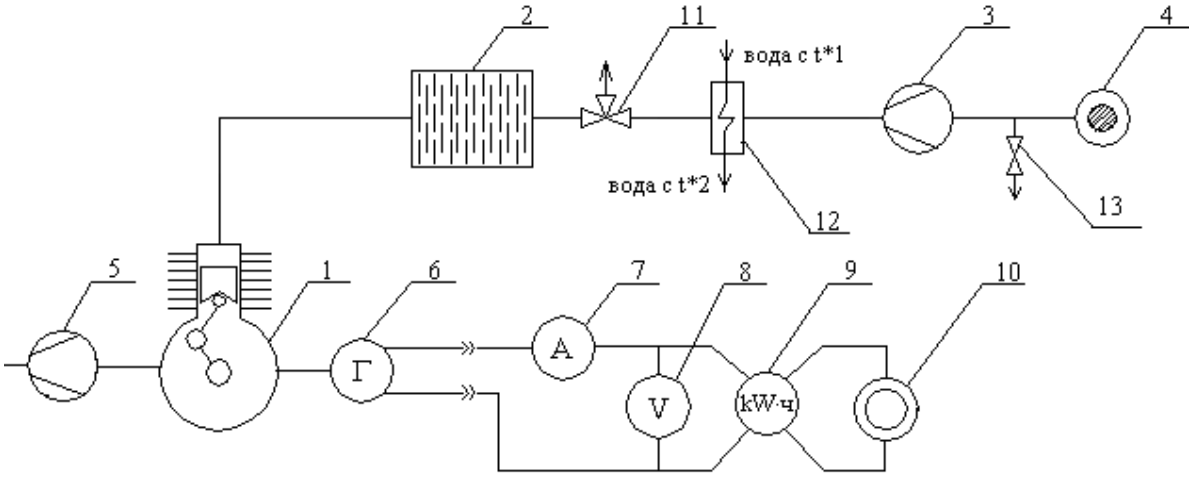


Рис.1. Принципиальная схема установки: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – глушитель; 3 – расходомер уходящих газов; 4 – дымовая труба; 5 – расходомер топлива; 6 – генератор; 7 – амперметр; 8 – вольтметр; 9 – счетчик электрической энергии; 10 – нагрузка; 11 – трехходовой кран; 12 – кожухо-трубчатый газоводяной теплообменник; 13 – слив конденсата

Бензиновая электростанция состоит из четырехтактного двигателя мощностью 2400 Вт, электрогенератора в защитном исполнении от механических и климатических воздействий окружающей среды, панели управления генератора (вольтметр, прерыватель цепи, терминал подключения переменного тока).

Система охлаждения двигателя обеспечивает отопительную нагрузку и представляет собой вентилятор, расположенный на валу ДВС. Движение охлаждающего двигатель потока воздуха ограничено коробом, который направляет воздух в помещение объемом ≈150 м^3.

Система эвакуации дымовых газов представляет собой последовательно соединенные гофрированным газопроводом глушитель с защитным кожухом и дымовую трубу. Компонентами системы подогрева сетевой воды являются: сетевой подогреватель и расходомер воды, проходящей через него. Сетевой подогреватель представляет собой кожухо-трубчатый газоводяной теплообменный аппарат. Нагреваемая вода проходит внутри медных трубок, а дымовые газы – в межтрубном пространстве. Площадь поверхности трубок равна площади поверхности теплообмена: $F_{медь}^{труб} \approx 1140 см^2$. Внутренняя площадь корпуса теплообменного аппарата: $F_{внутр}^{корпуса} \approx 1032{,}4 см^2$.

Электрическая нагрузка представляет собой гирлянду ламп накаливания мощностью *n*, кВт и автомат защиты сети для включения нагрузки. Нагрузка ГВС обеспечивается постоянным сливом горячей воды.

Анализ рабочего цикла двигателя показывает, что только часть теплоты, выделяющейся при сгорании топлива, используется на полезную работу, остальная же часть составляет тепловые потери. Вместе с тем в когенерационной установке большая часть тепловых потоков полезно используется.

Распределение теплоты, полученной при сгорании вводимого в цилиндр топлива, называют тепловым балансом, который обычно определяется экспериментальным путем.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q = Q_e + Q_{г.в} + Q_г + Q_{пот} + Q_{от} + Q_{ост}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где Q – теплота топлива, введенная в двигатель;

Q_e – теплота, превращенная в полезную работу;

$Q_{от}$ – теплота с охлаждающим агентом (водой или воздухом), направленная на нужды отопления;

$Q_{г.в}$ – теплота с горячей водой на нужды ГВС;

$Q_г$ – теплота, потерянная с отработавшими газами;

$Q_{пот}$ – теплота, потерянная в окружающую среду через стенки системы эвакуации дымовых газов;

$Q_{ост}$ – остаточный член баланса, который равен сумме всех неучтенных потерь.

Количество располагаемой (введенной) теплоты:

$$Q = \frac{B_i \cdot Q_p^u}{\tau}, \text{ кВт} \quad (2)$$

где B_i определяется по формуле

$$B_i = B_{i\,изм} \cdot \rho \cdot 10^{-6}, кг. \quad (3)$$

i – режим;

ρ=725-780 кг/м^3 – плотность топлива.

Теплота (кВт), превращенная в полезную работу:

$$Q_e = N_e, \text{ кВт} \quad (4)$$

Теплота (кВт), теряемая с отработавшими газами:

$$Q_г = \frac{V_г \cdot c_{рг} \cdot t_г}{\tau}, \text{ кВт} \quad (5)$$

$V_г$ - расход газов, м^3/кг;
$c_{рг}$ - средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении, кДж/(м^3·К);
$t_г$ - температура отработавших газов, °С.

Теплота, отведенная от ДВС обдувающим воздухом (отопительная нагрузка) и потери теплоты:

$$Q_{от} = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \text{ кВт}, \quad (6)$$

$$Q_{пот} = \alpha \cdot F_{гл} \cdot \Delta t, \text{ кВт}, \quad (7)$$

где F, $F_{гл}$ – площадь поверхности камеры сгорания ДВС и поверхности глушителя и газоотводных труб соответственно; α – коэффициент теплоотдачи; Δt – соответствующий температурный напор.

Теплота, отведенная на нужды горячего водоснабжения

$$Q_{г.в} = G \cdot c_p \cdot \Delta t, \quad (8)$$

где G – расход воды через теплообменник; c_p – изобарная теплоемкость воды; Δt – температурный напор на теплообменнике.

Остаточный член теплового баланса:

$$Q_{ост} = Q - \left(Q_e + Q_{г.в} + Q_г + Q_{пот} + Q_{от}\right), \text{ кВт}. \quad (9)$$

Показатели эффективности установки оцениваются следующим образом [2, 3].

Электрический КПД учитывает все виды потерь и не учитывает отпуск теплоты

$$\eta_e = \frac{N_e}{B_i \cdot Q_p^н}. \quad (10)$$

Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии, кг/кВт·ч

$$b_у = \frac{0{,}123}{\eta_e}. \quad (11)$$

Коэффициент использования теплоты топлива

$$\eta = \frac{Q_e + Q_{от} + Q_{г.в}}{B_i \cdot Q_p^н}. \quad (12)$$

В этом выражении в числителе первое слагаемое учитывает отпуск только электроэнергии (электрический КПД), второе слагаемое отпуск теплоты на отопление (когенерацию), третье слагаемое отпуск теплоты на нужды горячего водоснабжения (когенерация «плюс»).

Следует отметить, что тепловые потоки с отпускаемой теплотой являются «даровыми» для данной установки, так как не требуют дополнительных затрат топлива, поэтому когенерация и когенерация «+» позволяет вытеснять то топливо, которое затрачено на ТЭЦ при централизованном отпуске теплоты. При физическом методе разнесения затрат эта величина составит кг/кВт·ч (кг/Гкал)

$$b_Q = \frac{0{,}123}{\eta_Q};\ b_Q = \frac{147}{\eta_Q}, \quad (13)$$

где η_Q – КПД установки по отпуску теплоты.

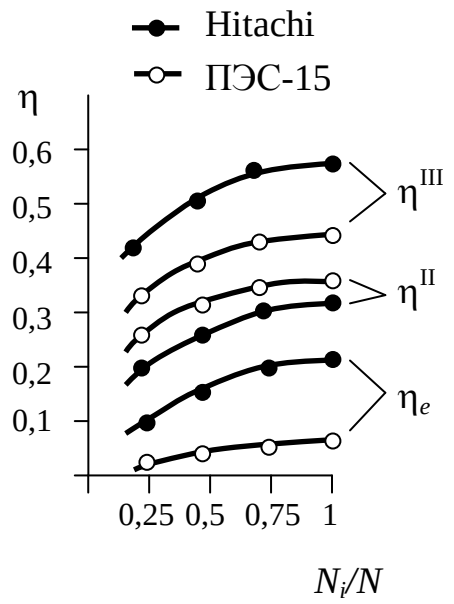


Рис. 2. Показатели эффективности поршневых ДВС в условиях когенерации: η_e – КПД по отпуску электроэнергии; η^{II} – коэффициент использования теплоты топлива при обеспечении отопительной нагрузки; η^{III} – коэффициент использования теплоты топлива при обеспечении нагрузки ГВС

При сравнительных оценках когенерационных установок на базе ДВС (как и других типов) следует опираться на комплексный (системный) подход к оценкам, который заключается в приведении вариантов к сопоставимому виду как по затратам во все виды ресурсов (топливо, вода, воздух и т.д.), так и по отпускаемым видам продукции. В случае применения установок подобных рассматриваемой в статье можно вести технико-экономические оценки при замыкании затрат на теплоту, которую необходимо купить от ТЭЦ. В этом случае КПД по отпуску теплоты на ТЭЦ можно считать равным единице (η_Q=1).

Таким образом b_Q=0,123 кг/кВт·ч (147 кг/Гкал) может использоваться при технико-экономических оценках когенерации и когенерации «+» как пессимистический вариант. На реальных ТЭЦ η_Q<1 (0,78-0,88 в зависимости от вида топлива, типа оборудования и его износа, уровня эксплуатационной культуры и т.п.), что увеличивает расход топлива на отпуск данного вида продукции.

Коэффициент использования теплоты топлива в условиях когенерации «+» растет с ростом мощности и находится на уровне 0,47, а собственно когенерация «+» обеспечивает повышение эффективности в ≈2,5 раза, рис.2.

Кроме того, можно видеть (рис.2), что работа ТЭУ на базе ДВС с воздушным охлаждением (Хитачи) в сравнении с ТЭУ на базе ДВС с водяным охлаждением (ПЭС-15) отличается тем, что для первой когенерация (отопительная нагрузка, η^{II}) обеспечивает прирост коэффициента использования топлива в ≈0,5 раз, а во втором – в ≈3…4 раза, что очевидно и связано с использованием разных теплоносителей (воздух и вода).

Несложные расчеты показывают, что при отсутствии когенерации «+» в установке с воздушным охлаждением, необходимо дополнительно затрачивать топливо в количестве, по меньшей мере, 100 г/ч на производство теплоты. Вместе с тем нагрев воздуха в помещении (отопительная нагрузка, η^{II}) от 18 °С до комфортной температуры в 21 °С за счет возможностей когенерации обеспечен за 30 мин.

Экспериментами установлено, что удельный расход топлива для микро-ТЭС мощностью 2 кВт и выше находится на уровне ~ 500 г.у.т./кВт·ч (при плотности бензина 750 кг/м^3), а характеристики работы микро-ТЭС мощностью 2,4 кВт на базе ДВС «Hitachi» в зависимости от режима работы показывают, что абсолютный расход топлива на номинальной нагрузке при когенерации находится на уровне ~ 700 г/час (рис.2).

Вывод. Представлена лабораторная когенерационная теплоэнергетическая установка на базе ДВС с воздушным охлаждением и возможностью работы в режиме когенерации с контура охлаждения двигателя и утилизацией теплоты уходящих газов, для которой разработаны основные положения методики исследования. Показана работоспособность методики на различных нагрузках работы установки. Показано, что когенерация для ТЭУ на базе ДВС с воздушным охлаждением увеличивает коэффициент использования теплоты топлива в ≈0,5 раз, а для ТЭУ на базе ДВС с водяным охлаждением в ≈3…4 раза. Показано, что когенерация «+» для ТЭУ на базе ДВС с воздушным охлаждением позволяет увеличить полноту использования топлива в ≈2,5 раза. Показано, что абсолютный расход топлива на номинальной нагрузке при когенерации находится на уровне ~ 700 г/час.

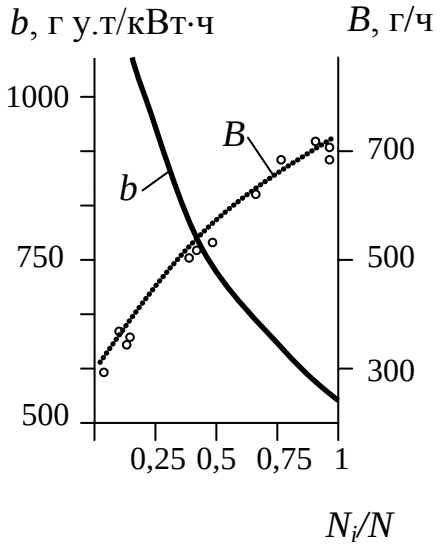


Рис. 3. Удельный (*b*) и массовый (*B*) расход топлива теплоэнергетической установкой

Литература

1. Щинников П.А., Кутузова А.С. Теплоэнергетика. Методические указания. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009.
2. Ноздренко Г.В., Шаров Ю.И., Бородихин И.В. Тепловая электростанция на базе ДВС. Методические указания. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008.
3. Григорьева О.К., Боруш О.В. Расчет тепловых схем теплофикационных паротурбинных установок. Методические указания. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014.

УДК 620.98

АВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ГОРЮЧИХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ, БАЗИРУЮЩИЕСЯ НА АДАПТИВНОМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ И СИСТЕМЕ БЕЗНАГНЕТАТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ РАБОЧЕГО ТЕЛА

Велицко В.В., Прохоров А.И.
ООО «ОЦР Технологии», г. Москва, Российская Инженерная академия, г. Москва

Аннотация

В материале показана возможность создания автономных энергоустановок (мини-ТЭЦ), использующих местные виды топлив и возобновляемые источники энергии (ВИЭ), работающих по адаптивному термодинамическому циклу, позволяющему максимально полно использовать располагаемый переменный теплоперепад между источником тепла и внешней средой, зависящий как от условий подвода тепла, так и от переменных климатических условий. Указана возможность циркуляции рабочего тела (РТ) в конуре энергоустановки без использования классических насосов или компрессоров для обеспечения его циркуляции.

В настоящее время приоритетной задачей является обеспечение энергоснабжения жизнедеятельности с, по возможности, максимальным использованием ВИЭ, в том числе таких, как солнечная и геотермальная энергия. Вторым направлением развития мини-ТЭЦ является задействование для нужд энергоснабжения местных, в том числе возобновляемых видов горючих (топлив) [1, 2], что позволит как максимально сократить плечо транспортировки горючего к месту потребления, так и сократить дополнительную эмиссию диоксида углерода в атмосферу. Примером концепции такой комбинированной мини-ТЭЦ, использующей совместно ВИЭ и местные виды горючих является мини-ТЭЦ по технологии «Heat-El», базирующаяся на модифицированном цикле Ренкина с органическим РТ, разработанная ООО «ОЦР-Технологии» (рис. 1)

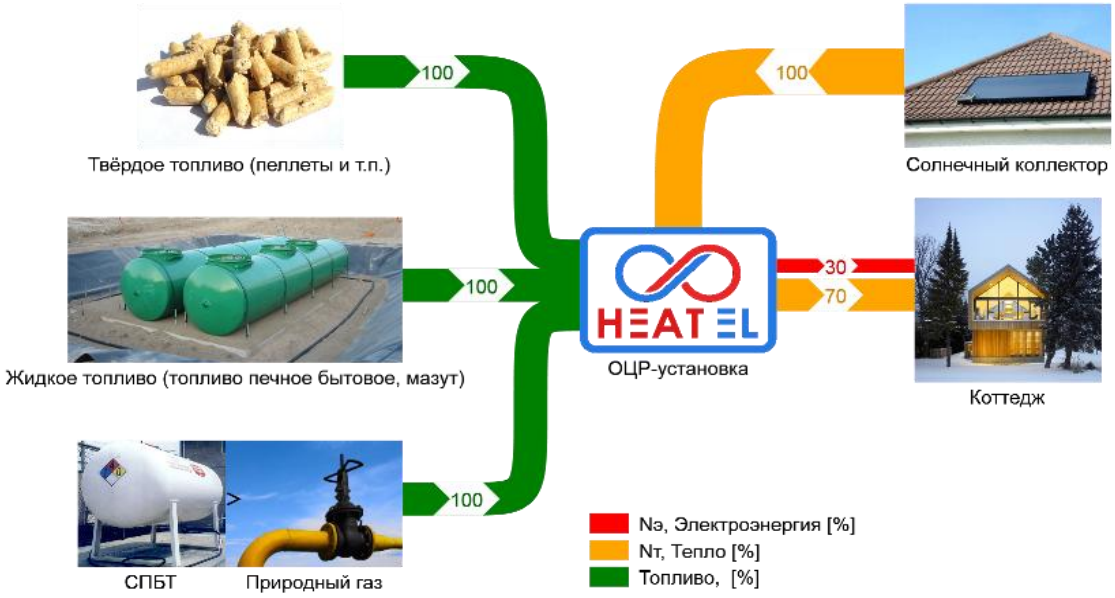


Рис. 1. Комбинированная мини-ТЭЦ, использующая ископаемые горючие и ВИЭ.

Аналогично комбинированному использованию ВИЭ и органических, в том числе невозобновляемых горючих, в настоящее время рассматриваются и ОЦР-установки, использующие исключительно солнечную энергию для производства электроэнергии и тепла (рис. 2).

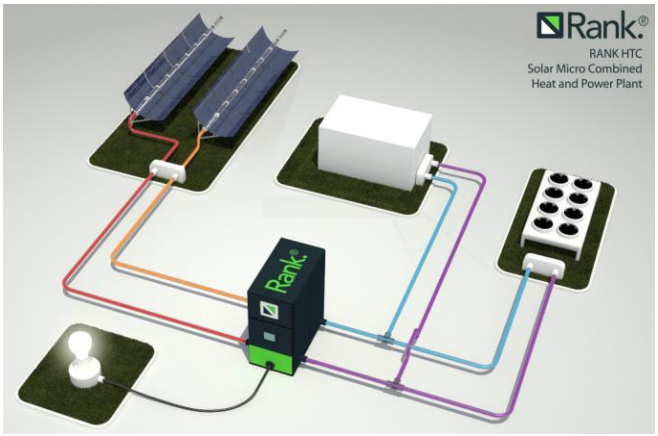


Рис. 2. Теплофикационная ОЦР-установка [2].

Ключевым требованием при разработке ОЦР-установки (рис. 1) являлась возможность выработки электроэнергии с использованием местных видов горючих и ВИЭ с себестоимостью не выше отпускной цены энергии, реализуемой потребителям посредством централизованных электрических сетей. Это должно позволить обеспечивать конкурентоспособное электроснабжение в районах с отсутствующими электрическими сетями или с дефицитом электрической мощности, а также обеспечить конкурентоспособное энергоснабжение потребителей в районах, куда осуществляется, периодически срываемый, северный завоз [3]. При этом в районах, с наличием централизованного электроснабжения, данная технология также может быть применима, т.к. в настоящее время на постсоветском пространстве и в частности – в России, наблюдается рост системных аварий в электрических сетях, вплоть до блэкаутов [4]. Это позволит экономически эффективно вырабатывать электроэнергию, используя внешние электрические сети в качестве резервного источника энергии на период проведения на ОЦР-установке планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Ключевыми техническими аспектами, которые должны обеспечить высокую экономичность установки по технологии «Heat-El»являются:

- применение адаптивного термодинамического цикла, обеспечивающего максимально полное использование располагаемого эксергетического потенциала, меняющегося в основном при изменении температуры окружающей среды;
- использование бесклапанных регулируемых насоса и детандера, позволяющих варьировать степень повышения давления рабочего тела и степень его расширения;
- использование в качестве РТ планово-деградирующего вещества или смеси веществ, например, сжиженного пропан-бутана технического (СПБТ), что позволяет при высокотемпературном подводе тепла обеспечивать высокий электрический коэффициент полезного действия (КПД) ОЦР-установки, планомерно замещая незначительную часть РТ подвергшуюся термолизу;
- снижение энергозатрат на привод насоса путём применения технологии бескомпрессионного нагнетания рабочего тела, что особенно в ОЦР-установках, с низкой теплоёмкостью РТ, позволяет значительно повысить электрический КПД (КПДэ) и существенно снизить как допустимый утилизируемый температурный перепад, так и нижнюю границу экономически эффективно утилизируемого тепла.

Необходимость минимизации потерь на транспорт вырабатываемых энергоресурсов (электрическая, тепловая энергия, холод) налагают требование максимального приближения источника энергии к потребителю. Такие, зачастую взаимоисключающие требования, как: использование ВИЭ; использование местных видов горючих, зачастую имеющих переменное качество и являющихся неквалифицированными горючими; переменная нагрузка по времени суток и сезону, особенно в коммунальном секторе; сложность сжигания неквалифицированных горючих в топках малого объёма и с малым временем пребывания продуктов сгорания в котле; малая потребная единичная мощность мини-ТЭЦ, что особенно актуально для индивидуальной жилой застройки и т.п., налагают ряд взаимоисключающих требований к перспективным энергоустановкам.

Задача использования солнечной и геотермальной энергий, а также возможность сжигания местных видов горючих, таких как растительная биомасса, в том числе - древесные отходы, торф и т.п. может эффективно решаться с использованием мини-ТЭЦ с внешним подводом тепла работающих по циклам Ренкина, преимущественно по органическому циклу Ренкина (ОЦР), Стирлинга и Калины.

Не разбирая отдельно сильные и слабые стороны каждого из вышеуказанных термодинамических циклов следует отметить их общую слабую сторону – эти циклы обеспечивают максимальную экономичность только при фиксированном теплоперепаде между нагревателем и охладителем. Для примера рассмотрим схему ОЦР-установки (рис. 3).

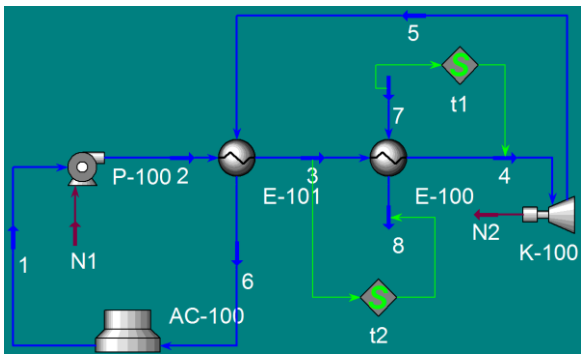


Рис. 3. ОЦР-установка [5].

ОЦР-установка состоит из подогревателя (котла-утилизатора) Е-100, рекуперативного теплообменника Е-101, нагнетателя (насоса) Р-100, детандера К-100 и градирни АС-100. Жидкое РТ поступает потоками 1 и 2, частично или полностью парообразное или газообразное РТ – потоками 3 – 6. Мощность, подводимая к нагнетателю отмечена N1, а мощность, выдаваемая детандером, – N2. Внешнее тепло подводится и, соответственно отводится от подогревателя потоками теплоносителя 7 и 8. Блоки t1 и t2 задают перепады температур и не являются физическими потоками [5].

При изменении условий подвода тепла, например, при изменении калорийности топлива или меньшей интенсивности нагрева солнечного коллектора может снизиться температура нагрева РТ в подогревателе (Е-100). Однако для обеспечения получения максимальной работы в энергоустановке, РТ в подогреватель (Е-100) оптимально подавать с максимальным давлением, при котором ещё будет обеспечиваться его вскипание (естественно, рост механического КПД энергоустановки не линеен от степени приближения фактического давления в подогревателе к теоретически-обоснованному). В результате, при проектировании энергоустановок в

качестве базового условия учитывается требование работы энергоустановки при минимальной допустимой температуре в подогревателе (Е-100). Это означает, что при использовании более качественных видов топлив и более интенсивной солнечной радиации в достаточной мере не используется увеличивающийся эксергетический потенциал между подогревателем и охладителем, т.к. РТ подаётся в подогреватель (Е-100) с давление меньшим, чем оптимальное давление при фактически достижимой температуре подогрева.

Аналогичная ситуация складывается и при снижении температуры окружающего воздуха. При отсутствии необходимости полного использования вырабатываемой тепловой энергии на нужды теплофикации, тепловая энергия полностью или частично отводится во внешнюю среду с использованием холодильника, например, градирни (АС-100). Ключевым требованием для энергоустановки, использующей РТ в жидкой фазе, является полная конденсация РТ в холодильнике. При отсутствии конденсации РТ в холодильнике, РТ будет поступать на всас нагнетателя (Р-100) в виде, как минимум двухфазной среды, что может привести к неработоспособности нагнетателя, а также приведёт к увеличению его потребляемой мощности, затрачиваемой на компримирование паровой или газовой фазы РТ.

В этой связи термобарические условия полной конденсации РТ в градирне (АС-100) определяются самым жарким периодом года. Учитывая что среднегодовая температура на 20 – 30 С и более ниже максимальной годовой температуры, существующие энергоустановки и здесь работают с заниженным КПД, что обусловлено не полным использованием располагаемого эксергетического потенциала между фактическими температурами подвода тепла к РТ в подогревателе и овода от него тепла в холодильнике.

Данная задача может быть успешно решена с использованием разработанного адаптивного термодинамического цикла, позволяющего в реальном времени отслеживать температуру подвода тепла к РТ в подогревателе и температуру отвода тепла от РТ в охладителе и в зависимости от них изменять степень повышения давления нагнетателя (Р-100) и степень расширения РТ в детандере (К-100). Это позволяет максимально полно использовать располагаемый эксергетический потенциал и увеличить среднегодовую выработку электроэнергии. Например, для двухконтурной ОЦР-установки (рис. 4), первый контур которой заполнен аммиаком, а второй – изопентаном (оба рабочих тела являются рекомендованными к применению природными хладагентами), максимальный КПД составит 39%, среднегодовой, в зависимости от климатической зоны, – 35 – 36%, тогда как без применения адаптивного цикла КПД составит 32% [5].

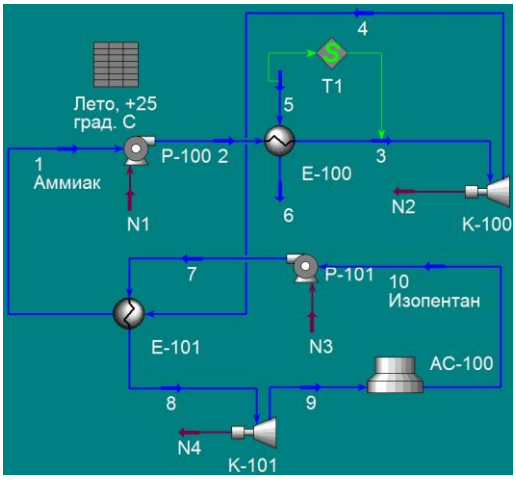


Рис. 4. Двухконтурная ОЦР-установка [5].

На основе созданного адаптивного ОЦР-цикла разработана проектная документация на ОЦР-установку для энергоснабжения коттеджей (рис. 5).



Рис. 5. Двухконтурная ОЦР-установка «Heat-El Micro» электрической мощностью 10 кВт, тепловая мощность 15 кВт.

На базе ОЦР-установки по Рис. 5 ООО «ОЦР Технологии» совместно с ООО «МАЭН» разработана схема подключения ОЦР-установок, являющихся блочными теплоутилизационными энергетическими комплексами (БУТЭК), предназначенными для энергоснабжения промышленных потребителей, в частности – газоперекачивающих агрегатов (ГПА). БУТЭК и схема его включения в состав ГПА представлены на Рис. 6.

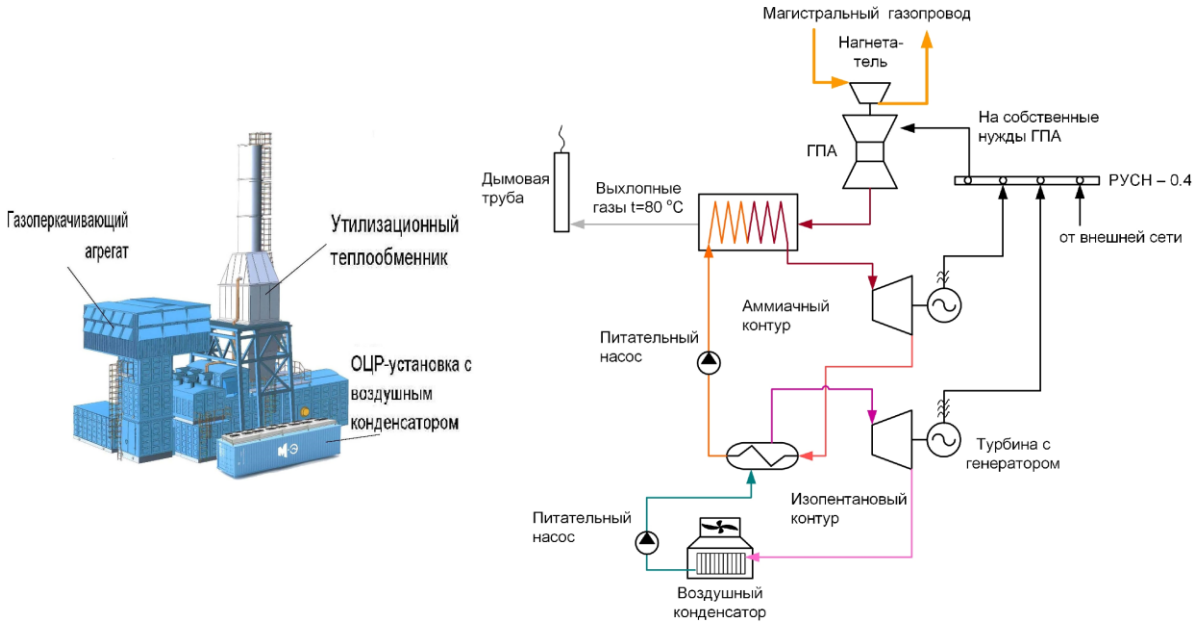


Рис. 6. БУТЭК на базе ОЦР-установки, предназначенный для обеспечения собственных нужд (СН) линейного ГПА.

Одной из сфер применения ОЦР-установок, использующих в своей работе адаптивный цикл является работа в составе водогрейных котельных, центральных и индивидуальных тепловых пунктов (ЦТП и ИТП). Особенностью функционирования системы теплоснабжения в России является количественное и качественное регулирование отпуска тепла. Если количественное регулирование при фиксированной температуре теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах теплотрассы не

представляет сложности для работы ОЦР-установки, то качественное регулирование определяется тепловым графиком, по которому существенно изменяется температура как минимум в подающем трубопроводе теплотрассы. При этом величина изменений температуры такова, что ОЦР-установка нерегулируемого типа, не всегда будет работоспособна. Пример встраивания ОЦР-установки в состав ЦТП показан на рис. 7.

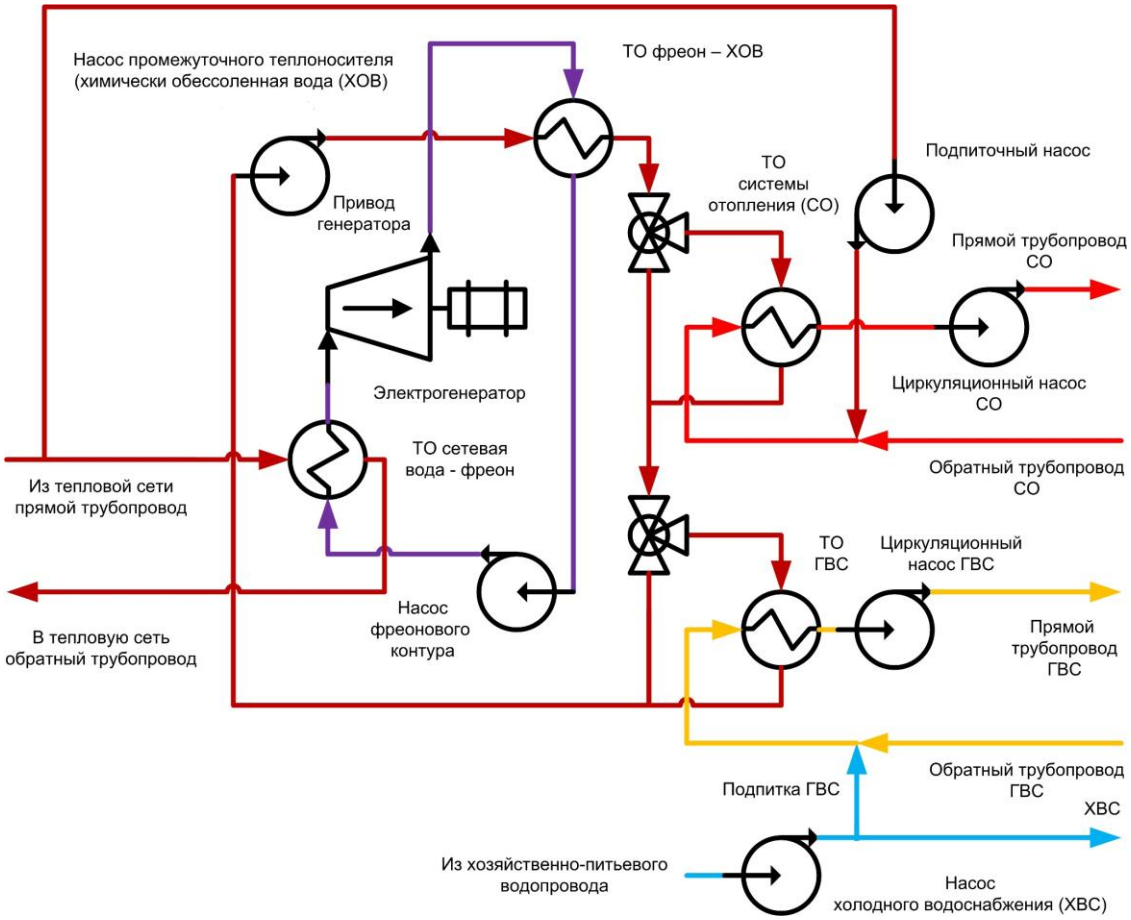


Рис. 7. Схема включение ОЦР-установки в состав ЦТП [7].

Применение данных решений позволит повысить надёжность фукционирования системы энергоснабжения России и повысить энергетическую безопасность, снизить выбросы вредных веществ при неэффективном производстве электроэнергии (только для г. Москвы снижение выбросов NOx составит не менее 250 тонн в год) и повысит инфраструктурную безопасность населённых пунктов, которая, в настоящее время, имеет крайне низкую степень защиты [6].

В основу ОЦР-установок положены бесклапанные объёмные детандеры и насосы, обеспечивающие возможность регулирования рабочих фаз (впуск, нагнетание или сжатие, расширение) [5, 8].

Важной ключевой технологией, позволяющей создавать высокоэффективные локальные энергоустановки, использующие неквалифицированные горючие и ВИЭ является технология применения планово-деградирующего, в процессе эксплуатации энергоустановки, РТ [7]. Это связано с необходимостью использовать максимально высокую начальную температуру подвода тепла, тогда как применение высокостабильных РТ зачастую ограничивается либо их высокой стоимостью, либо – опасностью, либо – сложностью применения, обусловленной их агрессивностью и/или высокими рабочими давлениями (аммиак, диоксид углерода и т.п.). Например, применяемые органических РТ в простом цикле при начальной температуре (НТ) до +300 °С обеспечивают КПД не более 29% (см. Рис. 8).

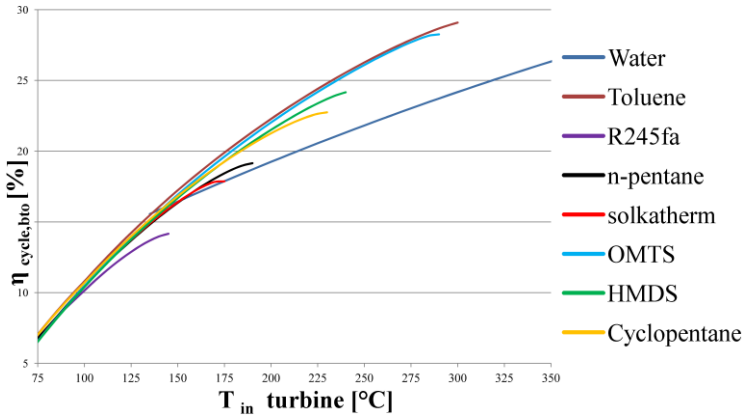


Рис. 8. Значения максимального КПДэ ОЦР с регенеративными ТО в зависимости от применяемого РТ [9].

Интенсивное разложение наблюдается у углеводородов, таких как С3 – С6, которые могли бы, исходя из своих теплофизических характеристик, применяться в качестве высокотемпературных РТ, т.к. дегидрирование алканов интенсифицируется, например, на хромсодержащих и никельсодержащих катализаторах, а это означает, что прекрасным катализатором для разложения РТ будет являться трубопроводный контур, выполненный из жаропрочных хромоникелевых сплавов.

Применение планово-деградирующего РТ позволяет обойти данное ограничение тем, что РТ вырабатывается непосредственно в энергоустановке из компонента горючего (например, пропан или бутан, получаемые из СПБТ), дёшево, доступно и, после разложения, утилизируется в качестве компонента горючего при работе энергоустановки. Это позволяет существенно, как минимум до +500...550 °С поднять температуру подвода тепла к РТ в подогревателе, а при реализации дополнительных мероприятий ещё более поднять данную температуру. В результате реальная ОЦР-установка, в конденсационном режиме может обеспечивать КПДэ на уровне 45%, а в теплофикационном – на уровне 38...40%.

Значительную сложность при повышении КПДэ ОЦР-установок представляет из себя относительно низкая (в сравнении с водой) теплоёмкость используемых РТ (Рис. 9). Это приводит к тому, что, при аналогичных условиях подвода и отвода тепла для производства того же количества работы, как и в паросиловой установке, работающей по классическому циклу Ренкина, в ОЦР приходится прокачивать гораздо большее количество РТ. В результате, затраты энергии на работу нагнетателя в ОЦР-установке с единиц процентов (цикл Ренкина) возрастают до десятков процентов (ОЦР).

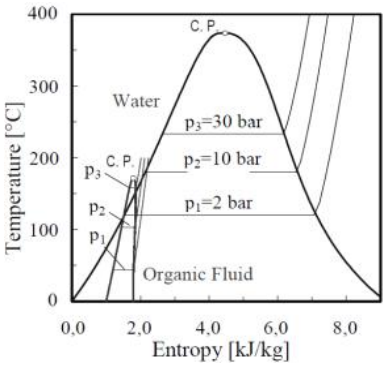


Рис. 9. T-S диаграмма для органического РТ и воды [10].

Эта задача может быть решена применением технологии безкомпрессионного нагнетания РТ, позволяющей на десятки процентов, вплоть до более, чем 50% снизить работу, потребную для привода нагнетателя РТ ОЦР-установки. Данное решение является компонентом разработанного нового термодинамического цикла [4, 11-14], в настоящее время являющегося ноу-хау разработчика, позволяющего экономически эффективно использовать как сверхмалые перепады температур (в десятки градусов Цельсия), так и уменьшить нижний порог утилизируемых температур менее +70 °С.

Выводы

С применением вышеописанного комплекса технологий имеется возможность создать высокоэффективные энергоустановки, работающие как с использованием ВИЭ, так и с использованием местных видов горючих, а также квалифицированных горючих (ископаемый природный газ, СПБТ, мазут и т.п.). Все вышеуказанные технологии могут реализовываться и по отдельности, однако совместно они позволяют получить синергетический эффект в виде технологии создания мини-ТЭЦ, работающих с использованием солнечной, геотермальной энергий, низкосортных местных топлив (сланцы, торф, биомасса и т.п.), обеспечивающей КПДэ на уровне не менее 50%.

Этот подход позволит обеспечить создание комфортных условий жизни и работы населения в зонах современного северного завоза, Дальнего востока, а также в районах крайнего севера, обеспечив стабильное энергоснабжение не зависящее от условий навигации, а также осуществлять разработку, обогащение и переработку неиспользуемых минерально-сырьевых ресурсов, использование которых в настоящее время ограничивается сложностью логистики энергоносителей. В более широко смысле предлагаемая технология может являться одним из ключевых элементов ввода в активный оборот неиспользуемых территорий России, активизации на них хозяйственной деятельности, оживления сельского хозяйства в депрессивных регионах и обеспечение ввода под коттеджное строительство территорий, не имеющих энергетической инфраструктуры.

Дополнительным эффектом будет являться создание новых рабочих мест в промышленности, т.к. потенциальный спрос на микро-ТЭЦ бюджетного уровня в ближайшие годы может составить десятки тысяч штук в год, а также, с использованием мультипликативного эффекта, создание новых рабочих мест в смежных хозяйственных отраслях.

Литература

1. Кукушкин С.А., Велицко В.В., Краснов А.Г. Организация производства концентраторных солнечных электростанций, комбинированных с паросиловым циклом // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.144-146.
2. Navarro-Esbrн J., Peris1 B., Collado R., Molйs F. Micro-generation and micro combined heat and power generation using «free» low temperature heat sources through Organic Rankine Cycles // International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ’13) Bilbao (Spain), 20-22.03.2013, Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ), №11, 03.2013.
3. Таюрский В. Улусы спасает тушенка. Якутские чиновники сорвали северный завоз // М., Российская газета, №6302 от 11.02.2014 г.
4. Велицко В.В. Реконструкция котельных в мини-ТЭЦ и снижение потребления электроэнергии на транспорт тепла в водогрейных котельных // Содействуя

экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.124.
5. Велицко В.В. Применение регулируемых термодинамических циклов для утилизации низкопотенциального тепла // Сборник материалов V Конференции "ТРИЗ. Практика применения методических инструментов в бизнесе", М., 22-23.11.2013 г.
6. Велицко В.В. Выявление и нейтрализация угроз государственной безопасности с применением инструментария ТРИЗ на примере угроз инфраструктурного, технологического и юридического характера // Сборник докладов международной конференции «Инструменты создания инноваций для развития предпринимательства», М., 14-15.11.2014, с.102-107.
7. Велицко В.В. Нестабильные рабочие тела в высокоэффективных циклах тепловых двигателей, применяемых для нужд децентрализованного электроснабжения // Интернет: http://www.metodolog.ru/node/1786
8. Краснов А.Г., Велицко В.В. Системы накопления энергии как элемент инфраструктуры эко-полиса // Сборник материалов XI Международной конференции «Государственное управление: Российская Федерация в современном мире» 30.05-01.06.2013, Секция «Урбанизация – «Экополис XXI века»: теория, практика, сценарии, модели», МГУ им. М.В. Ломоносова, Факультет государственного управления.
9. Vankeirsbilck I, Vanslambrouck B., Gusev S, Michel De Paepe Energetical, Technical and Economical considerations by choosing between a Steam and an Organic Rankine Cycle for Small Scale Power Generation // ORC 2011, First International Seminar on ORC Power Systems In memory of Prof. G. Angelino, Delft, 23.09.2011, Интернет: http://www.readbag.com/orc2011-nl-uploads-file-presentations1-energetical-technical-and-economical-consideration-by-choosing-between-a-steam-and-orc-for-small-scale-power-generation
10. Karellas S., Schuster A., Supercritical Fluid Parameters in Organic Rankine Cycle Applications // International Journal of Thermodynamics, Vol.11 (№3), 08.2008, pp.101-108.
11. Велицко В.В. Тепловой двигатель с термодинамическим циклом без предварительного сжатия и КПД более 50% // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.128-129.
12. Велицко В.В. Реконструкция котельных в мини-ТЭЦ и снижение потребления электроэнергии на транспорт тепла в водогрейных котельных // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.130.
13. Велицко В.В. Высокоэкономичные мини-ТЭЦ для работы на местных топливах // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.137.
14. Велицко В.В. Бескомпрессионный трубопроводный транспорт природного газа, нефти и нефтепродуктов // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.131-132.

УДК. 536.79 + 620.9

УМНЫЕ АДСОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДОМОВ БУДУЩЕГО

Аристов Ю. И. [а, б]

[а] *Институт катализа СО РАН, пр. Лаврентьева, 5, Новосибирск, Россия*

[б] *Новосибирский государственный университет, ул. Пирогова, 2, Новосибирск, Россия*

В настоящее время более половины населения Земли живёт в городах [1]. Важнейшей составляющей городов будущего являются энергетически эффективные и экологически чистые здания, которые при этом обеспечивают и высокие стандарты жизни.

Значительная часть невозобновляемых первичных топлив сейчас затрачивается для нагрева/охлаждения зданий, внося существенный вклад в эмиссию парниковых газов. По данным Международного Энергетического Агентства экономия мирового потребления топлива в жилых зданиях может достичь к 2050 г. 1510 млн. тут, что эквивалентно уменьшению выбросов CO_2 на 12,6 Гтонн [2]. В Российской Федерации (РФ) на эти цели используют 40-45% всей произведённой теплоты или 140 млн. тут. При этом тепловые потери в зданиях неприемлемо высоки: так, технический потенциал экономии энергии в жилом секторе РФ превышает 76 млн. тут или 55% от всей потребляемой в нем энергии [3].

В докладе рассмотрена структура тепловых потерь в малоэтажных зданиях в климатических условиях РФ, а также роль адсорбционных технологий в более рациональном использовании теплоты в таких зданиях. Кратко обсуждаются основы адсорбционного преобразования/запасания теплоты в открытых и замкнутых системах [4, 5], включая регенерацию теплоты и влаги в системе вентиляции [6]. Показано, что для разных климатических зон адсорбенты, обеспечивающие оптимальные параметры преобразования, могут сильно отличаться [7]. Более подробно рассмотрены применяемые адсорбенты [8] и адсорбционные холодильники/тепловые насосы, предлагаемые на рынке [9], достоинства и недостатки имеющихся адсорбционных технологий и пути их улучшения [7].

Литература

1. United Nations Population Fund. (2012). State of the World population 2011.
2. International Energy Agency. (2010). Energy technology perspectives 2010: Strategiesand scenarios to 2050. Paris: OECD/IEA.
3. Доклад «О повышении эффективности Российской экономики». Архангельск, апрель 2009; http://www.cenef.ru/file/Report%2025.05.09.pdf .
4. Meunier F. Adsorption heat powered heat pumps, Appl Therm Eng. 2013, v. 61, p. 830.
5. Zheng X., Ge T.S., Wang R.Z., Recent progress on desiccant materials for solid desiccant cooling systems, Energy, 2014, v. 74, pp. 280–294.
6. Aristov Yu.I., Mezentsev I.V., Mukhin V.A., A new approach to regenerating heat and moisture in ventilation systems, Energy and Buildings, 2008, v. 40, pp. 204–208.
7. Aristov Yu.I., Concept of adsorbent optimal for adsorptive cooling/heating, Appl. Therm. Engn., 2014, v. 72, pp. 166-175.
8. Aristov Yu.I., Challenging offers of material science for adsorption heat transformation: a review, Appl. Therm. Engn., 2013, v. 50, N 2, pp. 1610-1618.
9. Jakob U., Kohlenbach P. Recent Developments of Sorption Chillers in Europe. IIR Bulletin, 2010, pp. 34-40.
10. Аристов Ю.И., Адсорбция и катализ для устойчивой энергетики, Кинетика и катализ, 2015. т. 55, N 5.

УДК. 666.9:620.3

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

Черепанов К.А.[1], Черепанова В.К.[2,3]
[1]Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк, Кемеровская область
[2] Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
[3]Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, г. Новосибирск

Для стран северного полушария и особенно для России с ее суровым климатом проблема энергоэффективности и энергосбережения имеет особое значение. В связи с приходом холодов предотвращение потерь тепла через стены жилых зданий (особенно "хрущевок") для жителей становится серьезной проблемой. Исследования показывают, что через стены зданий (особенно панельных) в зимнее время теряется до 45 % тепла. За рубежом разработаны технологии, с помощью которых возможно снижение потерь тепла – однако это дорогие технологии. Такова, например, система вентилируемых фасадов, но будет ли доступным с ее применением такое жилье – весьма сомнительно. Нами разработана технология утепления внутренних и наружных стен жилых помещений, которая достаточно эффективна, пожаробезопасна, при ее использовании применяются современные отечественные материалы.

В последние годы большое внимание привлекли керамические вяжущие суспензии (КВС) с наличием в них коллоидного компонента. Наиболее известны такие суспензии, получаемые из материала кремнеземистого состава, коллоидную основу которых представляет кремнезоль [1]. Научное обоснование получения керамических суспензий является одним из сложных и все еще недостаточно разработанных вопросов коллоидной химии, в одном из разделов которой изучается взаимосвязь между интенсивностью взаимодействия дисперсных частиц как между собой, так и со средой, и их агрегативной устойчивостью. Поведение дисперсных систем с коллоидным компонентом обычно рассматривается на основе теории Дерягина, Ландау, Фервея и Овербека (теория ДЛФО). Основу ее составляет существование в растворе двойного электрического слоя (ДЭС) вокруг каждой частицы. В дополнение к теории ДЛФО Б.В. Дерягиным было введено представление о структурной составляющей расклинивающего давления, возникающего в связи с перекрытием граничных слоев жидкости, окружающей взаимодействующие частицы. На основе исследования поведения водных дисперсных систем оксидных материалов, в т.ч. и кремнезоля, было выяснено, что структурная составляющая энергии взаимодействия частиц определяется природой вещества и в значительной степени зависит от pH, температуры, концентрации и типа элктролита. Процесс растворения кремнезема (при его механо-химической обработке) является каталитическим, он ускоряется в нейтральной, и особенно, в щелочной среде с высоким значением pH ионами OH^-. При изучении структурообразования в тиксотропных сырьевых смесях важными являются процессы, протекающие при твердении самой КВС, поскольку именно они играют основную роль в последующем упрочнении изделий. Контакт частиц дисперсной фазы КВС осуществляется с помощью полимолекулярных пленок – своеобразных адгезионных швов. Последние представляют собой коллоидно-химические структуры (сетки геля), образованные комплексами из гидратированных атомов кремния, алюминия и других элементов. При удалении воды из КВС (при сушке изделий) дисперсные частицы сближаются и на основе пленочного геля возникают высокопрочные фазовые контакты

конденсационной структуры. Описанный механизм твердения КВС протекает и в сырьевой смеси при изготовлении изделия. В этом случае, в процессе его упрочнения участвуют как дисперсные частицы КВС, так и частицы используемого заполнителя, который обычно имеет полидисперсный состав. Следует отметить, что большинство КВС (в т.ч. и на основе кремнезема) обладают большой адгезией, вследствие чего они являются своеобразным неорганическим клеем-связкой универсального типа. На его основе возможно склеивание неорганических материалов в различном сочетании (металлы, дерево, бетон, кирпич, минеральное волокно, стекло, ткани и т.д.). С использованием изложенного выше механизма поведения коллоидных вяжущих систем нами была разработана тиксотропная вяжущая композиция, содержащая в своем составе кремнезоль, частицы которого интенсифицируют процесс конденсационного структурообразования во время твердения изделий.

Известно, что у пористых (теплоизоляционных) материалов характерным является относительно малая механическая прочность. Если они применяются при кладке печей, то эта характеристика не имеет особого значения. Однако если такие материалы используются при строительстве зданий, в т.ч. жилых домов, то от них требуется повышенная прочность, особенно это важно при строительстве жилья в сейсмоопасных зонах. Как известно, в т.н. каркасных зданиях стеновые ограждения не являются несущими, однако их по традиции выполняют из обычного строительного кирпича или различного рода стеновых панелей. На смену им должен прийти легкий, пористый материал, обладающий высокой механической прочностью по сравнению с применяемыми в настоящее время ячеистыми бетонами типа сибита. Нами с использованием высококерамической вяжущей суспензии (ВКВС) разработана технология получения газобетона, с прочностью на сжатие в 1,5-2 раза превышающую требуемую по ГОСТ 25485-85 «Ячеистые бетоны». Она уникальна еще и тем, что в качестве порообразователя используются твердые дисперсные отходы металлургической промышленности, причем завершающим этапом технологии является низкотемпературная сушка, при этом, в качестве кладочного раствора также используется указанная выше связка с повышенной вязкостью.

В настоящее время пришли к пониманию того, что эффективные в тепловом отношении ограждающие конструкции зданий, теплоизоляция в промышленности должны быть слоистыми, включающими в себя наружный жесткий, прочный слой и утепляющий слой, коэффициент теплопроводности которого не превышает 0,09 Вт/(м·К). Кроме того, такие изделия должны быть долговечными, пожаробезопасными, экологически чистыми и технологичными как с точки зрения их производства, так и монтажа на здании, трубопроводе или элементе теплового агрегата (печи, котле). Изготавливаемые строительные сэндвич-панели, представляющие собой теплоизоляционный материал (минераловатную плиту или пенополиуретан), заключенный в металлическую оболочку, имеют ограниченное применение. Их практически нельзя использовать, например, при устройстве навесных фасадных систем, особенно в случае художественно-архитектурного решения фасада, и, кроме того, они довольно дороги. Теплоизоляционные плиты с комбинированной структурой (относительно жесткий наружный слой и более мягкий внутренний), например, РУФ БАТТС ЭКСТРА или ФАСАД БАТТС ЭКСТРА производства компании Rockwool достаточно хорошо известны, однако первые используются обычно при теплоизоляции железобетонной кровли и металлического профнастила, вторые требуют нанесения штукатурного слоя по наружной поверхности и армирующей шпатлевки. Кроме того, это дорогая продукция и использование ее при строительстве доступного жилья весьма сомнительно.

В связи с указанным выше, нами была разработана ресурсо- и энергосберегающая технология изготовления двухслойных теплоизоляционных плит повышенной прочности из базальтового волокна, наружный слой которых выполнен из минеральной сырьевой смеси, изготавливаемой на основе кремнезоля и наносимой на поверхность обычной полужесткой плиты напылением, набрызгом или каким-либо другим способом. Причем вязкость наносимой сырьевой массы может регулироваться в широких пределах. После низкотемпературной сушки изделия покрытие приобретает абсолютную влагостойкость и высокую прочность на сжатие, толщина его может изменяться от 1-2мм и до 10-15мм (в зависимости от требований заказчика). Применение таких плит разнообразно: они могут использоваться как при малоэтажном, так и высотном строительстве, при устройстве плоских кровель и т.д., а также в теплоэнергетике (скорлупы и другие теплоизоляционные изделия для котлоагрегатов) [1]. В последние годы появилась новая технология крепления теплоизоляционных и огнезащитных изделий к защищаемой поверхности: приклеивание их специальным огнестойким клеем. Таков, например, клей Conlit, применяемый компанией Rockwool, который может «работать» до температур порядка 1000^{o}C. Нами разработана технология изготовления аналогичного клея (Пат. РФ № 2144552) [2]. Причем, изделия на его основе могут использоваться при температурах 1500-1600^{o}C. Он является относительно недорогим и экологически чистым продуктом.

В заключение следует отметить, что с использованием предложенной авторами технологии изготовления и применения связующего нового поколения можно получать изделия со значительно улучшенными характеристиками, которые позволяют эффективнее решать проблему ресурсо - и энергосбережения.

Литература

1. Черепанов К.А., Мирошник А.И., Масловская З.А. Инновационная технология изготовления и применения керамически упрочненных и поверхностно-армированных базальтоволокнистых плит. // Проектирование и строительство в Сибири. №3(57). 2010. С.37-39.
2. Черепанов К.А. Получение и использование вяжущего нового поколения – керамической суспензии кремнеземистого состава. // Изв. вузов. Черная металлургия. № 10. 2006. С. 62-64.

УДК.693.542.54:666.97.031.2

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

Гныря А.И., Гаусс К.С.
Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Для получения бетонных конструкций требуемого качества в зимних условиях применяют специальные методы бетонирования, основанные на сохранении или внесении тепла в бетон, снижение температуры его замерзания применением противоморозных добавок. При этом не один из методов не исключает градиентов температуры по сечению выдерживаемых конструкций. Так как, в построечных условиях зимой период предварительного выдерживания отсутствует, возникающие после укладки смеси градиенты температуры вызывают процесс миграции влаги из более нагретых в охлажденные зоны конструкции. В результате это приводит к их переувлажнению и последующему ухудшению свойств. Величина температурного градиента в большинстве случаев не велика (около 1.2-1.8 ºС/см), вызванный им процесс массопереноса способен изменить структуру, пористость, влажность, прочность и другие физико-механические свойства бетона.

Для исследования влияния температурного градиента на физико-механические свойства бетона в лаборатории кафедры ТСП ТГАСУ был проеден эксперимент на установке регулируемых температурных градиентов. Это дало нам возможность в автономном режиме создавать и поддерживать в течение заданного времени неоднородное температурное поле в одном горизонтально расположенном образце твердеющего бетона. Установка состоит из климатической камеры, устройства для крепления образцов, опалубки, нагревателя, измерительного комплекса (рис.1,2).



Рис. 1.Климатическая камера



Рис. 2. Установка регулируемых температурных градиентов

Деревянная опалубка имеет внутренний размер 100х100х300 мм. Стенки выполнены из древесины толщиной 10мм с металлической пластинкой с одного торца (толщиной 5 мм) и деревянной пластинкой с другого (толщиной 10 мм). Стенки герметичны и изолированы от изменения температуры в поперечном сечении. Внутри образец разделен на 6 равных частей, с помощью водопроницаемых мембран (рис. 3). Металлическая пластина - находится при воздействии электронагревателя, деревянная пластина – входит в рабочий объем климатической камеры на 5 см, тем самым охлаждается с заданным режимом (-30°С) посредством аппаратно-программного комплекса установки.



Рис.3 Общий вид деревянной опалубки

Приготовленная цементно-песчаная смесь укладывалась в формы, уплотнялась и предварительно выдерживалась в течение 4-х часов до начала схватывания. Затем опалубка устанавливалась в проектное положение установки регулируемых температурных градиентов.

Выдержанные в неизотермических условиях образцы помещались в нормальные условия твердения и выдерживались для определения относительной прочности и капиллярной пористости. Испытания проводились в лаборатории ТГАСУ на гидравлическом прессе INSTRON 3382 с давлением до 10 тонн и скоростью деформации 4 мм/мин (рис. 5).

Для этого из каждой шести частей по длине образца, были выбраны по три контрольных пробы, с размером 20х20х20 мм (рис.4).

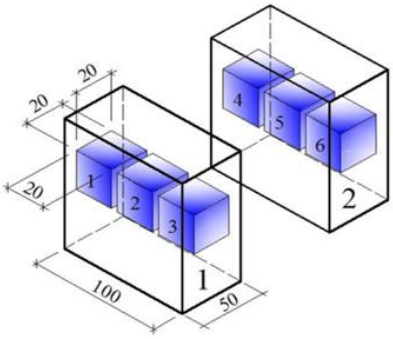


Рис. 4. Места отбора проб для определения относительной прочности



Рис. 5. Гидравлический пресс INSTRON 3382

В результате определения прочности для каждого из 18 образцов были получены кривые деформации бетонных кубиков (рис.6). После обработки кривых была построена диаграмма прочности по длине образца (рис.7).

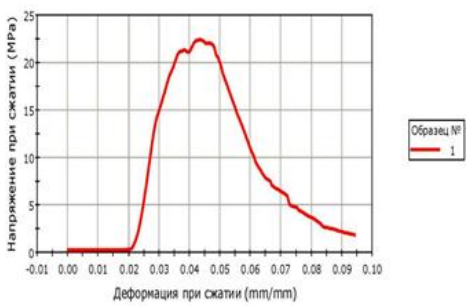


Рис.6. Деформационные кривые

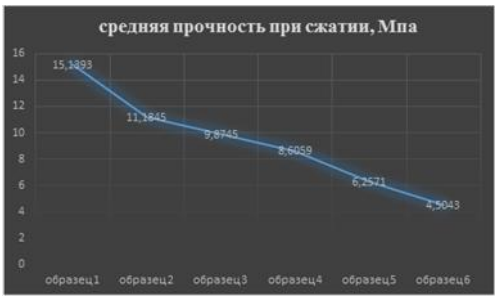


Рис.7. Диаграмма прочности

Опыты по определению капиллярной пористости бетона проводились в «Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН».

Капиллярная пористость образцов определялась по изображениям структуры, полученных методом растровой микроскопии при увеличении в 2000 раз. При этом использовался растровый микроскоп Hitachi TM-1000 (рис. 8).

Метод растровой электронной микроскопии (РЭМ), в отличие от других методов определения характеристик поровой структуры, не разрушает структуру при подготовке образцов, не требует специальной пропитки или обработки поверхности, ее искажающей. Кроме того, он удобен для сравнения с моделью, так как полученные изображения обрабатываются одним и тем же методом. Подготовка образцов заключается в получении образцов с оптимально ровным профилем излома заданного размера.



Рис.8. Растровый микроскоп Hitachi TM-1000.

Увеличение при съемке подбиралось с позиций обеспечения достаточного для статистического анализа количество объектов (пор) капиллярного диапазона и качества изображения.

Так как поверхность образца была объемной, необходимо было отделить на снимках представительную площадь и оставшуюся (занятую неровностями) скола или крупными порами, анализ которых не входил в нашу задачу. Путем пробных снимков и их обработки определено, что более технологичными для обработки являются увеличения в 2000 раз (рис. 9). Неровностями и дефектами изображений считались объекты размером более 10 мкм.

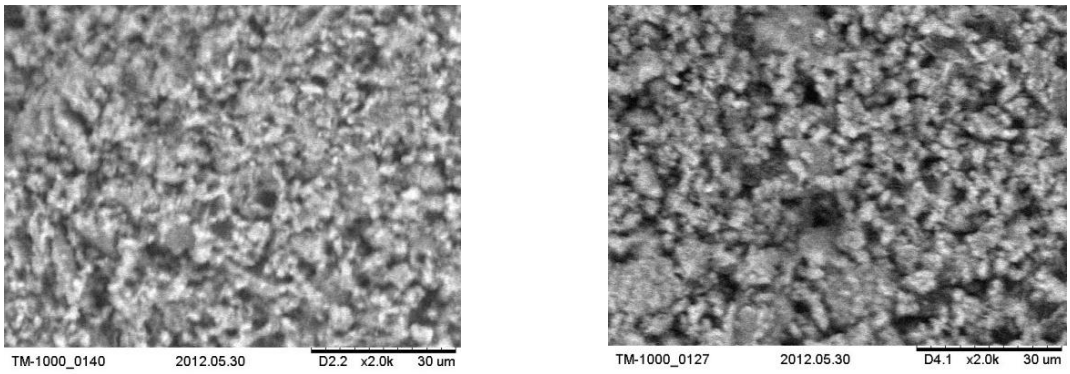


Рис. 9. Изображения структуры цементного камня при увеличении в 2000 раз

Количественная обработка снимков производилась специально разработанной программой («Но1е»), определяющей поры и их площади. Идентификация пор происходила по отношению к уровню яркости изображения.

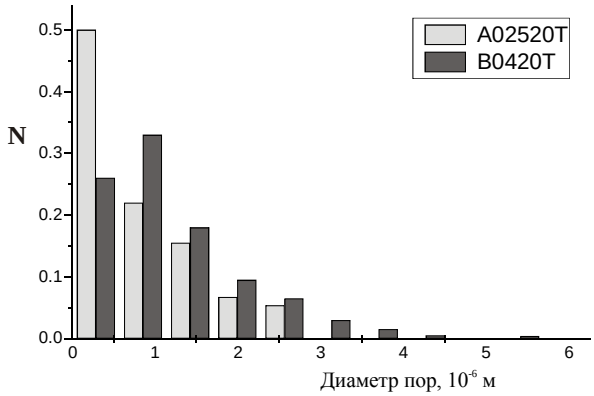


Рис. 10. Гистограмма количества и радиуса пор

Выводы:

В ходе экспериментальных исследований была применена на практике установка регулируемых температурных градиентов.

После проведенных испытаний и тщательной обработки полученных данных установлено влияние температурного градиента на формирование структуры бетона, а, следовательно, и на физико-механические свойства.

Экспериментально установлено, что наличие температурного градиента приводит к перемещению влаги в бетонных образцах. Влага движется в сторону понижения температуры.

По направлению понижения температуры, в бетонных образцах было установлено снижение прочностных характеристик.

Литература:

1. *Ахвердов И.Н.* Основы физики бетона. — М.: Стройиздат, –1981. –464 с.
2. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. Учебник. И М.: Изд-во АСВ, –2003. –500 с.
3. *Гныря А.И.* Технология бетонных работ в зимних условиях- Томск: Изд-во Том.ун-та, –1984.-280 с.
4. *Заседателев И.Б., Петров-Денисов В.Г.* Тепло- и массоперенос в бетоне специальных промышленных сооружений. — М.: Стройиздат, –1973. - 168 с.

УДК 666.973.6.

НЕАВТОКЛАВНЫЙ ТЕРМОГАЗОБЕТОН

Махмудов А.А.
ООО «Аль –Зер», г. Москва

Разработана технология производства неавтоклавного газобетона на сухих вспенивателях.

Наполнителем является лёгкий, прочный, не горючий пеностекольный щебень с характеристиками:

	Характеристика	Значение
.	Теплопроводность в сухом состоянии	0,045 – 0,07 Вт/(м°С)
.	Прочность в засыпке при сжатии	0,7 – 1,2 МПа/м2
.	Водопоглощение	0–5 %.
.	Объёмный вес пеностекла	120 – 170 кг / м3
.	Токсичность горения	нет
.	Экологическая безопасность	безопасно
.	Технологичен, безотходное в производстве	термо газабетон

Обладая низким водопоглощением неавтоклавный газобетон имеет широкую область применения: утепление фундаментов, полов, фасадов, перекрытий, крыш, ограждающих конструкций стен, перегородок, разделительный противопожарный шубер и т д.

Из него в условиях цеха и на строительной площадке можно изготавливать: лёгкие ограждающие конструкции, стандартные стеновые блоки, крупные блоки, стеновые панели, стены в виде сэндвичей.

Характеристики материала позволяют изготавливать панели, плавающие дома в зонах затопления, изготовление и монолитную заливку прямо на строительной площадке. Кроме того, его можно использовать в технологии сухих полов, кровли с армированием и наклейкой гидроизоляции. Это позволяет производить устройство кровли в любое время года.

Неавтоклавный газобетон после заливки расширяется в объёме, заполняя пустоты и прочно цементирует, заполняя пустоты образовывая искусственный камень любых форм и размеров.

Процент заполняемости пустот между фракциями щебня из газа бетона составляет 20-30 %.

Влажность смеси составляет 20 -30 % от объёма изделия, благодаря чему уменьшается период выпаривания влаги и это в 2,5 раза сокращает энергозатраты по сравнению с обычным бетоном.

Прочностные характеристики после набора прочности составляет 0,7 - 2,9 МПа/м^2.

Объёмный вес теплоизоляционного газобетона - 200 - 350 кг/м^3, при этом теплопроводность материала лежит в диапазоне от 0,055 до 07 Вт/(м°С).

В условиях стройки можно получать марки: D 200, D 300, D 400, D 500,. D600, D 700.

Полученные изделия легко обрабатываются, пилятся, надёжно удерживают анкеры, не требует дополнительной обработки поверхностей штукатурными растворами, поверхность готова к отделке. На фотографиях представлены образцы продукции, получаемой по разработанной технологии.







СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

Технология производства неавтоклавного газобетона расширена для производства крупногабаритных стеновых блоков и панелей на строительной площадке. Изготовление на стройке и сборка конструкции дома позволяет существенно сократить стоимость строительных работ.

Оптимальным являются конструкции с объёмным весом 180-320кг/м^3, теплопроводностью в диапазоне 0,045 -0,065Вт/(м К) и прочностными характеристиками 1,2 – 3,0 Мпа/м^2.

Для умеренного климата достаточна толщина наружных стен 250 мм, что соответствует требованиям СНиПа по теплозащите и снижает затраты на 30% за счет экономии материалов и быстроты сборки. Лёгкий вес блоков, панелей и других конструктивных элементов сокращает трудозатраты, мощность подъёмных механизмов. Дополнительными факторами, снижающими стоимость, является уменьшение расхода металла и безотходность производства. Еще одним важным свойством является применимость изделий к вторичному использованию при переработке. Расширяют диапазон применения такие изделия как готовые кровельные маты для устройства уклонов кровли с армирующим и гидроизоляционным слоем, элементы тёплых полов, элементы утепления фундаментов и дорожного полотна и многое другое. Изделия из этого материала в 3 раза экономнее матов из пеностекла.




Монолитная заливка газобетона еще одно применение, использующее приготовление материала прямо на строительной площадке, приводит к экономии на авто транспорте, погрузочных, разгрузочных работах, производственных издержках по содержанию завода управления. Стена не требует оштукатуривания и сразу готова под отделку. Свойства и цена делает материал выгодным для применение в жилищном и дорожном строительстве. Термо- газобетон классифицируется как **сверхлегкие бетоны.** Гвоздится, прекрасно держит анкер, пилится. Сертификат соответствия на продукцию.



УДК 658.567.1:691.4

ЖИДКОЕ СТЕКЛО КАК ВЯЖУЩЕЕ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

В.А. Полубояров[1,2], З.А. Коротаева[1], Е.В. Волоскова[1],
А.А. Жданок[1], В.В. Булгаков[1], К.П. Гусев[2]
[1]ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии
Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск
[2]ФГБОУВО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск

Введение

В России при сжигании твердого топлива – углей, сланцев, торфа – образуется около 25 млн. тонн в год отвалов золошлаковых смесей. Уровень их утилизации в России составляет примерно 8% [1].

Наиболее распространенным направлением переработки золошлаковых отходов (ЗШО) является использование их в технологии строительных материалов в качестве добавок [2].

На основе ЗШО металлургических предприятий и теплоэлектростанций (ТЭС) можно получать гранулированный теплоизолирующий материал – керамзит, где в качестве вяжущего компонента, способного вспучиваться при термообработке, применять жидкое стекло [3-5].

Таким образом, цель данной работы – разработка методики получения керамзита на основе золошлаковых отходов и жидкого стекла; изучение влияния технологических режимов получения на физико-механические свойства керамзита.

Экспериментальная часть

Исходным сырьем для получения керамзита были:

1) зола гидроудаления металлургического предприятия «Завод ферросплавов», г. Новокузнецк;

2) шлак топливный из котельной, работающей на угле Кузнецкого бассейна.

Характеристики ЗШО, использованных для изготовления керамзита, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Свойства золошлаковых материалов

№	Материал	Условное обозначение	Фракционный состав		Удельная поверхность, $м^2/г$	pH
			размер частиц, мм	масс. %		
1	Зола гидроудаления гранулированная	Z1	0.8-0.4	30	27.1	6
			0.4-0.1	65		
			0.1-0.08	4		
			менее 0.08	1		
2	Зола гидроудаления	Z2	менее 0.056	100	22.9	7
5	Зола Z1, подвергнутая МО в течение 30"	Z3	менее 0.056	100	18.1	-
6	Зола Z1, подвергнутая МО в течение 3'	Z4	менее 0.056	100	21.7	-
7	Шлак топливный	SH	менее 0.2	100	79.5	5

В качестве вяжущего был выбран водный раствор силиката натрия ($Na_2O{\cdot}nSiO_2{\cdot}mH_2O$, натриевое стекло жидкое) с силикатным модулем (М), т.е. отношением числа молекул диоксида кремния к числу молекул оксида натрия, равным 2.5. Плотность раствора и массовая доля силиката натрия была 1.46 г/см^3 и 30% соответственно.

Механохимическую обработку (МО) золы гидроудаления проводили в центробежно-планетарной мельнице-активаторе АГО-2. Шлак механохимической обработке не подвергали в виду его высокой удельной поверхности (табл.1).

Фракционный состав золошлаковых отходов определяли по массам фракций, оставшихся на ситах с ячейкой соответствующего размера (табл. 1).

Удельную поверхность исходных и обработанных материалов определяли методом тепловой десорбции аргона (БЭТ) (табл. 1).

Рентгенофазовый анализ (РФА) осуществляли на дифрактометре *ДРОН-4* при следующих условиях: CuK_α-излучение, угол дифракции 2θ изменяли от 10 до 70º и со скоростью 2 град/мин.

Из исходных и механически обработанных порошков золы и шлака изготавливали образцы керамзита по следующей методике:

1) исходные компоненты (золошлаковый наполнитель и жидкое стекло) смешивали и гомогенизировали до тестообразной консистенции. Отношение массы ЗШО к массе жидкого стекла составляло 0.70-1.05 для золы гидроудаления и 0.8 для топливного шлака;

2) формировали шарики диаметром 9-12 мм, которые подвергали предварительной сушке при комнатной температуре (22-24°С) в течение 0, 2 и 48 ч;

3) после предварительной сушки проводили обжиг (вспучивание) при температурах от 300 до 700°С;

4) у полученных образцов керамзита определяли кажущуюся плотность гранул и прочность при раскалывании гранул.

Влажность гранул керамзита определяли их сушкой при температуре 105°С в сушильном шкафу до постоянной массы.

Кажущуюся плотность гранул керамзита определяли весовым методом, т.е. рассчитывали отношение массы гранулы к её объему.

Определение прочности при раскалывании гранул керамзита проводили на гидравлическом лабораторном прессе *ПЛГ-20* по ГОСТ 9758-2012 [6].

Результаты и их обсуждение

По полученным экспериментальным данным установлено, что свойства керамзита на основе ЗШО, варьируются в очень широких пределах: прочность при раскалывании гранул – 8.0-76.8 МПа; кажущаяся плотность гранул – 0.43-1.13 г/см^3 в зависимости от продолжительности предварительной сушки, температуры обжига; продолжительности МО, фракционного и фазового состава. Размер гранул керамзита составил 10-15 мм.

Аналогичными методами были изучены свойства промышленного керамзита, соответствующего ГОСТ 9757-90 [7]: прочность при раскалывании гранул – 42.1-85.2 МПа; кажущаяся плотность гранул – 0.76-1.17 г/см^3. В качестве образца сравнения была выбрана фракция 10-20 мм. Марка данного керамзита по насыпной плотности согласно ГОСТ 9757-90 составляет 600.

1. Влияние продолжительности предварительной сушки гранул керамзита на их свойства

Таблица 2. Свойства гранул керамзита

	Кажущаяся плотность, г/см^3			Прочность при раскалывании, МПа		
Продолжительность предварительной сушки, ч / Вид ЗШО	0	2	48	0	2	48
Z1	0.82±0.01	0.94±0.15	1.13±0.25	11.6±0.5	12.4±0.5	16.2±0.6
Z2	0.44±0.01	0.43±0.01	0.76±0.02	18.6±0.7	9.9±0.4	45.6±1.8
Z3	0.54±0.01	0.69±0.02	0.67±0.02	15.0±0.6	21.7±0.9	38.3±1.5
Z4	0.94±0.15	0.92±0.02	0.91±0.03	12.8±0.5	13.9±0.6	28.1±1.1
SH	0.50±0.01	0.60±0.01	0.68±0.15	26.2±1.0	26.0±1.0	50.6±2.0
Керамзит ГОСТ 9757-90	0.97±0.21			63.7±21.6		

Из табл. 2 видно, что кажущаяся плотность керамзитовых гранул из золы гидроудаления, подвергнутых обжигу без предварительной сушки и после 2 ч предварительной сушки, находится в пределах 0.40-0.60 г/см^3. Плотность гранул керамзита, подвергнутых обжигу после предварительной сушки в течение 48 ч, примерно в 2 раза больше и составляет 0.78 г/см^3. Такая же закономерность наблюдается и в изменении прочности. Наименьшей прочностью при раскалывании (10-20 МПа) обладают гранулы керамзита, полученные обжигом сырцовых гранул после 0 и 2 ч предварительной сушки. Прочность гранул керамзита, обожжённых после предварительной сушки в течение 48 ч, составляет 35.2-46.5 МПа.

Аналогичные зависимости свойств (кажущаяся плотность, прочность при раскалывании) от времени предварительной сушки имеют гранулы керамзита и на основе топливного шлака (табл. 2).

Различная плотность и прочность гранул керамзита, подвергнутых обжигу, после 0, 2 и 48 ч предварительной сушки объясняется различной морфологией гранул (рис. 1).

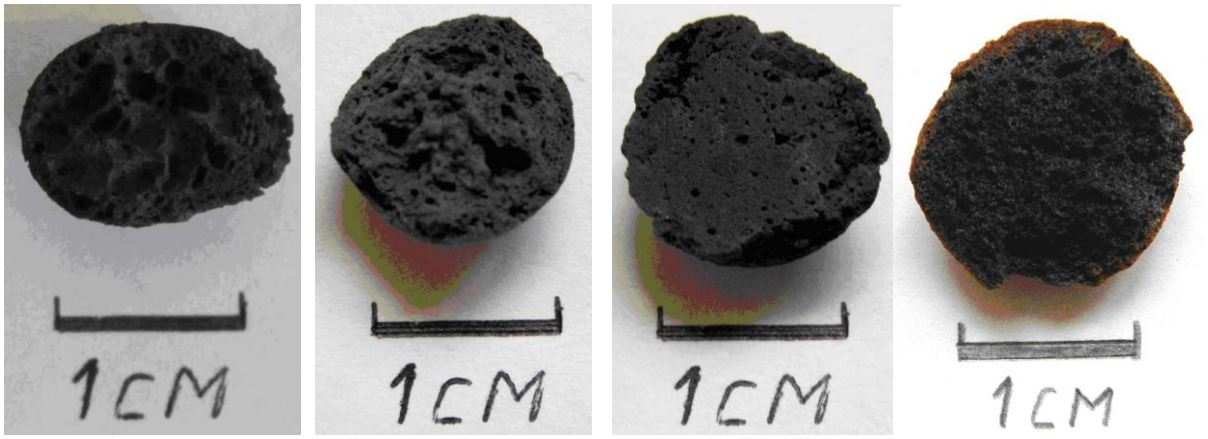
Как видно (рис. 1а), морфология сколов керамзита, полученного обжигом сырцовых гранул без предварительной сушки, отличается большим количеством крупных пор, распределенных по всему объему гранулы, и практически отсутствием поверхностной «корки».

На сколах гранул, полученных обжигом после предварительной сушки в течение 2 ч, наблюдаются крупные поры в центре, а в приповерхностном слое – мелкие (рис. 1б). Такая внутренняя структура керамзита не является однородной, что может быть причиной их невысокой прочности (табл. 2).

В процессе обжига гранул керамзита после длительной предварительной сушки (в течение 48 ч) образуется большое количество мелких пор, а крупные поры могут присутствовать в самом центре гранулы (рис. 1в). Мелкопористая структура является более плотной и однородной. Этим, скорее всего, и объясняется высокая прочность гранул керамзита, подвергнутых обжигу после продолжительной предварительной сушки (табл. 2).

Аналогичное изменение морфологии от продолжительности предварительной сушки наблюдается и на сколах гранул керамзита, полученных на основе других ЗШО (табл. 1) и силиката натрия.

Мелкопористая структура, которая получается обжигом гранул керамзита после продолжительной их сушки в течение 48 ч, аналогична структуре керамзита промышленного производства (рис. 1г). При этом керамзит, полученный на основе ЗШО и жидкого стекла, и керамзит промышленного производства имеют схожие свойства (табл. 2).



а *б* *в* *г*

Рис. 1. Сколы гранул керамзита на основе золы (Z1) и силиката натрия, полученного обжигом при 300°С, после предварительной сушки в течение: а – 0 ч; б – 2 ч; в – 48 ч и (г) гранул керамзита промышленного изготовления.

Повышение прочности гранул керамзита в процессе предварительной сушки и обжига может быть связано с протеканием химических реакций при этом.

С помощью РФА было установлено, что в процессе предварительной сушки происходит увеличение интенсивности рефлекса при 2θ = 35.8 град, соответствующего кристаллической фазе силиката натрия $Na_2Si_2O_5$. Количество образовавшегося силиката натрия пропорционально продолжительности предварительной сушки.

Увеличение интенсивности рефлекса, соответствующего фазе силиката натрия, наблюдается на дифрактограммах керамзита на основе зол гидроудаления, представленных в табл. 1 (Z1-Z4).

С помощью РФА установили, что в процессе предварительной сушки гранул керамзита на основе топливного шлака кислотный оксид кремния (IV) вступает во взаимодействие с жидким стеклом. Это подтверждается уменьшением интенсивностей рефлексов на дифрактограммах при 2θ = 26.8 и 21.28 град.

Таким образом, при получении керамзита на основе ЗШО, протекают химические реакции между основными компонентами ЗШО (в основном SiO_2 и его водными формами) и жидким стеклом.

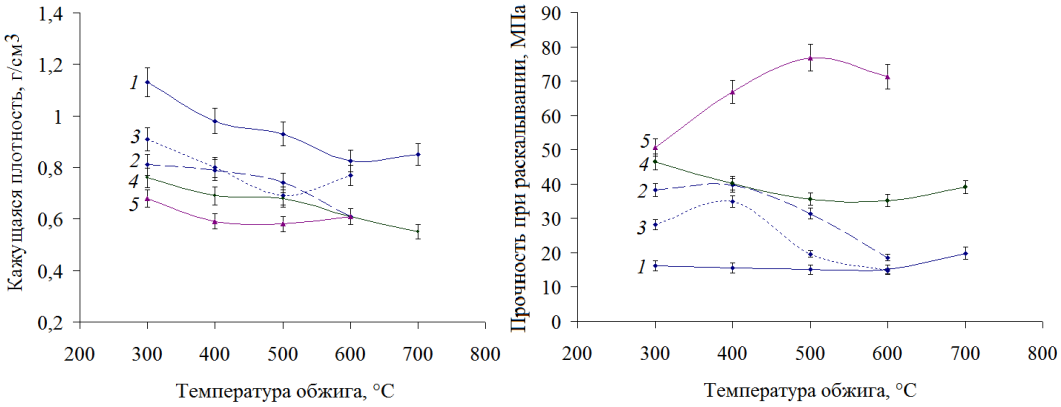
Подтверждением протекания химических реакций между компонентами ЗШО и жидким стеклом является ожижение смеси, которое наблюдали во всех случаях получения керамзита, что, скорее всего, является результатом реакции нейтрализации (применяемые ЗШО имеют слабокислый характер (табл. 1), а жидкое стекло – щелочной). Образующаяся при этом вода способствует более медленной сушке гранул, т.к. после 2 ч предварительной сушки влажность гранул незначительно отличается от влажности свежескатанных гранул.

Таким образом, кажущаяся плотность и прочность при раскалывании гранул керамзита зависит от продолжительности предварительной сушки гранул керамзита перед термической обработкой. При этом гранулы керамзита на основе ЗШО и силиката натрия, полученные обжигом после продолжительной предварительной сушки, имеют мелкопористую структуру аналогичную гранулам керамзита

промышленного производства. В процессе предварительной сушки и последующим обжигом гранул протекает химическая реакция между основными компонентами ЗШО и жидкого стекла.

2. Влияние температуры обжига гранул керамзита на их свойства

Зависимости влияния температуры обжига на изменение кажущейся плотности и прочности при раскалывании гранул керамзита (после предварительной сушки в течение 48 ч) представлены на рис. 2.



а *б*

Рис. 2. Зависимости кажущейся плотности (*а*) и прочности при раскалывании (*б*) гранул керамзита на основе: *1* – Z1; *2* – Z3; *3* – Z4; *4* – Z2; *5* – SH и жидкого стекла от температуры обжига

При увеличении температуры обжига с 300 до 700°С происходит уменьшение плотности керамзита (рис. 2а) на основе всех исследованных ЗШО (табл. 1).

В случае керамзита на основе Z1 и Z2 повышение температуры обжига гранул керамзита способствует понижению прочности при раскалывании (рис. 2б, кривые 1 и 2).

Керамзит на основе зол Z3, Z4 и топливного шлака SH (табл. 1) отличается экстремальным поведением зависимости прочности при раскалывании гранул от температуры обжига. Максимумы прочности при раскалывании гранул керамзита наблюдаются при температуре обжига 400°С (рис. 2б, кривые 2 и 3). Гранулы керамзита на основе шлака SH имеют экстремум прочности, равный 76.8 МПа (рис. 2б, кривая 5), после обжига при температуре 500°С.

На дифрактограммах керамзита из зол гидроудаления (табл. 1) при увеличении температуры обжига гранул наблюдали уменьшение интенсивности гало, соответствующего аморфным формам оксида кремния (IV). После обжига при температуре 700°С появляется новая кристаллическая фаза кристобалита состава SiO_2. Проведя анализ данных, установили, что образование кристаллической фазы не способствует повышению прочности при раскалывании гранул керамзита на основе применяемых зол.

При повышении температуры обжига до 600°С гранул керамзита на основе топливного шлака способствует формированию кристаллической фазы оксида кремния (IV) и уменьшению его аморфных видов. Такие выводы сделаны на основе данных РФА.

Проведя анализ данных было замечено, что образование кристаллической фазы оксида кремния (IV) в процессе обжига (600°С) способствует формированию гранул керамзита с высокой прочностью при раскалывании (рис. 2, кривая 5).

Таким образом, кажущаяся плотность и прочность гранул керамзита зависит от температуры обжига. При повышении температуры обжига формируются различные по кристалличности кремнийсодержащие фазы.

3. Влияние фракционного состава (дисперсности) ЗШО на свойства керамзита

Как видно из табл. 2 кажущаяся плотность гранул керамзита, полученных из золы с более крупными частицами (Z1, табл. 2), выше практически в 2 раза, чем у керамзита, полученного из мелкодисперсной золы (Z2, табл. 2), при одинаковых условиях. А прочность наоборот – ниже (табл. 2). Такое соотношение свойств сохраняется и при других температурах обжига сырцовых гранул (рис. 2, кривые 1 и 4).

Это является вполне естественным, т.к. мелкие частицы (у золы Z2) обладают лучшей реологией и в процессе обжига такой материал является более эластичным. Вследствие этого при термообработке он способен увеличивать свой объем больше, а, следовательно, гранулы керамзита имеют меньшую плотность (табл. 2, Z1 и Z2).

Высокая прочность гранул керамзита из мелкодисперсной золы Z2 объясняется тем, что частицы дисперсной фазы меньшего размера укладываются более плотно друг относительно друга и имеют больше точек контакта. Следовательно, прочность такого материал выше почти в 3 раза: 16.0 МПа для Z1 и 45.6 МПа – Z2 (табл. 2).

Аналогично объясняется высокая прочность гранул керамзита на основе топливного шлака SH.

Таким образом, прочность гранул керамзита зависит от дисперсного состава ЗШО: чем меньше размер частиц, тем ниже кажущаяся плотность гранул керамзита и выше их прочность при раскалывании.

4. Влияние механохимической обработки ЗШО на свойства керамзита

Зола, подвергнутая механохимической обработке в течение 30 секунд (Z3), имеет наименьшую удельную поверхность (табл. 1). Но гранулы керамзита на её основе обладают наибольшей прочностью (39.6 МПа) при прочих равных условиях. Зола, подвергнутая механохимической обработке в течение 3 минут (Z4), имеет удельную поверхность немного выше, чем у золы Z3 (табл. 1). Однако, прочность гранул керамзита на основе золы Z4 не превышает 34.9 МПа. Исходная зола гидроудаления Z1 имеет наибольшую удельную поверхность, но прочность гранул керамзита на её основе не выше 19.8 МПа (рис. 2б, кривая 1).

Такая зависимость повышения прочности гранул керамзита при уменьшении удельной поверхности золы на основе, которой они изготовлены, может быть связана с уменьшением размеров кристаллических фаз и аморфизацией компонентов золы в процессе МО, что подтверждается данными РФА.

Повышение прочности гранул керамзита на основе зол, подвергнутых МО, может быть связано с более полным протеканием реакции между компонентами золы и жидким стеклом, а также с формированием новых аморфных фаз кремнезема, которые не наблюдаются на дифрактограммах керамзита на основе Z1 и Z2.

Таким образом выявлено, что МО золы гидроудаления влияет не только на физические свойства керамзита на ее основе, но и на его фазовый состав.

Заключение

1. Показано, что физико-механические свойства керамзита можно варьировать в широких пределах, изменяя технологические условия его получения: продолжительность предварительной сушки гранул, температуру обжига, дисперсность и продолжительность механохимической обработки золошлаковых отходов.

2. Установлено, что полученный керамзит на основе золошлаковых отходов не уступает по прочностным показателям промышленному керамзиту, соответствующего ГОСТ 9757-90, и имеет аналогичную мелкопористую структуру.

3. Показано, при получении керамзита на основе золошлаковых отходов и жидкого стекла в процессе предварительной сушки и последующего обжига протекают химические реакции между компонентами золошлаковых отходов и жидкого стекла, а также фазовые превращения.

Литература

1. Новоселова О.А., Целыковский Ю.К. Образование и накопление золошлаковых отходов на тепловых угольных электростанциях Российской Федерации // «ALITInform» международное аналитическое обозрение. 2013. №1. С. 68.
2. Бернацкий А.Ф., Себелев И.М. Области применения золошлаковых отходов в строительной отрасли // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №1. С. 25-32.
3. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. 368 с.
4. Денисов Д.Ю., Абдрахимов В.З. К вопросу использования жидкостекольных композиций в производстве теплоизоляционных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. №11. С. 32-37.
5. Абдрахимов В.З., Семенычев В.К., Ковков И.В., Денисов Д.Ю., Куликов В.А., Вдовина Е.В. Использование жидкого стекла и техногенного сырья в производстве огнеупорных водостойких теплоизоляционных материалов // Огнеупоры и техническая керамика. 2011. №3. С. 26-35.
6. ГОСТ 9758-2012. Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014.
7. ГОСТ 9757-90. Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007.

УДК.536.212

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИДКОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ

Таусенев Е.М., Кох К.В., Глущенко Г.А., Свистула А.Е.
Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул

Целью исследования является оценка теплоизолирующей способности жидкого теплоизоляционного полимерного покрытия (ЖТПП). Данный тип теплоизоляции в последнее время широко рекламируется, производится и продается в России под марками «Корунд», «Астратек», «Альфатек», «Броня», «RE-THERM» и др.

Авторы данной статьи занимаются научными исследованиями в области тепловых двигателей и были намерены в определенных целях использовать теплоизоляцию. Стояла проблема выбора теплоизоляционного материала. Получены результаты, которые могут быть полезны в сфере современного малоэтажного домостроения.

Обзор данных о современных теплоизоляционных материалах позволил сделать предварительный выбор в пользу ЖТПП. Этот материал, согласно данных большинства производителей, имеет наименьший коэффициент теплопроводности λ из всех существующих. Однако, в ходе консультаций специалистами, занимающимися энергоаудитом и теплоизоляцией зданий и сооружений, было высказано мнение о том, что данный тип теплоизоляции не обеспечивает заявленной эффективности, т. е. фактический коэффициент теплопроводности λ не соответствует заявленному значению.

Согласно данных производителя, рассматриваемый далее образец ЖТПП имеет коэффициент λ равный 0,023 ± 10 % Вт/(м °С) при 20 ± 5 °С, определенный по ГОСТ 7076-99, имеет температуру эксплуатации в рабочем режиме до + 200 °С, хорошо подходит для поверхностей любой формы и составов, эксплуатируемых в атмосферных условиях, и также обладает другими положительными качествами.

Авторы статьи намеренно не называют производителя исследованного материала и не ссылаются на его документацию, а также не ссылаются на материалы других производителей с целью избежать идентификации производителя исследованного образца. Образец материала был приобретен у официального представителя фирмы-производителя, хранился и использовался в соответствие с рекомендациями производителя.

Материал данного вида, не зависимо от его производителя, позиционируется на рынке как теплоизоляция последнего поколения с широкой областью применения; благодаря своим уникальным свойствам. Согласно данных большинства производителей, материал оказывает ощутимый эффект энергосбережения уже при толщине слоя 10^{-3} м.

Состав рассматриваемого образца ЖТПП следующий: полимерная дисперсия (акриловый полимер на водной основе), функциональные наполнители, ингибирующие, пигментирующие, стабилизирующие, модифицирующие добавки. Количество компонентов на упаковке не указывается.

Анализ информации интернет-сайтов продавцов или производителей вышеуказанных марок жидкой теплоизоляции показывает, что в качестве основного компонента (функционального наполнителя) используют керамические силикатные тонкостенные микросферы в количестве 75 - 85 %. Остальной объём занимают

вспомогательные компоненты материала. Наличие микросфер значительно минимизирует теплообмен в связи с их низкой теплопроводностью.

Керамические силикатные тонкостенные вакуумированные микросферы являются продуктом сжигания углей на энергетическом объекте, размеры таких микросфер – до $5 \cdot 10^{-4}$ м, стенки микросфер – сплошные, непористые. Газовая фаза, законсервированная внутри микросфер, состоит в основном из азота, кислорода и оксида углерода и является продуктами сгорания углей. Теплопроводность микросферы зависит от диаметра, толщины и теплопроводности материала стенок микросферы, от степени разряжения внутри микросферы. Для керамической микросферы по разным данным коэффициент λ может составлять от 0,06 до 0,00083 Вт/(м ·°С) [1, 4].

Коэффициент λ газовой фазы микросферы при нормальных условиях (без разряжения) приближенно равен коэффициенту λ воздуха при нормальных условиях и составляет 0,023 - 0,026 Вт/(м ·°С). Это объясняется тем, что состав газовой фазы схож с составом воздуха.

Заявленный коэффициент λ для ЖТПП одних производителей составляет от 0,023 до 0,1 Вт/(м ·°С) при 20 °С, полученный по ГОСТ 7076-99 или расчетным путём; некоторые производители указывают некий «результирующий коэффициент теплопроводности» равный 0,0012 Вт/(м ·°С) при 20 °С наряду с указанием λ по ГОСТ 7076-99 в указанных пределах.

Диапазон оценки значения λ для ЖТПП по результатам исследований и анализа опубликованных данных других авторов составляет 0,03 – 0,05 Вт/(м ·°С) [3]. Рекордно низкое значение λ равное 0,0012 Вт/(м ·°С) при исследованиях не обнаружено.

В источнике [3] высказывается предположение о том, что значительный диапазон коэффициента λ для ЖТПП может быть связан с различием методик его определения. В связи с этим, разработана универсальная методика определения коэффициента λ для различных теплоизоляционных материалов, в том числе и тонкопленочных, с использованием образцов с цилиндрической поверхностью [4].

Независимо от методики, теплопроводность ЖТПП зависит от функционального наполнителя в объёме жидкой теплоизоляции, т.е. микросфер и их теплопроводности. Остальные компоненты материала имеют заведомо большую теплопроводность и меньший объём в составе ЖТПП. Анализируя диапазон изменения заявленного коэффициента λ для ЖТПП, можно сделать вывод о том, что производители используют микросферы, различающиеся по теплопроводности, и (или) используют различное содержание микросфер в материале.

Имеются исследования, подтверждающие влияние на λ для ЖТПП газовой среды, концентрации микросфер и их размеров. При толщине покрытия $8{,}8\ 10^{-4}$ м и температуре 60 °С: для покрытия с вакуумированными микросферами λ составил 0,028 Вт/(м ·°С), для покрытия с газонаполненными микросферами λ равен 0,140 Вт/(м ·°С). Концентрация микросфер 85 % является максимально возможной, при этом обеспечивается необходимая адгезия и максимальная теплоизолирующая способность. Влияние связующих материалов на λ несущественно. При исследовании теплоизолирующей способности в зависимости от диаметра микросфер наилучший результат в диапазоне диаметров от 0 до $2 \cdot 10^{-4}$ м получен при значении $7 \cdot 10^{-5}$ м [3].

Вероятно, производители ЖТПП могут удешевлять стоимость своей товарной продукции за счёт использования более дешевых толстостенных газонаполненных (невакуумированных) микросфер и уменьшения их количества в материале. Фактический коэффициент λ не будет соответствовать заявленному значению, при

этом рядовой потребитель этого не заметит. Т.е. нельзя говорить о фиксированном значении λ для ЖТПП и делать выбор в пользу этого материала только на основании данных производителя.

Для обеспечения оценки теплоизолирующей способности ЖТПП некоторого производителя авторами представленного исследования были выбраны и другие образцы материалов, для которых значения λ, заявленные производителем, имеют меньший диапазон колебаний и вызывают большее доверие. Например, вспененный полиэтилен имеет значение λ в пределах 0,031-0,037 Вт/(м ·°С) [2], для пенополиуретана λ равен 0,022-0,032 Вт/(м ·°С) в зависимости от технологии производства [6].

Оценка теплоизолирующей способности материалов проведена путем сравнения кривых охлаждения воды, заключенной в сосуд из силикатного стекла с крышкой, покрытый теплоизоляцией. Эта методика позволит, не определяя фактические коэффициенты λ исследуемых образцов, выяснить какой из них имеет лучшую теплоизолирующую способность. Методика определения коэффициента λ требует наличия специального оборудования. Кривая охлаждения показывает, сколько градусов температуры потеряет жидкость при движении за время t в трубопроводе или находясь сосуде. Для реализации методики потребуется несложное лабораторное оборудование и средства измерений.

Исследовалось 9 вариантов теплоизоляции: №1 – без теплоизоляции; №2 - слой ЖТПП толщиной $1 \cdot 10^{-3}$ м; №3 - слой ЖТПП толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м; №4 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м с фольгой, обращенной внутрь сосуда; №5 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м и фольгой снаружи и внутри; №6 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м; №7 – вспененный закрытоячеистый полиэтилен толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м и фольгой снаружи; №8 – самоклеящаяся фольга; №9 – слой пенополиуретана толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м, полученный методом заливки, с двумя слоями фольги снаружи и внутри.

В нашем исследовании несколько образцов теплоизоляции содержат полированную алюминиевую фольгу, которая, благодаря своим свойствам [5], используется как отражающий слой, что уменьшает лучистый теплообмен. По литературным данным коэффициентом теплового отражения фольги не менее 0,97.

Начальная температура воды равнялась 94,5 °С. Температура T_o воздуха в помещении поддерживалась на уровне 22 °С, обеспечивалось отсутствие сквозняков. Измерения температур выполнялись с точностью ± 1 °С, времени - с точностью ± 1 с.

Результаты экспериментального исследования материалов сведены в таблицу.

Таблица. Результаты экспериментального исследования.

Время, t, 10^3 с	Температура воды в сосуде, $T_в$, °С								
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
0	94,5								
1,2	76,0	78,5	82,0	85	86	83	84,5	83	87
1,8	69,0	73,0	77,0	81	82	78	80,5	78	84
2,4	62,0	67,0	72,0	76	78,5	74	77	73	80,5
3,3	56,0	60,5	66,5	71,5	74	68,5	72	67,5	76,5
4,2	51,0	55,5	62,0	67	70	63,5	67,5	62,5	74
5,1	46,5	51,0	57,5	64	67	59,5	64	58,5	71
6,0	43,0	47,5	53,0	61	63,5	56	61,5	54,5	67
Темп. Охл. m	**0,142**	0,120	0,097	0,071	0,064	0,087	0,069	0,092	**0,055**

Анализ таблицы производим по значению параметра m, который характеризует скорость охлаждения воды в сосуде и является безразмерной величиной. Чем больше значение m, тем хуже теплоизолирующее свойство материала. Темп охлаждения m рассчитывается по формуле:

$$m = -\frac{\ln T_H - \ln T_K}{\ln t_H - \ln t_K},$$

где: m – температура охлаждения;

T_H – избыточная температура в начале охлаждения,°C;

T_K – избыточная температура в конце охлаждения, °C;

t_H – время в начале охлаждения, с;

t_K – время в конце охлаждения, с.

Избыточная температура рассчитывается как разность между температурами $T_в$ воды в сосуде и T_o воздуха в помещении.

Из таблицы видно, что вариант №3 с ЖТПП имеет теплоизолирующее свойство хуже, чем вариант №6 со вспененным полиэтиленом при прочих равных условиях. Значит, коэффициент λ для исследованного образца ЖТПП не соответствует заявленному, 0,023 Вт/(м ·°C), и превышает λ вспененного полиэтилена равному 0,031-0,037 Вт/(м ·°C). Вариант №8 (самоклеящаяся алюминиевая фольга) теплоизолирует лучше, чем вариант №3 (слой ЖТПП толщиной $8 \cdot 10^{-3}$ м).

Также выявлено, что ЖТПП разрушается при попадании воды; материал после нанесения слоя толщиной $5 \cdot 10^{-4}$ м на поверхность требует сушки в течение 24 ч. Требуется значительное время для получения ЖТПП окончательной толщины. Лучший результат получен на образце с пенополиуретаном (вариант №9) и двумя отражающими слоями фольги. Наличие отражающих слоёв производит заметный эффект. Результаты исследования могут быть использованы в области теплоизоляции стен зданий, сооружений и трубопроводных коммуникаций.

Литература

1. Алюмосиликатные микросферы (тонкостенные, керамические). Основные характеристики и отличительные особенности // inoteck.net: сайт группы компаний Инотэк. – 2014. URL. http://inoteck.net/keramicheskaya_mikrosfer (дата обращения: 02.04.2014).
2. Изолон пенополиэтилен. Физические свойства // isolon-trade.ru: сайт компании ООО «Изолон-Трейд». – 2011. URL. http://www.isolon-trade.ru/catalog/detail.php?ELEMENT_ID=43 (дата обращения: 02.04.2014).
3. Рыженков В.А. Влияние характеристик микросфер и связующего вещества на теплопроводность тонкопленочных тонкопленочных теплоизоляционных покрытий / А.Ф. Прищепов, Н.А. Логинова, А.П. Кондратьев // Надежность и безопасность энергетики. - 2010. - № 10. - С. 28-30.
4. Теплоизоляционные материалы торговой марки «ТЕРМОСИЛАТ»//hermo-house.com: сайт компании «Термохаус». – 2011. URL. http://thermo-house.com/teploizolyacziya/163-teploizolyaczionnye-materialy-torgovoj-marki-ltermosilatr.html (дата обращения: 02.04.2014).
5. Фольгированный материал Армофол //plastex.ru: сайт компании ЗАО "Пластэкс". - 2014. URL. http://www.plastex.ru/catalog/armofol/ (дата обращения: 02.04.2014).
6. Теплоизоляционные материалы Elastopor® H. Пенополиуретановая изоляция труб // basf.ru: сайт химической компании BASF. – 2014. URL. http://www.basf.ru/ecp2/Business_Segments_products_and_markets_russia/PU_pipe_insulation (дата обращения: 02.04.2014).

УДК 691.31:691.33

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМООБРАБОТКИ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ

Титов М.М., Борисов И.А.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск

Ключевые слова: зимнее бетонирование, сборно-монолитный каркас, расчет трехмерных узлов, прогрев, охлаждение.

Наиболее прогрессивной конструктивно-технологической строительной системой для каркасных зданий на сегодняшний день является сборно-монолитная конструкция каркаса, исключающая опалубочные работы как таковые. Применение ее в загородном малоэтажном (2-3 этажа) строительстве позволяет резко сократить трудозатраты на возведение каркаса здания, а значит и стоимость, сроки и в совокупности с возможностями свободной планировки помещений практически не имеет конкурентов.

Узким местом этой прогрессивной системы является набор прочности бетона в зимний период, т.к. строительство обязательно должно быть круглогодичным. Однако все имеющееся на сегодня в распоряжении строителей нормативные и рекомендательные документы по электротермообработке бетона в зимнее время не позволяют решить эту задачу в виду очень большого модуля поверхности бетонируемых конструкций и отсутствия достоверных методов расчета тепловых и электрических задач технологии. Особенно это касается наиболее ответственного узла сборно-монолитного каркаса – сопряжение сборно-монолитной плиты перекрытия со сборно-монолитным участком колонны, где происходят сложные трехмерные теплообменные процессы всеми тремя способами теплопередачи – теплопроводностью, конвекцией, лучистикой. Аналитическое решение подобных задач возможно лишь для простейших геометрий и крайне затруднительно для реальных производственных форм. Проблему можно решить, лишь используя современные программные продукты, позволяющие решать подобные задачи для любых типов трехмерных узлов. В качестве иллюстрации рассмотрим следующий пример.

Рассмотрим узел сопряжения плиты и колонны в сборно-монолитном здании (рис. 1):

Для расчета приняли 1/4 узла со следующими размерами элементов: железобетонная колонна произвольной длины с сечением 400 на 400 мм, железобетонная плита произвольной длины и ширины с толщиной 200 мм.

Зададимся следующими условиями: температура окружающей среды равна -20 ºС, начальная температура бетона плиты +10ºС, коэффициент конвективной теплоотдачи равен 20 Вт/м^2·ºС.

Рассмотрим два варианта расчета:

1) Остывание бетона плиты до температуры окружающей среды;

2) Прогрев плиты с двух сторон мощностью 100 Вт/м^2, прогрев узла с двух сторон мощностью 200 Вт/м^2

Остывание бетона плиты до температуры окружающей среды:

Теплоотдача будет происходить через верхнюю и нижнюю грани плиты и через две грани колонны (рис. 2).

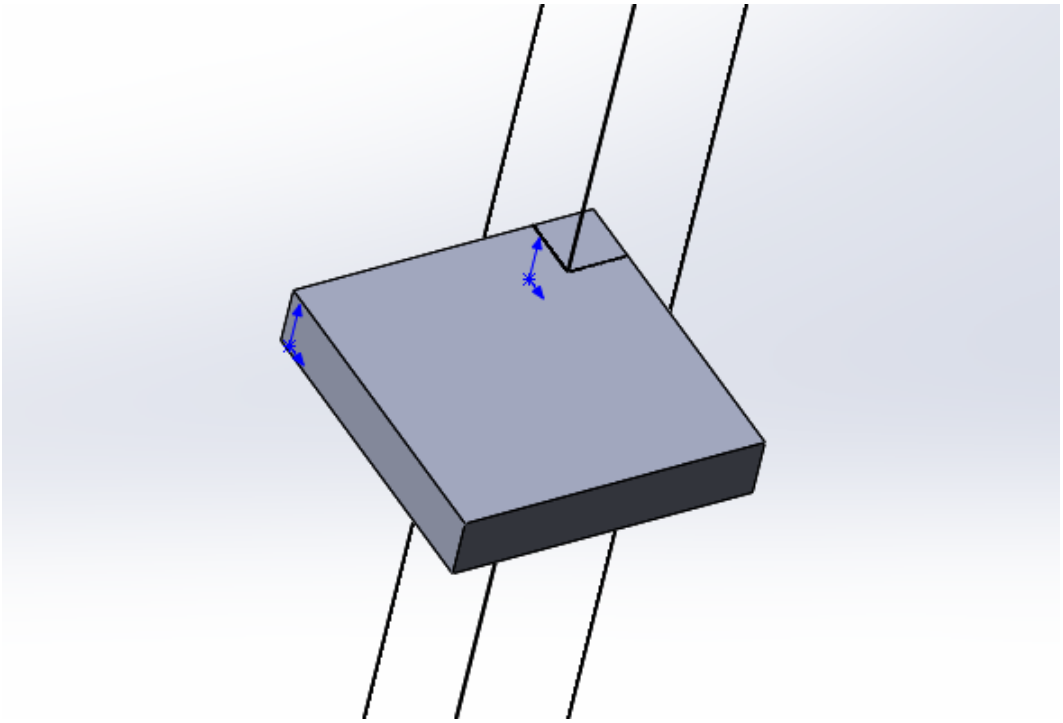


Рис. 1: Узел сопряжения плиты и колонны в сборно-монолитном здании.

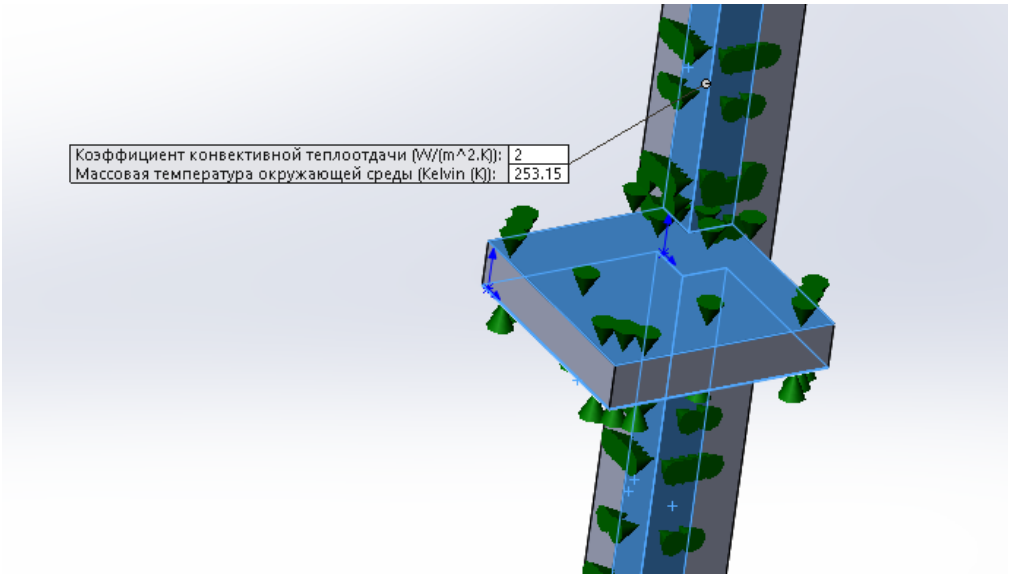


Рис. 2. Схема расположения поверхностей, через которые происходит теплоотдача.

В результате расчета получим следующую модель охлаждения узла. Построим графики охлаждения плиты (рис. 3, 4):

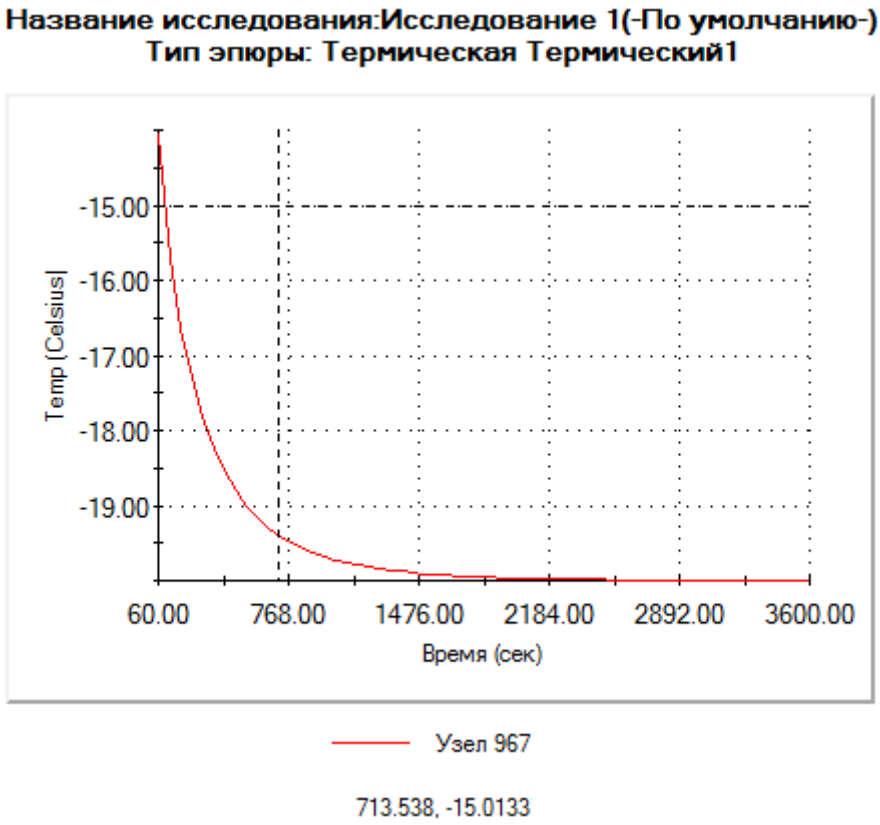


Рис. 3. График охлаждения плиты в колонне.



Рис. 4. График охлаждения плиты перекрытия.

Прогрев плиты и узла заданной мощностью:
Схема теплоотдачи (рис. 2).

В результате расчета получим следующую модель прогрева узла Построим графики охлаждения плиты перекрытия (рис. 5, 6):

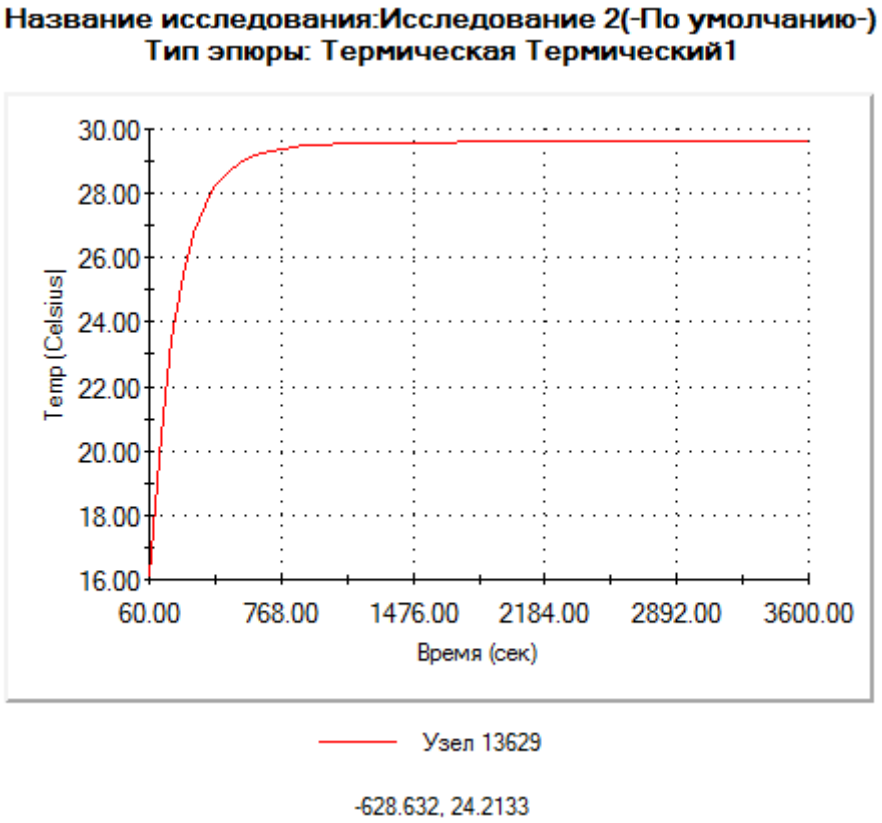


Рис. 5. График прогрева плиты перекрытия.

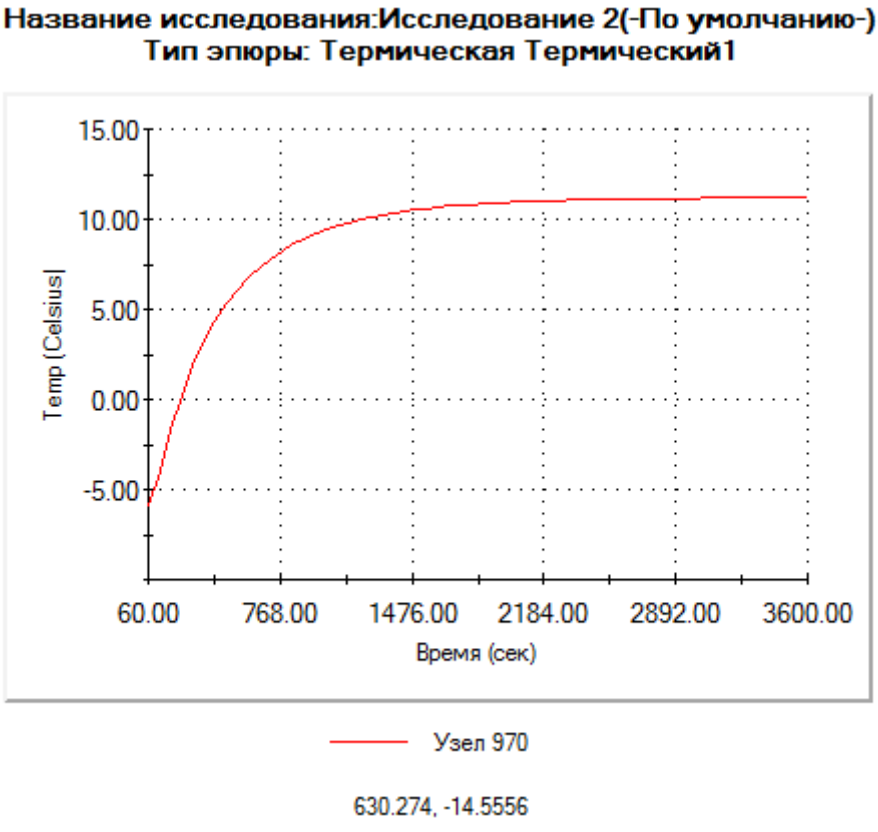


Рис. 6. График прогрева плиты в колоне.

Проанализируем полученные результаты:

1) В случае если начальная температура бетонной смеси +10 при температуре воздуха -20, то, как следует из расчетов (рис. 3, рис. 4), остывание смеси происходит за считанные минуты и уже через 15 минут опускается до температуры наружного воздуха на контакте со старым бетоном, что неприемлемо.

2) При прогреве монолитной плиты сверху и снизу плоским источником тепла мощностью 100 Вт/м^2 и плиты в сечении колонны мощностью 200 Вт/м^2 получены графики температур в центре плиты (рис. 5 и 6) . Вполне приемлемы для реализации их имеющимися техническими средствами в распоряжении строителей.

Таким образом, показана принципиальная возможность организации производства зимнего бетонирования сборно-монолитных узлов каркасных зданий, что позволяет получать гарантировано требуемую СНиПом прочность бетона в стыках как на стадии проектирования технологических процессов, так и непосредственно в самом производстве.

Литература

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 192 с.
2. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. / Под ред. Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумяна, А.И. Звездова. – М.: НИИЖБ, 2005. – 275 с.
3. ГОСТ 26633-12 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые»

УДК. 691.31:691.33

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ ПОЛИКАРБОКСИЛАТОВ СОВМЕСТНО С ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКОЙ БЕТОНА

М.М. Титов, Шульгин Д.В.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск

Ключевые слова: гиперпластификаторы, поликарбоксилаты, зимнее бетонирование, интенсификация твердения бетона, пластификаторы, добавки в бетон

В статье показана актуальность совместного применения методов тепловой обработки бетонной смеси и применения химических добавок на основе эфиров поликарбоксилатов. Проведен ряд экспериментов в этой области для получения достоверных данных с применением бетона класса В22,5П4.

Развитие монолитного строительства малоэтажных загородных зданий выявило ряд трудностей, которые вызваны спецификой климатических условий и отсутствием на месте строительства требуемой электрической мощности и большого опыта по применению современных прогревных технологий бетона. Это приводит и к низкому качеству возводимых объектов и даже к авариям, а также к повышенным затратам средств и труда. Твердение бетона - технологический процесс, который в значительной степени влияет на сроки производства не только бетонных работ, но и вообще на сроки возведения зданий и инженерных сооружений. Поскольку в современном строительстве сроки возведения объектов имеют первостепенное значение, то без интенсификации твердения бетона обойтись невозможно. Для нашей страны это особенно важно, поскольку холодное время года в разных районах составляет от 3 до 10 месяцев; при низких же положительных температурах бетон твердеет крайне медленно, а при преждевременном его замораживании качество и долговечность возводимых конструкций резко падают. Именно поэтому в отечественной и зарубежной практике прибегают к применению различных методов ускорения твердения бетона до достижения им требуемых структурных характеристик. Наиболее действенным из них является термообработка бетона.

Длительность прогрева зависит от многих параметров и главным из них является требуемая распалубочная прочность бетона, нормируемая СНиП [1, табл.3 и 8] в зависимости от вида конструкции. Прогноз прочности бетона в зависимости от температуры и длительности его выдерживания при этой температуре (при положительной температуре) может осуществляться по графикам, приведенным в [2, рис.5.5] для бетонов класса В25-В30 на портландцементе марки 500. На этих графиках приведен процесс нарастания прочности бетона во времени при его температурах от 0 до 60 С. Естественно, что ускорить твердение бетона становится весьма важным не только при возведении объектов в холодное время года, но и в летний период.

Эта задача в полной мере не может быть успешно решена без использования в технологии бетона химических добавок, среди которых в настоящее время на первое место выходят добавки на основе поликарбоксилатов, обладающие специфическим воздействием на структуру и свойства бетонов.

Для установления влияния условий твердения бетонного раствора на эффективность модифицирующего эффекта поликарбоксилатной добавки проведены специальные исследования, сущность которых заключается в следующем.

Изготавливались бетонные кубики размером 10х10х10 см из бетонной смеси составом: Ц=346 кг/м^3, П=782 кг/м^3, Щ=1100 кг/м^3, В=175 кг/м^3, Pontarhit=29 кг/м^3. Часть образцов хранили 28 суток в нормально-влажностных условиях, часть образцов подвергали тепловлажностной обработке при температурах 40^{o}С, 50 ^{o}С, 60 ^{o}С. В эксперименте применялся портландцемент Искитимского завода ЦЕМ I 42,5Н ГОСТ 31108-2003.

Результаты экспериментальных исследований приведены на (рис. 1). За 100% прочности принят показатель $R_{28}^{тр}$ для бетона класса В22,5. [3]

Тепловлажностная обработка проводилась по следующему режиму: 2 часа выдержка изделий, 3 часа – изотермический подъем до необходимой температуры, 24 часа (72 часа)– изотермический прогрев, 2 часа – охлаждение.

По результатам исследований выявлено, что прочность при сжатии бетона с поликарбоксилатной добавкой Pontarhit при ТВО в зависимости от температуры прогрева увеличивается: в возрасте 1 суток – на 35-60%; 3 суток –на 35-45%; 28 суток - 30 – 40%. Таким образом при прогреве бетона при температуре 50 ^{o}С уже через сутки получаем бетон с 70% прочности от $R_{тр}$, а через 3 суток – 120% прочности. Показатель 100% от $R_{тр}$ достигается через 1,75 суток.

Повышение прочности на всех сроках твердения обусловлено тем, что при использовании гиперпластификаторов формируются кристаллические новообразования значительно меньшей дисперсности, чем без него, что влияет на прочностные показатели бетона [4].

Исследования проводились в сотрудничестве с лабораторным отделом завода ЖБИ-12. В качестве рабочего состава взят наиболее востребованный состав товарного бетона, что обуславливает особую актуальность полученных данных для работ в условиях строительной площадки. Для этого результаты исследований представляются в виде графика зависимости прочности бетона от градусо-часов (рис. 2). Подобные графики часто применяются для принятия технологических решений, например, длительности прогрева и выдерживания конструкции в опалубке.

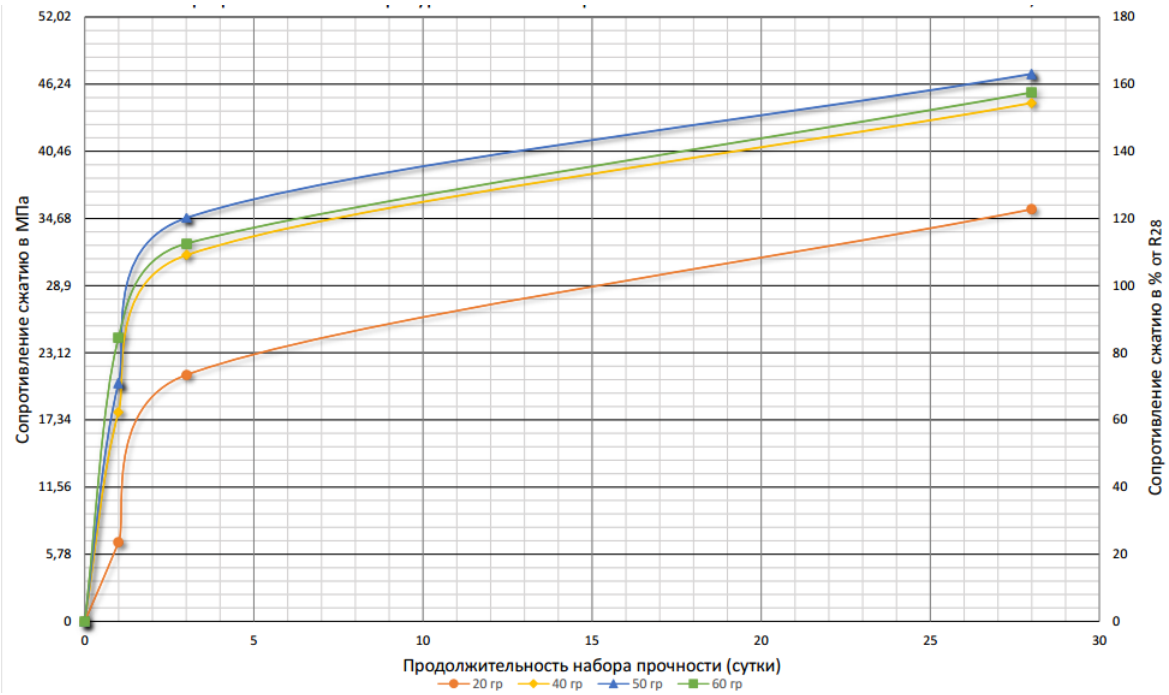


Рис. 1 - График зависимости $R_{сж}$ (МПа) от времени набора прочности (сутки) при различных температурах тепловой обработки (бетон В22,5П4)

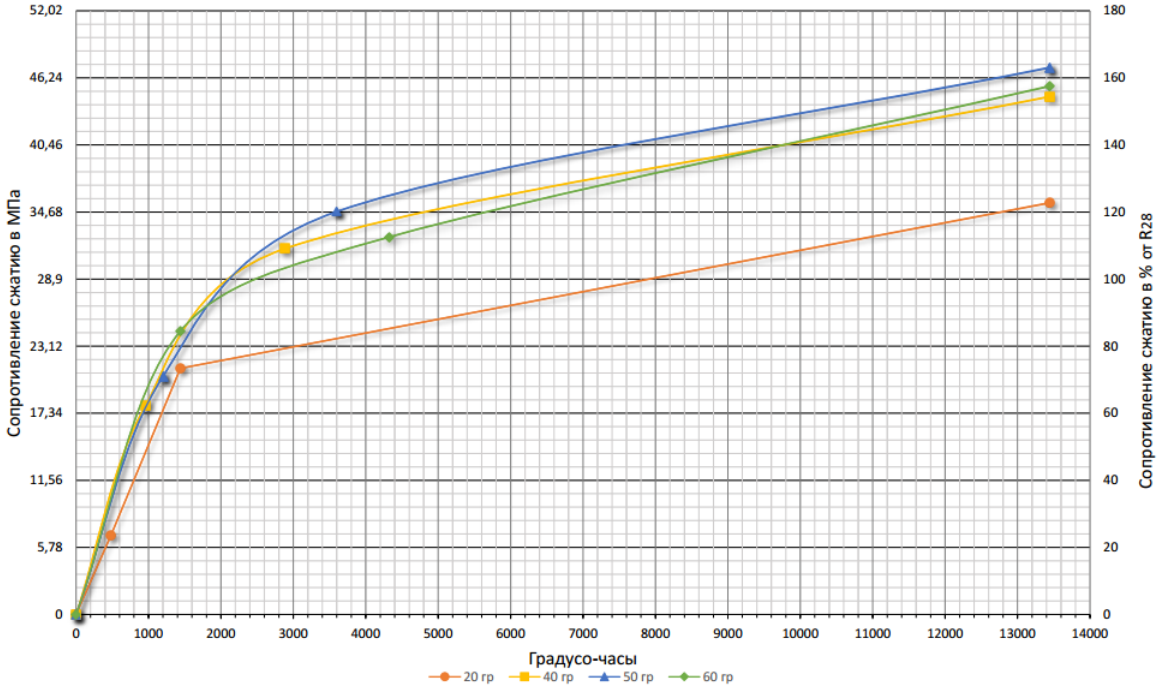


Рис. 2. - График зависимости Rсж (МПа) от градусо-часов при различных температурах тепловой обработки (Бетон класса В22,5П4)

Литература

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 192 с.
2. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. / Под ред. Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумяна, А.И. Звездова. – М.: НИИЖБ, 2005. – 275 с.
3. ГОСТ 26633-12 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые»
4. Ибрагимов Р.А. Тяжелые бетоны с комплексной добавкой на основе эфиров поликарбоксилатов: дис…канд.техн.наук /Р.А. Ибрагимов. – Казань, 2011.

УДК.536.8: 662.99

«ТЕПЛО ИЗ ХОЛОДА» - НОВЫЙ МЕТОД АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛЬЯ

Токарев М.М., Грекова А.Д., Гордеева Л.Г., Аристов Ю.И.
Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск

Использование альтернативных и возобновляемых источников энергии является особенно актуальным для теплообеспечения индивидуального малоэтажного жилья, концепция которого подразумевает снижение зависимости от централизованных энергоресурсов. Возобновляемые источники энергии имеют относительно низкий температурный потенциал, и это открывает возможности для применения адсорбционных методов преобразования теплоты [1, 2], которые могут быть альтернативой существующим компрессионным и абсорбционным системам [3]. Нами был предложен новый цикл адсорбционного преобразования низкопотенциального тепла ТепХол (**Теп**ло из **Хол**ода), позволяющий повышать температурный потенциал первичного источника теплоты [4]. В этой работе мы представляем результаты испытания неизотермического адсорбционного цикла ТепХол, а также обсуждаем возможность применения предлагаемого цикла для теплоснабжения индивидуального малоэтажного жилья.

Предложенный ранее изотермический цикл реализуется между тремя термостатами при температурах T_1 (окружающей среды), T_2 (источника теплоты) и T_3 (потребителя тепла) и представляет собой две изостеры и две изотермы (рис. 1а). В неизотермическом цикле преобразования теплоты (рис. 1б) тепло передается потребителю при более высокой температуре ($> T_3$).

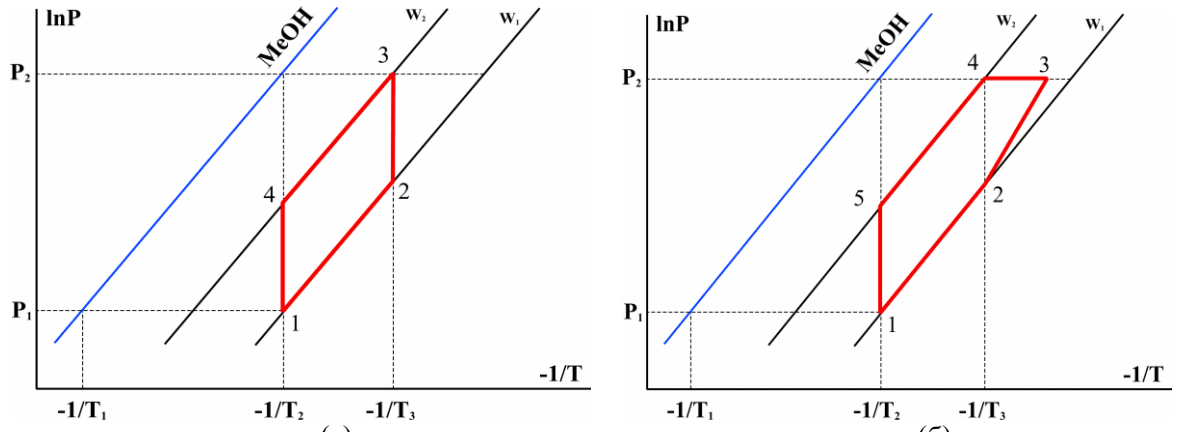


Рис. 1. Изотермический (а) и неизотермический (б) адсорбционный цикл повышения температурного потенциала.

Использованные нами композитные сорбенты метанола содержат галогениды металлов, помещенные в мезопорах промышленного силикагеля. Адсорбент регенерируют в точке 1 при температуре T_2 и давлении P_1, которое поддерживают низким за счёт низкой температуры окружающей среды T_1. Оказалось, что при температуре окружающей среды T_1 = -20°C для регенерации одного из испытанных сорбентов достаточно температуры внешнего источника теплоты всего 4-10°C. Другой сорбент метанола [5], испытанный нами ранее [4], обладает более высоким сродством к метанолу, и он требует для регенерации тепло с потенциалом не ниже T_2 = 20-25°C. В

точке 2 адсорбер соединяют с испарителем, который находится при температуре T_2 и поддерживает в системе давление P_2. Теплота адсорбции выделяется при температуре T_3 и выше (точка 3 на рис. 1б) и может быть использована для нагрева помещения. Проведенные испытания показали, что новый адсорбент обеспечивает нагрев от T_3 = 28°C до T_{max} = 42°C (точка 3 на рис. 1б) со средней удельной мощность 1 кВт/кг. Адсорбент, который прочнее связывает метанол, обеспечивает более высокий разогрев – до 48°C при средней удельной мощности до 1.2 кВт/кг. Оценки показали, что тепловой КПД предложенного цикла ТепХол достигает 0.45-0.5. Таким образом, показана возможность создания компактного устройства, например, для подогрева теплого пола в индивидуальном доме.

Степень неизотермичности адсорбционного цикла (участок 2-3-4 на рис. 1б) и максимальный разогрев T_{max} определяется интенсивностью отвода тепла, выделяющегося при адсорбции. Оказалось, что величина разогрева (T_{max}-T_3) асимптотически приближается к максимальному значению ΔT_{max} по мере уменьшения потока теплоносителя через теплообменник адсорбера:

$$(T_{max}-T_3) = \Delta T_{max}\cdot\exp(-C/f),$$

где C – константа, а f – поток теплоносителя. При увеличении потока разогрев уменьшается, и в предельном случае цикл становится изотермическим (рис. 1а).

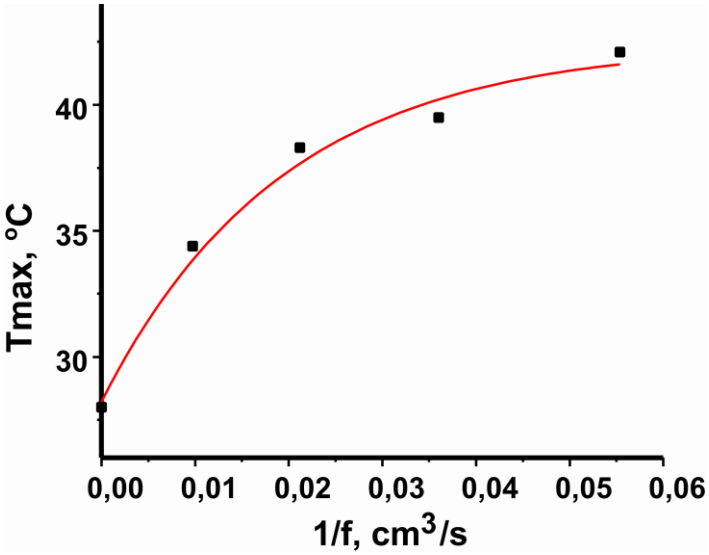


Рис. 2. Зависимость разогрева от обратной величины потока теплоносителя.

Варьирование свойств адсорбента позволяет «подстраивать» адсорбционный цикл под конкретные температурные условия имеющегося в распоряжении возобновляемого источника низкопотенциального тепла. Так, даже при уменьшении температуры источника теплоты до T_2 = 4°C, новый адсорбент метанола оказывается способен к регенерации и последующему производству теплоты в цикле, однако, диапазон температур разогрева (точки 2-3 на рис. 1б) заметно понижается и не превышает 20-25°C. Полученная при этой температуре теплота, очевидно, не может быть напрямую использована для целей теплоснабжения жилища. Однако, ее можно использовать в качестве источника для другого адсорбционного цикла, подобного рассмотренному выше, который уже позволяет получать тепло с температурным потенциалом, достаточным для задач обогрева (каскадный вариант). Для увеличения реализуемого диапазона температур разогрева до 50-65°C, т.е. до уровня достаточного не только для подогрева пола, но и для задач отопления или подогрева воды для бытовых целей, необходимо увеличение T_2 в рассматриваемом цикле до T_2 = 30-40°C.

Именно такое тепло и обеспечивает цикл ТепХол, рассмотренный нами выше. Следовательно, предложенный адсорбционный цикл повышения температурного потенциала и исследованные нами адсорбенты открывают широкие возможности для построения каскадных схем, позволяющих получать полезное тепло с температурным потенциалом, достаточным для удовлетворения различных потребностей владельца индивидуального жилища.

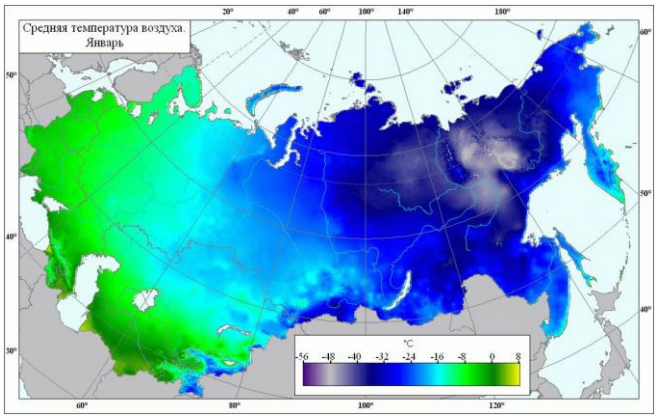


Рис. 3. Средняя температура воздуха в январе на территории бывшего СССР [6].

Отметим, что естественным источником теплоты с температурой T_2 = 4°C могут выступать незамерзающие водоемы, грунтовые воды и прочие природные объекты, тепловые ресурсы которых практически не ограничены. Вторым необходимым для реализации цикла ТепХол тепловым ресурсом является окружающая среда, температура которой должна составлять T_1 = -20°C и ниже. Согласно климатическим данным в зимний период, когда собственно и требуется обогрев жилища, такому условию удовлетворяет большая часть северных регионов России (рис. 3). Для мягких климатических условий требуется создание адсорбента, способного работать в адсорбционном цикле с более высокой температурой T_1, что будет следующим этапом исследований цикла «Тепло из Холода».

Литература

1. G. Alefeld, R. Radermacher, *Heat Conversion Systems* (1994) CRC Press, Boca Raton, U.S.A., 213p.
2. Аристов Ю.И. Химические и адсорбционные теплотрансформаторы: эффективность и граничные температуры цикла, Теор. Основы Хим. Технологии, 2008, т. 42, N 6, сс. 676-685.
3. Аристов Ю.И., Васильев Л.Л., Накоряков В.Е. Современное состояние и перспективы развития химических и сорбционных тепловых машин в Российской Федерации и Республике Беларусь, Инж.-Физич. Ж, 2008, т. 80, N 1, сс. 19-48.
4. Аристов Ю.И., Токарев М.М., Фабиан И.В., Грекова А.Д., Гордеева Л.Г., Брызгалов А.А., «Тепло из холода» - новый цикл адсорбционного преобразования тепла: первые результаты // XXXI Сибирский теплофизический семинар – Новосибирск, 2014. – С.146.
5. Пат. 2294796 (РФ) Сорбент паров метанола и способ получения холода с помощью адсорбционного холодильного устройства // Аристов Ю.И., Гордеева Л.Г., Токарев М.М. и др., Действует с 28.03.2005, зарегистрирован 10.03.2007. Бюл. № 7.
6. http://comrade-86.narod.ru/problems/ img/ rr001.jpeg.

УДК.537.8

КОНЦЕПЦИЯ БЕЗОПАСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Васильев О.В.
ООО «Изобретатель Олег Васильев и партнеры», г. Москва

«Истина — это не то, что можно доказать;
это то, чего нельзя избежать»
Антуан де Сент-Экзюпери

Как мы знаем, технический прогресс в области энергетики и приборостроения возник с появлением переменного тока и внедрения на рынок изобретений Николы Тесла.

С одной стороны, произошло зарождение новой эпохи развития цивилизации, а с другой стороны, образовался конфликт между людьми бизнеса и науки. Это повлекло за собой более чем на 100 лет глобальную остановку развития цивилизации в области новых технологий в разных направлениях науки и техники.

Последствия данного конфликта следующие: остановка развития цивилизации в области инновационных разработок в области энергетики, загрязнение природы (воздуха и водоемов), что привело к истощению природных ресурсов и увеличению смертности людей и животных.

Сфера потребления в области электронной техники за последние несколько десятков лет увеличилась настолько, что современные электростанции и подстанции местного назначения не справляются с мощностями. Перегруженная по мощности электростанция или подстанция представляет собой источник повышенной опасности.

Никола Тесла много времени уделял исследованиям воздействия токов высокой частоты на человеческий организм, а также возможности использования токов высокой частоты в электричестве. Наследие Николы Теслы и его работы с токами высокой частоты незаслуженно забыты, и серьезных фундаментальных работ в этой области было проведено недостаточно. Он первый показал и доказал, что не все виды радиочастот оказывают вред для человеческого организма. Многие правила, впервые разработанные Николой Теслой, вошли в современные основы техники безопасности при работе с высокочастотными токами. Он обнаружил, что при частоте тока свыше 700 Гц электрический ток протекает по поверхности тела, не нанося вреда тканям организма. Электротехнические аппараты, разработанные Николой Теслой для медицинских исследований, получили широкое распространение во всем мире и в настоящее время.

Концепция безопасного электричества (от лат. conceptio) – это особый способ понимания и трактовка каких-либо явлений при столкновении с электричеством, а также система взглядов на эти явления в мире, природе и обществе.

Цель и задача данной публикации - помочь по-другому взглянуть на природу не только электричества, но и подойти к осмыслению природы электрических зарядов и возможности ими управлять.

Основная цель в проведении научно-исследовательских работ – это разработка новых технологий и электронных устройств в области энергосбережения, безопасного электричества и сбережения природных ресурсов.

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Разработка энергосберегающих устройств с экономическим эффектом от 30% и более, особенно для электротоваров с большой мощностью потребления электрического тока (в первую очередь, для бытовой техники и товаров народного потребления).

2. Развитие нового направления: разработка электронных устройств, которые бы преобразовывали и передавали безопасное электричество, исключающее поражение электрическим током людей и животных.

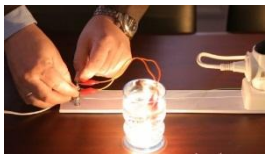
3. Передача электричества больших мощностей по проводам небольшого сечения.

4. Разработка методов передачи электричества по новым видам электрических проводников.

5. Внесение в схемы радиоэлектронных устройств поправок, благодаря которым радиоэлектронные устройства будут работать в широком диапазоне частот, с применением электронных адаптеров преобразования одной формы электрических сигналов в другую.

6. Разработка новых конструкций для передачи электричества с использованием аккумуляторов с системой восстановления заряда, не используя привычный метод объединения всех розеток в одну точку. Здесь каждый потребитель будет иметь свою собственную малую энергостанцию.

В процессе исследований воздействия токов высокой частоты на живой организм был выявлен ряд положительных явлений:



(Рис.1)

1. Соприкосновение рук с оголенными проводами под напряжением (Рис.1). При этом нет термальных ожогов и повреждения кожного покрова. Ответная реакция организма:

- небольшое пощипывание в пальцах рук;
- ощущение легкого дискомфорта, но при этом нет смертельного поражения электрическим током. При этом можно касаться оголенных проводов под напряжением обеими руками, а также касаться оголенных проводов одной рукой (два пальца в розетку – часто используется в обиходе);
- нет поражения электрическим током при касании одной рукой любого провода под напряжением, а другой рукой - непосредственно земли. При этом можно стоять на земле, не используя защитную обувь, даже босыми ногами;
- исключено поражение электрическим током и неуправляемое сокращение мышц, когда оголенный провод оказался зажатым в руке. Также может ощущаться небольшой дискомфорт, но при этом пальцы руки свободно разжимаются, и человек самостоятельно освобождается от соприкосновения с напряжением без посторонней помощи.

2. Пропускать большие токи по проводам небольшого сечения. Например, по проводам диаметром 0,4 мм подключать мощности более 2000 Вт. При этом провода не нагреваются.

3. Передавать напряжение по воздуху одним проводом. Другой конец провода вкапывается непосредственно в землю. Это позволяет экономить природные ресурсы, такие как медь.

4. Использовать напряжение в условиях повышенной влажности окружающей среды. Было выявлено, что оголенные провода под напряжением могут находиться в воде. К этим проводам могут подключаться электрические приборы. Также при непосредственном контакте человека с водой, где оказались оголенные провода, исключен фактор поражения электрическим током. Может ощущаться

небольшой дискомфорт, но при этом все действия и поведение человека полностью контролируются. И самое главное – человек остается живым.

5. Получать экономический эффект по потреблению мощности от сети переменного напряжения. Опыты показали, что токи высокой частоты по-другому воздействуют на разные виды электрических материалов. Прохождение высокочастотных токов через электрические материалы совершенно иное, чем при использовании токов промышленной частоты (50Гц/60Гц).

Следуя из выше перечисленных пунктов, перед нами открываются перспективные направления, которые можно использовать для улучшения качества жизни человека. Это направление особенно актуально в частном секторе жилья, сельского хозяйства и животноводства. Развитие мирных и безопасных технологий открывает большие возможности для развития энергоэффективного экологического домостроения. Выше перечисленные свойства электричества позволяют открывать новые и перспективные технологии в области электроэнергии. Например, используя пленочные технологии, появилась возможность исключить штробление стен для прокладки электрических проводов. Так как теперь возможно проводить большие токи по проводам меньшего сечения, то плоские проводники будут наклеиваться на стены или прямо на обои. Эти пленочные проводники не боятся ни влаги, ни метода шпаклевания. Внедрение новой концепции безопасного электричества в конструкции бытовой техники особенно актуально там, где есть вода с электрическими нагревателями, а также где имеется непосредственная близость токоведущих проводов с землей (строительство, животноводство, сельское хозяйство) - данная технология полностью исключает фактор поражения человека электрическим током.

КАКИМ ОБРАЗОМ ДОСТИГАЕТСЯ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Было разработано энергосберегающее электронное устройство (Рис.2), исключающее фактор поражения людей и животных электрическим током. Данное устройство относится к электронным генераторам импульсного и переменного напряжения.



(Рис.2)

Целью предлагаемого изобретения является безопасная для человека передача электроэнергии по электрическим проводам, получение высокого КПД потребляемой мощности электрических устройств от сети переменного напряжения. Для достижения поставленной цели устройство нейтрализует реактивную энергию, а точнее аккумулирует и перенаправляет её для питания электроприборов различного назначения. В представленном устройстве возникающая обратная электродвижущая сила (ОЭДС) не возвращается обратно в первичную схему генератора, а аккумулируется и отфильтровывается в нагрузку совместно с полезным сигналом, что даёт полезный экономический эффект. Конструктивно и схематически это достигается методом **разделения электромагнитных полей** между первичным и вторичным резонансным контуром изделия. Так как отсутствует единое электромагнитное поле (система закрытого типа) между резонансными контурами, то конструкция становится системой открытого типа (ассиметричная), и получаемая энергия электромагнитного поля вторичного контура преобладает над энергией электромагнитного поля первичного контура в несколько раз. В конструкции генератора не используются ферромагнитные материалы, а также электролитические конденсаторы большой емкости. Взаимодействие резонансных контуров между собой осуществляется исключительно по воздуху, и использован метод “симуляции большой дистанции”: т.е. один контур

является передатчиком электрических зарядов, а другой приёмником. Также обеспечивается гальваническая развязка выходного напряжения генератора от промышленной сети переменного напряжения.

Для исключения поражения человека электрическим током энергосберегающее электронное устройство генерирует на выходе не электрический ток частотой 50-60 Гц (опасный для человека), а модифицированное напряжение с колебаниями нескольких частот в пределах от 28000 Гц до 52000 Гц и напряжением от 320В до 380В, в зависимости от подключаемой нагрузки. Такое сочетание передаваемых частот не действует негативно на кожный покров и на организм в целом и предотвращает поражение человека электрическим током.

В процессе экспериментов был выявлен еще один показатель экономического эффекта - это компенсация **Cosφ (косинус фи)**. При расчете электрической мощности, потребляемой любым электротехническим или бытовым устройством, обычно учитывается так называемая полная мощность электрического тока, выполняющего определённую работу в цепи данной нагрузки. Различные приборы-потребители электрической энергии могут работать в цепях, имеющих как активную, так и реактивную составляющую электрического тока. Отдельные электроприборы работают на активной мощности, такие как лампы накаливания, электроплиты, электрообогреватели, электропечи, утюги и т.п.

Примером реактивных нагрузок являются электродвигатели различного типа, пылесосы, переносные электроинструменты (электродрели, «болгарки», штроборезы и т.п.), а также различная бытовая электронная техника с использованием импульсных источников питания.

Поскольку основной целью существующих систем электроснабжения является полезная доставка электроэнергии от производителя непосредственно к потребителю (а не перекачивание её туда и обратно) - реактивная составляющая мощности обычно считается вредной характеристикой цепи. Потери на реактивную составляющую в сети напрямую связаны с величиной коэффициента мощности, т.е. чем выше cosφ потребителя (стремление к 1), тем меньше будут потери мощности в линии, и дешевле обойдётся передача электроэнергии потребителю. Таким образом, энергосберегающее устройство уменьшает не только потребление активной мощности, но и нейтрализует реактивную мощность в цепи переменного напряжения.

Разработки генераторов малой и средней мощности с экономическим эффектом совместно с концепцией безопасного электричества позволяют по-другому взглянуть на неизученные аспекты физики и химии в области электромагнетизма. Таким образом, на рынке в ближайшем будущем появятся новые ассортименты электротехнических изделий.

Литература

1. Болотов Б.В., Болотова Н.А., Болотов М.Б., Болотов И.М. Основы строения вещества с позиции авторов – Международный центр «Универсариум» Киев, 2009.
2. Шаубергер Виктор. Энергия воды - М-Яуза, Эксмо, 2007.
3. Васильев О.В. Энергосберегающее электронное устройство, исключающее фактор поражения электрическим током людей и животных. Регистрационный номер заявки № 2014124790 от 17.06.2014.

УДК.636:631.3:621.3

СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОПОСЕЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИООТХОДОВ

Чумаков А.Н., Велицко В.В.
МЭОО «Зелёный Крест», г. Москва, ООО «ОЦР Технологии», г. Москва

Введение

В статье показана возможность и целесообразность использования биомассы и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для обеспечения задач устойчивого развития, экологической эффективности, рекультивации земель, захоронения в почву с созданием чернозёма диоксида углерода, ранее выброшенного в атмосферу Земли. Параллельно с указанными задачами решаются задачи продовольственной и энергетической безопасности России, а также создание новых рабочих мест в промышленности и в сельском хозяйстве, подъём экономики депрессивных регионов путём создания новых промышленных производств и вовлечения в сельскохозяйственный оборот ранее неиспользовавшихся земель.

Количество солнечной энергии, которое человек способен уловить, аккумулировать и использовать всегда оптимально, а с развитием технологий – приближается к объёму, необходимому человеку для удовлетворения его пищевых, коммунальных потребностей и части потребностей производства. Альтернативная энергетика, основанная как на прямом (гелиоустановки [1 - 3]), так и на опосредованном использовании солнечной энергии в виде энергии, содержащейся в биомассе отходов сельхозпроизводства также как экологическое земледелие, являются видами полезного труда, которые сохраняют солнечную энергию на земной поверхности без отрицательного влияния на климат. Именно поэтому такая энергетика способна согласованно обеспечить на длительную перспективу энергетическую, экологическую и продовольственную безопасность населения страны [4 - 9]. По проведенным оценкам только переработка отходов животноводства и растениеводства способны не менее, чем на четверть увеличить суммарное производство энергии в России (рис. 1).

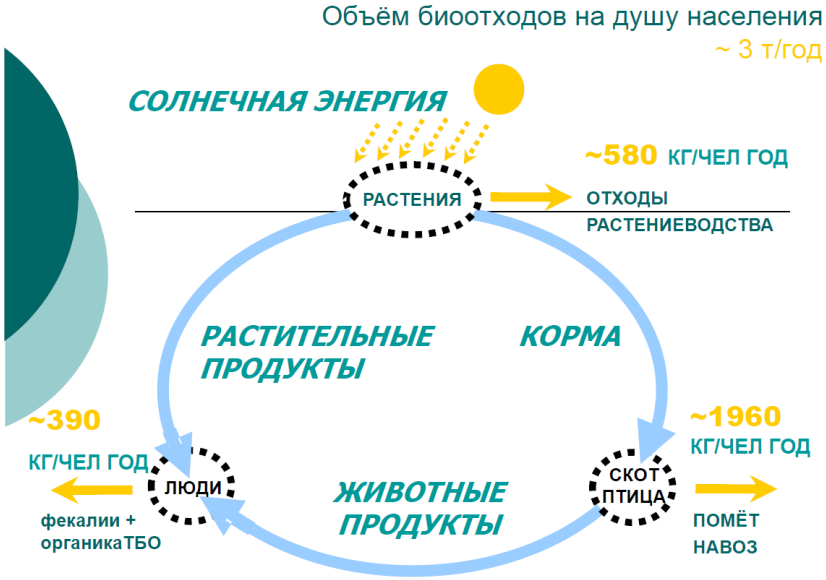


Рис. 1. Среднее распределение для России органических отходов в цепочке производства и потребления пищевой продукции [4].

Органические отходы, соответствующие стандартной продовольственной корзине, при их переработке в биогаз, тепло (или холод) и электрическую энергию способны, в условиях России, обеспечить производство не менее 9 000 кВт•ч/год энергии на душу населения. Этой энергии достаточно для отопления и освещения жилищ, подогрева воды, а также для удовлетворения энергетических потребностей производителя продовольствия. При этом децентрализация производства энергии, приближение её источников к потребителям не только снижают затраты энергии на логистику энергоносителей, но и увеличивают энергобезопасность страны [10 - 12].

Например, годовой объем отходов животноводства в России составляет не менее 240 Мт. Энергия, которая может быть выработана из указанного количества отходов, составляет не менее 290 ТВт•ч, что составляет около 23% в энергобалансе России и почти в полтора раза превышает аналогичный вклад от всех действующих в России атомных электростанций [13]. При переработке органических отходов в энергию попутно получают высокопродуктивные органические удобрения, которые многократно повышают плодородие почв без вредных эффектов присущих минеральным удобрениям как на этапах использования, так и на этапах их производства – энергоёмкого и экологически ущербного. Структурная схема комплексной утилизации биоотходов показана на рис. 2.

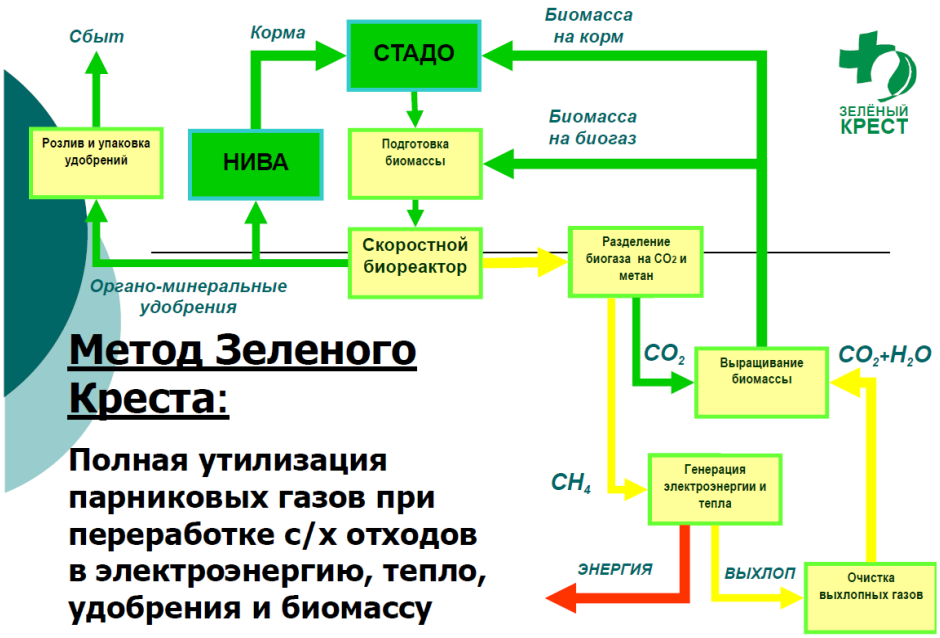


Рис. 2. «Метод Зелёного Креста» - технология комплексной переработки биодеградирующих сельскохозяйственных (животноводческих) отходов в топливно-энергетические носителя (ТЭР) и удобрения.

В настоящее время, в условиях кризиса рационально организовывать вертикально-интегрированных компании, которые в едином комплексе объединяют производство растительного сырья, животноводческие фермы, перерабатывающие предприятия и установки по переработке биоотходов в электроэнергию, тепло (холод), органические удобрения. Дополнительно такие компании могут создавать энергетические плантации микро- и/или макрорастений для получения дополнительных количеств биогаза, горючая составляющая которого – метан используется для производства моторного топлива в виде метангидратов [11, 12], а инертная часть в виде углекислого газа используется в качестве питательной среды при выращивании растений (Рис. 3).

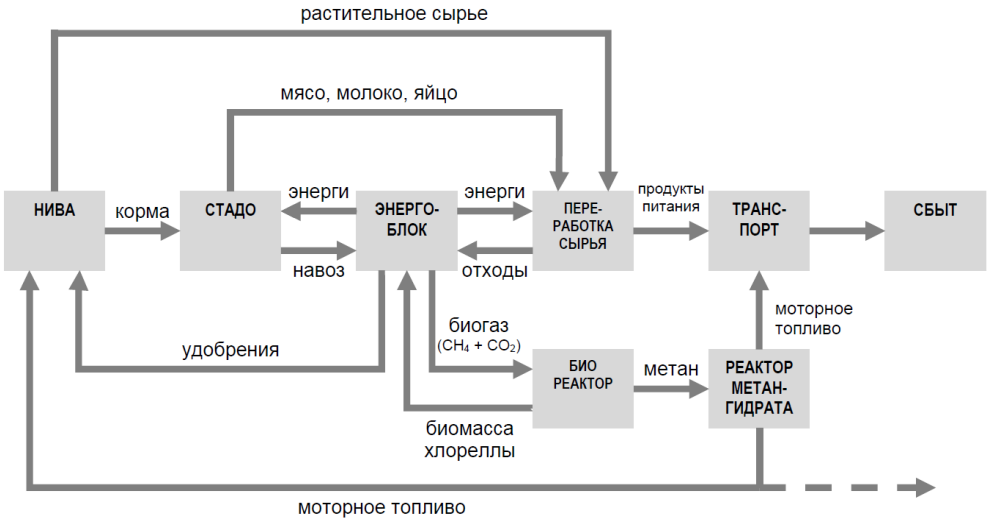


Рис. 3. Технология (рис. 2) с модулем газогидратного разделения биогаза для производства моторных топлив и запасов метана для энергоснабжения сельхозтехники в страду [11, 12].

Создание подобных энергонезависимых компаний может принести существенную социальную, экономическую и экологическую пользу как сельскому, так и городскому населению. Увеличение доходов фермеров и диверсификация рынка, увеличение конкурентоспособности на международном рынке, общее оживление экономики в сельских районах, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду - все это является важными факторами использования биомассы в качестве источника энергии. Проектные характеристики пилотного биогазового комплекса по методу «Зелёного Креста» (рис. 4 - 7) для фермы крупного рогатого скота приведены в табл. 1.



Рис. 4. Агрегаты установки. Внешний вид биогазовой установки, созданной для обслуживания по методу «Зелёного Креста», фермы на 200 голов КРС. Экспериментальное хозяйство «Кленово – Чегодаево», Троицкий Административный округ г. Москвы (рис. 4 - 7).



Рис. 5. Блок метантенков.



Рис. 6. Блок выделения метана и горящий биогаз.



Рис. 7. На биогазовой установке.

Время обработки	- до 24 час
Рабочая температура	- 50-55 С
Биогаз	- до 600 м³/сут
Содержание метана	- до 80%
Жидкие органоминеральные удобрения	- до 22 т/сут
Электроэнергия	- 50 кВт (1200 кВт-ч/сут)
Тепло	- 100 кВт (2400 кВт-ч/сут)
Капитальные затраты	~ 6 млн. руб (~100 000 €)
Удельные капитальные затраты	~ 30 000 руб/голову (2000 €/кВт)

Производимая растительная масса на установке (рис. 4 - 7) с использованием биогаза по технологии, близкой представленной на рис. 8, позволяет вырабатывать ценную пищевую добавку для крупного рогатого скота (КРС).



Рис. 8. Модуль выращивания хлореллы с использованием биогаза [14].

Не менее актуальна проблема использования энергетического потенциала биомассы отходов при создании и эксплуатации экодомов и экопоселений. Экодом является домом, не использующим невозобновимые источники энергии (рис. 9, 10). Он полностью обеспечивается теплом (или холодом), горячей водой и электричеством за счет солнечной, ветровой и других видов возобновляемой энергии. Существенную долю в энергообеспечении таких домов составляет энергия, получаемая из фекальных\х стоков и органической части твёрдых бытовых отходов. Архитектурные и конструкторские решения, эффективные утеплители способствуют длительному сохранению тепла в доме, что особенно актуально в российских условиях.

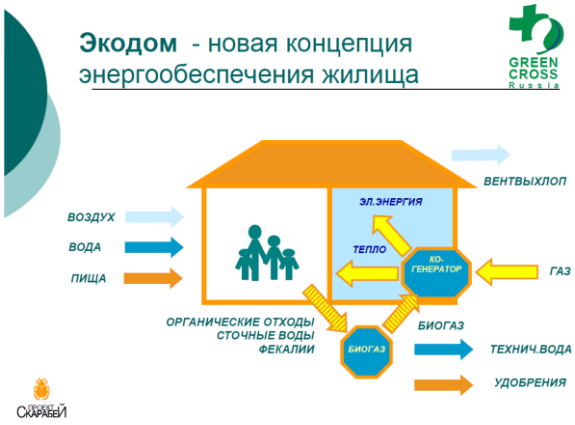


Рис. 9. Ресурсопотоки экодома.

В понятие экодом, кроме того, входят надворные постройки и приусадебный участок, который предназначен для биологической переработки и утилизации всех жидких и твердых органических отходов, выращивания сельхозпродукции с помощью биоинтенсивных методов и методов пермакультуры (рис. 10). Эти методы позволяют наращивать экологический ресурс приусадебного участка быстрее, чем в естественных природных условиях.

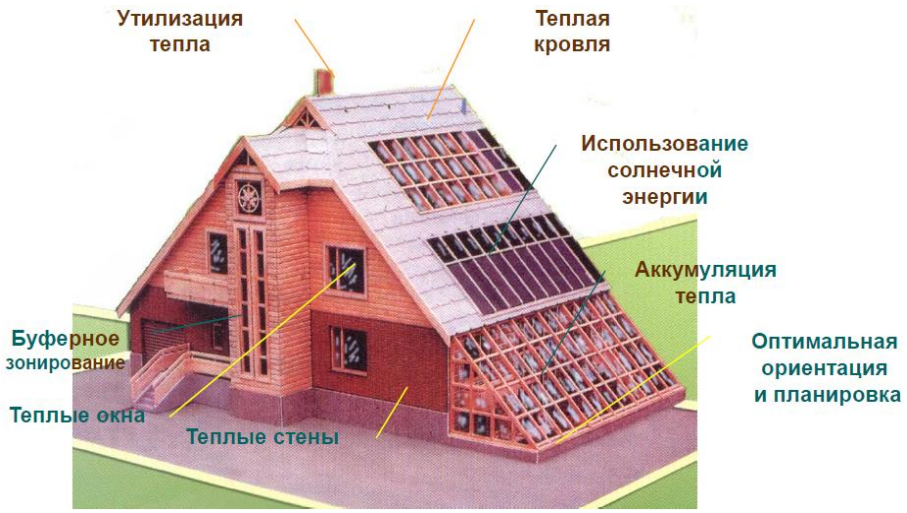


Рис. 10. Вариант конструкции экодома.

Экопоселения как совокупность экодомов могут содержать также энергетическую установку коллективного пользования. Как правило, это средняя или крупная биогазовая установка, перерабатывающая сельскохозяйственные, животноводческие и т.п. отходы, в том числе отходы жизнедеятельности поселения. Установки по методу «Зелёного креста», отличаясь своей чрезвычайной компактностью (срок переработки отходов до 24 ч. (табл. 1)), могут быть расположены непосредственно на территории экопоселения или же встроены в городской квартал или в подвал многоквартирного дома.

Принципы создания экодомов с успехом могут быть и должны быть использованы [15] при строительстве и эксплуатации многоквартирных домов и в городских условиях. Жизненная необходимость внедрения таких систем связана с тем, что в современном мире, в условиях роста неопределённости, распространения военных конфликтов низкой интенсивности и гибридных войн там [16], где такие конфликты прогнозировались только гипотетически, вопрос установки энергосберегающего оборудования, обеспечивающего автономное ресурсоснабжение, переходит из плоскости экологии в плоскость выживания государства. Игнорирование данного вопроса, в кратко,- или среднесрочной перспективе может привести к нанесению неприемлемого ущерба населённым пунктам, базирующимся на существующих технологиях централизованной поставки ресурсов. Наибольший ущерб, естественно, будет причинён мегаполисам. Для парирования указанных угроз необходимо при проектировании любых населённых пунктов, осуществлении точечной или массовой застройки любой этажности, закладывать как минимум системы автономного теплоснабжения, биогазовые установки, а также установки по использованию солнечной энергии. Критерием для использования указанных решений должна служить не экономическая эффективность выработки ресурсов (а она присутствует) в сравнении их с централизованной подачей, а их сравнение со стоимостью ущерба от гуманитарной катастрофы при одномоментном разрушении существующей ресурсоснабжающей инженерной инфраструктуры [15, 17].

Неизбежное будущее за полной утилизацией всех видов биологических отходов, включение их в искусственные пищевые цепочки подобные естественным, восстановит оборот биотической информации. Производство на такой основе широкого набора экологически чистой сельскохозяйственной продукции и возобновляемой энергии позволит отказаться от потребления внешней энергии, воды, тепла и не будет более пагубно влиять на окружающую природную среду. Уже на уровне сегодняшних технологий возможно создание изолированных аграрно-промышленных комплексов (АПК) и не вносящих никаких загрязнений в природу и дающих повышенные урожаи органических и функциональных продуктов питания при существенно меньшей их себестоимости.

Замкнутый углеродный цикл (рис. 11) в экологичном АПК позволяет не только рационально хозяйствовать с использованием возобновляемых ресурсов, но и возвращать в почву диоксид углерода, ранее выброшенный в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человека.



Рис. 11. Замкнутый углеродный цикл экологически-эффективного АПК.

Это позволит, решая накопившиеся проблемы экологии, не только надёжно захоранивать (с использованием специальных комплексов энергоэффективных технологий) диоксид углерода, но и производить чернозём, в частности на тех территориях, которые ранее были выведены из сельхозоборота или в сельхозобороте до этого не использовались, т.е., помимо экологического эффекта в виде нулевого вредного воздействия на окружающую среду и восстановления ранее загрязнённой атмосферы Земли, будет производится массовая рекультивация земель с увеличением их плодородности без использования синтетических удобрений.

Литература

1. Кукушкин С.А., Велицко В.В., Краснов А.Г. Организация производства концентраторных солнечных электростанций, комбинированных с паросиловым циклом // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.144-146.
2. Велицко В.В., Прохоров А.И. Автономные энергоустановки на местных видах горючих и возобновляемых источниках энергии, базирующиеся на адаптивном термодинамическом цикле и системе безнагнетательной циркуляции рабочего тела // в этом же сборнике.

3. Navarro-Esbrí J., Peris1 B., Collado R., Molés F. Micro-generation and micro combined heat and power generation using «free» low temperature heat sources through Organic Rankine Cycles // International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'13) Bilbao (Spain), 20-22.03.2013, Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ), №11, 03.2013.
4. Чумаков А.Н., Ильин В.К. Биомасса отходов – энергетический резерв поселений // Альтернативная энергетика №4 2007.
5. Барановский С.И., Чумаков А.Н., Альтернативная энергетика России: проблемы и перспективы // Альтернативная энергетика №1(7) 2008.
6. Чумаков А.Н. Полезный мусор // Газета «Гудок», 12.11.2008.
7. Полянский С.М, Астахов Д.А., Будаев Ц.Н. Биогазовый комплекс // Патент России №2399184
8. Чумаков А.Н., Полянский С.М, Будаев Ц.Н. Биогазовый комплекс // Патент России №2427998
9. Чумаков А.Н. 3 тонны отходов на каждого живущего - бесплатная энергия для сельского хозяйства! Замкнутый цикл - чистая деревня! // Стенограмма выступления на слушаниях в Общественной палате РФ по программе: «Зеленые технологии в сельскохозяйственной отрасли.Научно-техническое и информационное обеспечение регионального развития», 16.12.2014, Интернет: http://www.ecolife.ru/infos/agentstvo-ekoinnovatsijj/33795/
10. Велицко В.В. Выработка сжиженного метана из низкосортных горючих с применением газогидратной технологии // IV конференция «ТРИЗ. Практика применения методических инструментов» Сборник докладов // М., 2012, с.27-34.
11. Велицко В.В. Одностадийное получение сжиженного и сжатого метана из биогаза и газа мусорных свалок для использования в качестве моторного топлива // Материалы XVIII Международной конференции «Экологическое образование и просвещение для устойчивого развития: РИО+20», Секция 5: «Образование в области использования энергопотенциала биологических отходов», М., 27-28.06.2012.
12. Велицко В.В. Методы получения и хранения моторного топлива из биогаза и свалочного газа // Материалы Всероссийской конференции «Зеленые технологии – путь решения проблем изменения климата и сохранения окружающей среды», Москва, 8-9.11.2012, Министерство энергетики РФ, Интернет: http://samode1kin.livejournal.com/648.html
13. Чумаков А.Н. Просвещение в области экологизации сельского хозяйства – один из путей к достижению экологической, продовольственной и климатической безопасности // Материалы научно-практической конференции «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий», Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 19–20.03.2013, с.278-282.
14. Deublein D., Steinhauser A. (ed.) Biogas from Waste and Renewable Resources // WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008, 443p.
15. Велицко В.В. Ресурсосберегающая инфраструктура как условие сохранения населённых пунктов в условиях природных катаклизмов и террористических угроз // в этом же сборнике.
16. Арзуманян Р. Кромка хаоса Сложное мышление и сеть: парадигма нелинейности с среда безопасности XXI века. Серия SELECTA, под ред. Колерова М.А. // ИД Регнум, М., 2012, 599 с.
17. Велицко В.В. Выявление и нейтрализация угроз государственной безопасности с применением инструментария ТРИЗ на примере угроз инфраструктурного, технологического и юридического характера // Сборник докладов международной конференции «Инструменты создания инноваций для развития предпринимательства», Москва, 14-15.11.2014, с.102-108.

УДК.728.1.012:71

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛИЦЫ

Егоров О. Б.
ООО «ЭПК» г. Омск

Проблема сельскохозяйственного производства в России это короткий сезон для посадки и сбора урожая – 3 – 3,5 месяца. Увеличение сроков проведения полеводческих работ с помощью искусственного микроклимата сталкивается с проблемой больших энергозатрат. Оптимизация затрат с помощью максимального использования альтернативных источников энергии и снижение стоимости таких сооружений может существенно улучшить положение дел в сельской местности.

Всем знакомые обычные «дачные» теплицы, как арочной формы, так и домиком обладают как несомненными преимуществами: низкой ценой, простотой конструкции и скоростью возведения, так и вытекающим из них недостатком: невозможностью обеспечить оптимальные условия для роста растений. Летом жарко, весной – осенью холодно, а о зимнем выращивании речь вообще не идет. Обилие ручного труда отнимает много времени и накладывает ограничения на количество урожая. Такие теплицы хорошо подойдут для выращивания сельхозпродукции «для себя». Но для того, чтобы растениеводство могло приносить ощутимый доход, требуется существенное увеличение качества теплицы.

В современных промышленных теплицах задача обеспечения оптимальных условий роста растений успешно решается. Также высокая степень автоматизации процессов позволяет выращивать много при минимальных трудозатратах. Но высокая стоимость подобных тепличных комплексов делает их недоступными для большинства сельских жителей.

Одна из попыток по-новому взглянуть на процесс выращивания растений в теплице была предпринята А. В. Ивановым (1898-1971). Подробно ознакомиться с его идеями можно по книге «Солнечный Вегетарий» [1]. Основная идея солнечного вегетария - это с помощью формы, ориентации по сторонам света, и использования эффективной системы вентиляции обеспечить оптимальные условия для круглогодичного выращивания растений.

Взяв за основу Солнечный Вегетарий А. Иванова, доработав его с помощью новых строительных материалов, добавив дополнительные подсистемы и соединив с системами автоматики, мы получили современную теплицу, сочетающую низкую себестоимость с высокой эффективностью и автоматизацией. Такие теплицы можно строить как отдельные сооружения, так и пристраивать к стене дома или располагать вдоль забора. Также можно объединить их под одной крышей с другими хозяйственными постройками (баня, гараж, сарай).

Итого мы считаем, что дальнейшая разработка и внедрение этих теплиц поможет многим российским сельским жителям получать доход, работая на своих участках.

Литература

1. Иванько А., Калиниченко А., Шмат Н. Солнечный Вегетарий. – Киев, 1996.

УДК: 62.697

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОИСТОЧНИКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Елистратов С.Л.[1], Елистратов Д.С.[2]

1. *Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск*
2. *Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск*

Все процессы, связанные с производством, транспортировкой, переработкой, хранением и сжиганием органических видов топлива являются источниками антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Воздействие выделяющихся при этом в атмосферу загрязняющих веществ (ЗВ) может проявляться на **локальном** (в зоне размещения источника), **региональном** (трансграничные перенос ЗВ на сотни километров) и **глобальном** (изменение климата, разрушение озонового слоя) уровнях. Наибольшую опасность для здоровья человека при этом представляют не имеющие средств очистки дымовых газов многочисленные теплоисточники малой мощности, использующие твердые и жидкие топлива и размещаемые в пределах населенных пунктов.

Сравнительная энергоэффективность теплоисточников

Как экологически чистые на локальном уровне в настоящее время наряду с устройствами прямого преобразования электрической энергии в тепловую могут рассматриваться тепловые насосы (ТН) на базе местных возобновляемых (тепло воды подземных и поверхностных источников, грунта, окружающего воздуха и т. п.) и вторичных (сбросное тепло водоохлаждающих систем, очищенных и неочищенных сточных вод и др.) источников низкопотенциального (5…40ºС) тепла. Однако, производство и транспортировка электроэнергии для их работы от ТЭС или ТЭЦ также сопряжены с загрязнением окружающей среды, которое проявляется на региональном и глобальном уровнях. В связи с этим, объективный анализ экологичности теплоисточников должен производиться с учетом этого обстоятельства.

Соответствующие теплоисточникам удельные затраты b условного топлива на единицу отпущенной энергии (см. рис.1) находим по формулам:

- для топливных котлов (без учета затрат электроэнергии на тягодутьевые, механические устройства топливоподачи и золоудаления):

$$b_K = \frac{1}{\eta_K \cdot q}; \qquad (1)$$

- для электрокотлов и других устройств прямого преобразования электрической энергии в тепловую (с учетом технологических затрат на транспортировку электроэнергии по линиям электропередачи от конденсационной ТЭС):

$$b_{Эл.К} = \frac{1+\lambda}{\eta_{Эл.К} \cdot q \cdot \eta_{Эл.}^{ТЭС}}; \qquad (2)$$

- для ТН с электроприводом:

$$b_{TH} = \frac{1+\lambda}{\varphi \cdot q \cdot \eta_{Эл.}^{ТЭС}}, \qquad (3)$$

где: q = 29,31 МДж/кг у.т. - теплотворная способность единицы условного топлива; η_K - КПД топливного котла; λ - доля технологических потерь электроэнергии при транспортировке от энергоисточника до потребителя [7]; $\eta_{Эл.К}$ - КПД электрического котла; $\eta_{Эл.}^{ТЭС}$ - КПД выработки электроэнергии на конденсационной ТЭС.

Значение безразмерного коэффициента преобразования φ в (3) определено как:

$$\varphi = \frac{Q}{N} = 1 + \frac{Q_{НИТ}}{N}, \qquad (4)$$

где: Q - тепло, отпущенное потребителю; N - суммарные затраты электроэнергии на приводы компрессора и устройств, обеспечивающих подачу низкопотенциального теплоносителя (вода возобновляемых и вторичных источников тепла) в испаритель ТН; $Q_{НИТ}$ - количество тепла возобновляемого или вторичного источника, преобразованного в тепло, отпущенное от ТН потребителю.

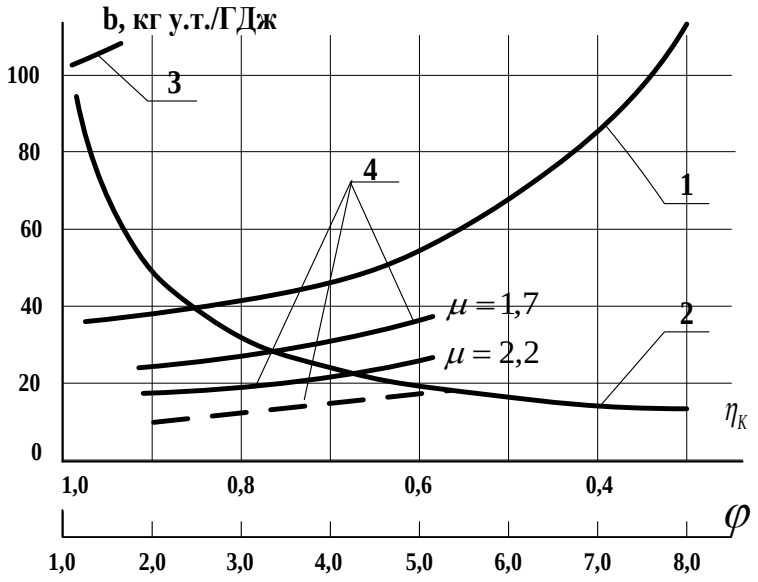


Рис.1. Удельные затраты условного топлива на выработку тепловой энергии:
1 - котлы и домовые печи, использующие органические виды топлива (уголь, мазут, дрова, природный газ и т.п.); ***2*** - ТН парокомпрессионного типа (ПКТН) с электроприводом*; ***3*** – электрокотлы*; ***4*** – ТН абсорбционного типа (АБТН) с тепловым приводом.

---- - перспективные с многоступенчатой регенерацией, $\mu > 2{,}2$.

* - учтено, что электроэнергия поставляется от ТЭС с затратами 0,33 кг у. т. / кВт·ч и 10% потерями в подводящих сетях.

Относительная экономия топлива при замене традиционных теплоисточников на ТН может быть определена для практического диапазона параметров их работы так:

$$\Delta G = G_K\left(1 - \frac{\eta_K}{\varphi \cdot \eta_{ПР}}\right) = G_K\left\{1 - \left[(0{,}9 \div 0{,}4)/(3{,}0 \div 5{,}0) \cdot 0{,}33\right]\right\} = (0{,}1 \div 0{,}75)G_K \qquad (5)$$

$$\Delta G = G_K\left(1 - \frac{\eta_K}{\mu \cdot \eta_{ПР}}\right) = G_K\left\{1 - \left[(0{,}9 \div 0{,}4)/(1{,}7 \div 2{,}2) \cdot 0{,}85\right]\right\} = (0{,}37 \div 0{,}79)G_K \qquad (6)$$

где: G_K - расход топлива в топливной котельной, т у.т.; $\eta_{ПР}$ - обобщенный показатель полезного использования энергии исходного топлива при выработке и доставке электроэнергии от КЭС или ТЭЦ до электропривода ПКТН или теплоты для термопривода абсорбционного АБТН; μ - коэффициент термотрансформации АБТН (отношение выработанного количества теплоты к затратам теплоты на регенерацию раствора).

Удельные показатели вредных выбросов в атмосферу

Такие удельные экологические показатели, как выбросы в атмосферу того или иного вещества на единицу сожженного топлива или единицу отпущенной потребителям энергии, являются базовой информацией для оценки влияния теплоисточников на окружающую природную среду. В технических регламентах на котельные установки производительностью до 100 кВт [1] и от 0,1 до 4,0 МВт [2] установлены лишь самые общие требования к энергетической и экологической эффективности их работы в части достижения нормативных значений КПД на сортовых видах топлива и ограничениям на выбросы окислов азота и монооксида углерода при определенных условиях сжигания топлива. На практике, как правило, эти требования не выполняются по причинам физического износа котельного оборудования, низкого качества используемого топлива и неудовлетворительного обслуживания. В табл.1 представлены экспериментальные данные [3], характеризующие уровень вредных выбросов в атмосферу для типовых теплоисточников малой мощности.

Таблица 1. Средние значения удельных показателей атмосферных выбросов для теплоисточников малой мощности.

Топливо	Выбросы, кг /ГДж					Выбросы, г /ГДж	
	SO_2	NO_2	CO	Твердые частицы	Сажа *	ПАУ	$C_{20}H_{12}$**
Водогрейный слоевой котел НРС-18 (0,8 МВт; ручная загрузка)							
Черемховский уголь	1,30	0,29	2,70	0,80	0,58	4,54	0,21
Азейский уголь	0,90	0,22	2,50	0,55	0,36	3,57	0,18
Домовая печь (кирпичная кладка; мощность до 35 кВт, среднесуточная - 3кВт)							
Черемховский уголь	1,30	0,31	4,00	0,60	0,52	2,58	0,26
Азейский уголь	0,90	0,21	3,10	0,50	0,31	18,10	0,45
Дрова (сосна)	0	0,10	3,00	0,15	0,10	0,19	0,018
Мазутный котел (1,0 МВт; механические форсунки)							
Мазут М 100	0,7	0,2	0,7	0,06	0,038	0,011	0,0003

* - в составе летучих твердых частиц.

** - в составе полициклических ароматических углеводородов (ПАУ).

Среди них бенз(а)пирен $C_{20}H_{12}$ является одним из наиболее токсичных компонентов, который отнесен к первому классу опасности ЗВ. Условия его образования в процессе сжигания органического топлива наиболее благоприятны при уровне температур 700…900ºС и поэтому возможности его образования благоприятны в топливоиспользующих установках малой мощности со слоевым сжиганием твердого топлива, широко используемых в коммунальной энергетике. Агрегатное состояние бенз(а)пирена в дымовых газах - аэрозольное; сажа способна его абсорбировать, приобретая при этом канцерогенные свойства. Напротив, в выбросах дымовых труб ТЭС концентрация бенз(а)пирена составляет всего 0,1…1,0% допустимой приземной концентрации, что делает нецелесообразным нормирование выбросов для ТЭС этого крайне опасного для здоровья человека вещества.

Условия сжигания топлива в мощных котлах ТЭС неблагоприятны также для образования монооксида углерода CO и сажи. Атмосферные выбросы CO и сажи на ТЭС при сжигании углей ничтожно малы и могут не приниматься во внимание при оценке экологического воздействия на окружающую природную среду. В отличие от угольных котельных малой мощности на ТЭС очистка дымовых газов от угольной золы производится в электрофильтрах, а угольной пыли - в системах топливоподачи в пылеуловителях; фильтры и циклоны также применяются при переработке золошлаковых отходов, что значительно сокращает количество выбросов взвешенных веществ в атмосферу. Принципиально важно, что максимальные концентрации ЗВ благодаря высоким дымовым трубам не превышают в приземном слое установленных санитарно-гигиеническими нормами для населенных мест значений ПДК: по окислам серы 0,1 ПДК, по окислам азота - 0,33 ПДК, по их суммарному воздействию - 0,44 ПДК, по золе - 0,53 ПДК [4]. К загрязняющим веществам, выбрасываемым с дымовыми газами ТЭС и подлежащим нормированию и мониторингу, относятся только летучая зола, оксиды азота и серы [5]. Значительно более жесткие требования к выбросам определены для перспективных экологически чистых угольных ТЭС [6]. Их создание позволит снизить вредные выбросы: золы в 4…5 раз, окислов серы и азота в 3…4 раза при соответствующем повышении эффективности энергетического оборудования на 5…8 %. Это сделает их в будущем основным энергетическим оборудованием большой теплоэнергетики.

Наши расчеты показали, что замена угольного котла мощностью 1,0 Гкал/ч на ПКТН позволит при φ = 4,0 сэкономить до 228 т у.т. за отопительный сезон и уменьшить выбросы загрязняющих веществ в зоне размещения локального теплоисточника: золы на ~ 1,4 т; SO_2 ~ 2,2 т; NO_2 ~ 1,7 т; CO ~ 9,1 т; сажи ~ 3,7 т; ПАУ ~ 23 кг и сильного канцерогена бенз(а)пирена на ~ 1,1 кг, CO_2 на ~ 640т.

Зависимость уровня загрязнения от энергоэффективности теплоисточников

На рис. 2, 3, и 4 представлены во взаимосвязи расчетные зависимости изменения удельных показателей энергетической и экологической эффективности для традиционных и альтернативных теплоисточников малой мощности. Для корректного сравнения экологической эффективности необходимо использовать системный подход, учитывающий как характеристики используемых видов топлива, так и месторасположение теплоисточников, осуществляющих загрязнение окружающей среды. Так, например, (см. рис. 2, 3 и 4), в эко-энергетической системе «ТЭС - ЛЭП - теплоисточник» прямое электроотопление (электрокотлы и т.п. устройства) сопряжено со значительно меньшим количеством выбросов твердых частиц, сажи, монооксида углерода и бенз(а)пирена, чем у угольных котлов малой мощности, а уровень вредного воздействия окислов азота и серы будет значительно снижен за счет их рассеивания высокими дымовыми трубами ТЭС на малозаселенных территориях с уменьшением их концентрации в приземном слое атмосферы до значений, меньших ПДК. И наоборот, высокий моральный и физический износ угольных котлов малой мощности предопределяет высокий уровень недожога топлива, ведущий к образованию CO, сажи и бенз(а)пирена. По причине отсутствия очистных устройств и малой высоты дымовых труб их рассеивание происходит в приземном слое атмосферы в пределах населенных пунктов.

Таким образом, на основе анализа особенностей технологий выработки тепла, удельных показателей и степени опасности выбросов ЗВ в атмосферу можно сделать заключение о более высокой общей экологической безопасности ТН с электроприводом по сравнению с традиционными теплоисточниками малой мощности, использующими твердые и жидкие виды топлива. Исключение из общего правила может составить только случай, когда поставка электроэнергии для ТН осуществляется от морально и физически устаревших угольных ТЭС в те регионы, где имеются газовые котельные.

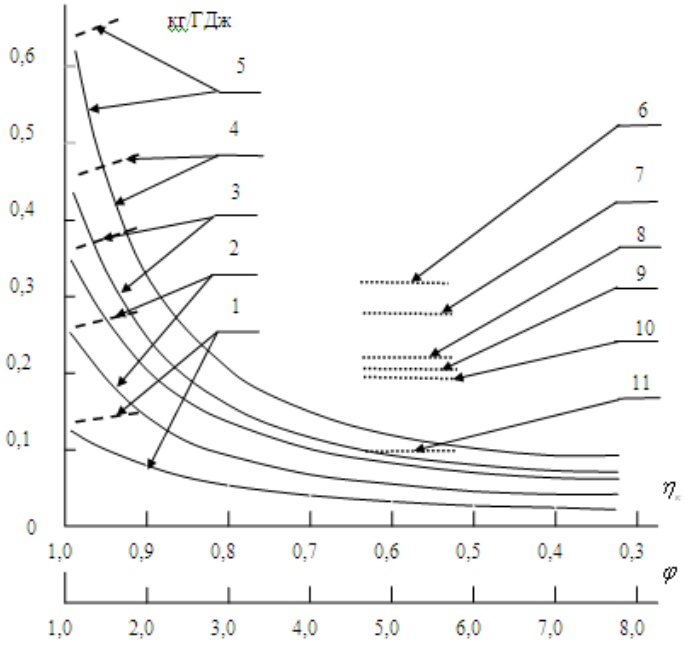


Рис. 2. Удельные выбросы в атмосферу оксидов азота от теплоисточников малой мощности:

..... - экспериментальные значения [3] (6 – домовая печь, черемховский уголь; 7 - котел 0,8 МВт, черемховский уголь; 8 - котел 0,8 МВт, азейский уголь; 9 - домовая печь, азейский уголь; 10 - мазутный котел 1,0 МВт; 11 - домовая печь, дрова);

——— - ПКТН (λ = 0,1; $\eta_{эл.}^{ТЭС}$ = 0,37; 1 - ТЭС на природном газе; 2 - на мазуте; 3- на буром угле; 4 - на каменном угле с ТШУ; 5 - на каменном угле с ЖШУ);

– – – – - электрокотлы (λ = 0,3; $\eta_{эл.}^{ТЭС}$ = 0,37; 1 - ТЭС на природном газе; 2 - на мазуте; 3 - на буром угле; 4 - на каменном угле с ТШУ; 5 - на каменном угле с ЖШУ).

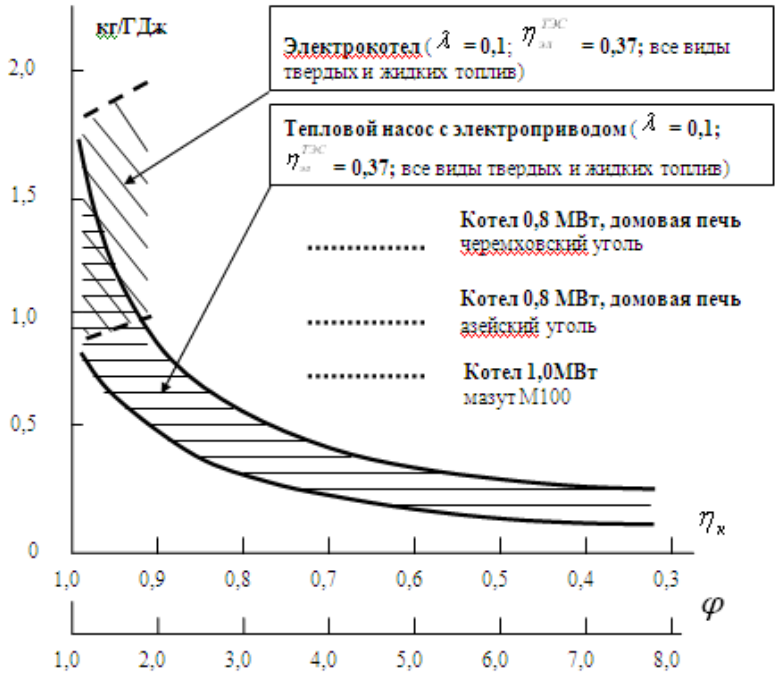


Рис.3. Удельные выбросы в атмосферу оксидов серы от теплоисточников малой мощности:

..... - экспериментальные значения [3];

——— - границы области изменения параметра для ПКТН с электроприводом;

– – – – - границы области изменения параметра для электрокотла.

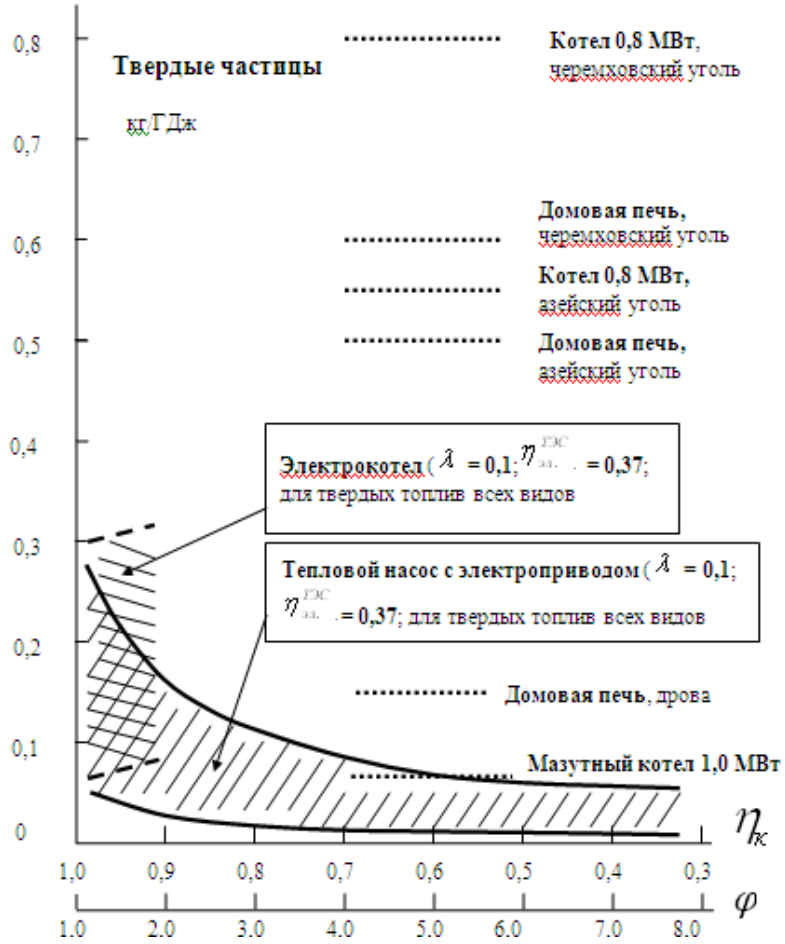


Рис. 4. Удельные выбросы в атмосферу твердых частиц от теплоисточников малой мощности:

..... - экспериментальные значения [3];

——— - границы области изменения параметра для ПКТН с электроприводом;

– – – – - границы области изменения параметра для электрокотла.

Перспективные экологически чистые теплоисточники на базе ТН

Хорошие перспективы имеют ТН с газомоторным или гидравлическим приводами. На локальном уровне это позволит в первом случае оптимально эффективно совместить экологические преимущества природного газа как эталонного в энергетике органического топлива и теплонасосных технологий, а во втором - обеспечить экологически чистое производство тепла в труднодоступных районах за счет использования гидравлического и низкотемпературного теплового потенциалов воды горных рек.

В отличие от газовой котельной природный газ в ТН с газомоторным приводом используется более эффективно, т. к. позволяет дополнительно использовать тепловую энергию в размере $Q_{НИТ}$. Количество тепла, отпущенного от ПКТН с газомоторным приводом с учетом использования части сбросного тепла выхлопных газов для дополнительного нагрева теплоносителя после конденсатора, можно представить как:

$$Q_{TH}^{ГМП} = Q_H^P \left[\varphi \cdot \eta_t \cdot \eta_M \left(1-\xi_1\right)+1-\eta_t-\xi_2-\xi_3\right] \qquad (7)$$

где: Q_H^P - низшая рабочая теплота сгорания природного газа; η_M - механический КПД, учитывающий потери от трения в системе «привод - компрессор ТН»; η_t - термический

КПД преобразования тепла в механическую работу на валу привода; ξ_1 и ξ_2 - соответственно доли потерь тепла за счет теплообмена с окружающей средой нагретых элементов ТН и привода с теплообменником – утилизатором; ξ_3 - доля неутилизированного тепла дымовых газов.

Например, при реально достижимых на практике φ = 3,0; η_t = 0,3; η_M = 0,98; ξ_1 = ξ_2 = 0,05 и ξ_3 = 0,2 согласно (7) получим $Q_{TH}^{ГМП}$ = 1,29 Q_H^P. При таких же значениях тепловых потерь ξ_2, ξ_3 и η_t = 0 полезное тепло при работе газовых котлов составит $Q_K^Г$ = 0,75 Q_H^P, т. е. в 1,7 раза меньше, чем для ПКТН с газомоторным приводом. Использование ПКТН с газомоторным приводом на локальном уровне приведет соответственно к снижению удельных выбросов в атмосферу оксидов азота до уровня даже меньшего, чем при сжигании природного газа в бытовых газонагревательных устройствах.

Отметим также, что в межотопительный период для утилизации тепла выхлопных газов газомоторного или газотурбинного привода можно использовать машины абсорбционного типа для производства умеренного холода для систем кондиционирования и хранения пищевых продуктов. То есть, на локальном уровне может быть реализован принцип тригенерации, обеспечивающий выработку в рамках единого энергосберегающего комплекса трех важнейших продуктов: электроэнергии, тепла и умеренного холода для автономных систем жизнеобеспечения при максимально высоких показателях энергетической и экологической эффективности. В перспективе на базе ТН с газомоторным приводом может быть реализован принцип квадрогенерации, когда образующийся CO_2 используется для выращивания и хранения сельсельхозпродукции.

По сравнению с ТН с электроприводом, суммарное воздействие ТН с газомоторным приводом на окружающую природную среду ограничивается, если не считать загрязнений при разработке и транспортировке природного газа к месту потребления, только сравнительно небольшими выбросами в приземный слой атмосферы окислов азота. Следует отметить, что вместо природного газа может использоваться биогаз и при соответствующей предварительной очистке продукты газификации местных некондиционных топлив, горючих бытовых и сельскохозяйственных отходов.

Использование гидропривода, осуществляющего преобразование кинетической энергии потока в механическую энергию привода компрессора ТН, позволяет получить полностью экологически чистое тепло, т. к. при этом отсутствует сжигание каких–либо органических видов топлива. Прообразом гидропривода для ТН могут служить малые гидротурбины с высокой эффективностью преобразования энергии водного потока в механическую энергию привода. Однако, ТН с гидроприводом должен размещаться в непосредственной близости от водного потока, что значительно сужает область его практического применения по сравнению ТН с электрическим или газомоторным приводами.

Сравнительная экономическая оценка экологичности теплоисточников

В соответствии с законодательством России вредное воздействие на окружающую природную среду должно быть скомпенсировано соответствующими платежами, нормирование которых пока является главным способом ограничения использования отсталых энергетических технологий [8]. В табл. 2 выборочно приведены базовые показатели таких платежей для основных выбросов ЗВ в атмосферу от топливных источников различной мощности, а в табл.3 корректирующие их в сторону повышения коэффициенты.

Таблица 2. Размеры платы за выбросы ЗВ в атмосферный воздух [9].

Загрязняющее вещество	Норматив платы, руб./т	
	В пределах установленных допустимых нормативов выбросов	В пределах установленных лимитов выбросов
Азота диоксид	52	260
Ангидрид серный (серы триоксид), ангидрид сернистый (серы диоксид), кислота серная	21	105
Углерода окись (углерода оксид)	0,6	3
Бенз(а)пирен (3,4 –бензпирен) $C_{20}H_{12}$	2049801	10249005
Сажа	80	400
Пыль каменноугольная	13,7	68,5
Взвешенные твердые вещества (нетоксичные соединения, не содержащие ПАУ, металлов и их солей, диоксида кремния)	13,7	68,5

Таблица 3. Повышающие коэффициенты к нормативам платы за выбросы в атмосферу [9].

Коэффициент	Назначение и область действия
k_1 = 2,0	Для особо охраняемых природных территорий, в т.ч. для лечебно-оздоровительных местностей и курортов, районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей Байкальской природной территории и зон экологического бедствия.
k_2 = 1,0 … 2,0	Учитывает особенности экономических районов России для атмосферного воздуха (Северный - 1,4; Северо-Западный - 1,5; Центральный - 1,9; Волго-Вятский - 1,1; Центрально-Черноземный - 1,5; Поволжский - 1,9; Северо-Кавказский - 1,6; Уральский - 2,0; Западно-Сибирский - 1,2; Восточно-Сибирский - 1,4; Дальневосточный - 1,0; Калининградская область - 1,5)
k_3 = 1,2	Применяется как дополнительный к k_2 при выбросе ЗВ в атмосферный воздух городов.
k_4 = 1,21	Применяется при пересчете нормативов платы с учетом временного фактора.

Для расчета экономического эффекта в качестве базового расчетного периода примем среднюю продолжительность отопительного сезона для регионов Сибири 5500 часов, в течение которого выработка тепла на нужды отопления отдельными теплоисточниками или группой теплоисточников (например, домовыми печами) суммарной установленной мощностью 1,0 МВт составит величину порядка 10^4 ГДж/год. Расчетные данные о количестве выбросов и платы за них с учетом вышеуказанных данных по удельным выбросам ЗВ представлены в табл.4.

Можно видеть (см. табл. 4), что несмотря на исчисляемый десятками тонн высокий уровень выбросов ЗВ непосредственно в приземный слой атмосферы от традиционных источников малой мощности, размер платы за вред наносимый ими окружающей природной среде и здоровью населения является крайне низким. Это сдерживает процесс замены экологически неэффективных способов производства тепловой энергии на альтернативные энергосберегающие теплоисточники.

Таблица 4. Сравнительные показатели выбросов и размеров платы за загрязнения атмосферного воздуха теплоисточниками малой мощности при отпуске 10^4 ГДж тепла в год.

Рабочее топливо	В числителе - выбросы в атмосферу, т/год В знаменателе - плата в пределах допустимых нормативов, руб./год						
	SO_2	NO_2	CO	Летучая зола*		$C_{20}H_{12}$	ВСЕГО
				Твердые частицы	Сажа		
Водогрейный слоевой котел (НРС-18 (0,8 МВт; ручная загрузка)							
Черемховский каменный уголь	13,00 273	2,90 151	27,00 16	2,20 30	5,80 464	0,0021 4305	50,90 5239
Азейский бурый уголь	9,00 189	2,20 114	25,00 15	1,9 26	3,60 288	0,0018 3690	41,70 4322
Домовая печь (кирпичная кладка; мощность до 35 кВт; среднесуточная - 3 кВт)							
Черемховский уголь	13,00 273	3,10 161	40,00 24	0,8 11	5,20 416	0,0026 5329	62,10 6214
Азейский уголь	9,00 189	2,10 109	31,00 19	1,90 26	3,10 117	0,0045 9224	47,10 9684
Дрова (сосна)	-	1,00 52	30,00 18	0,50 7	1,00 80	0,00018 369	32,50 526
Мазутный котел (1,0 МВт; механические форсунки)							
Мазут М 100	7,00 147	2,00 104	7,00 4	0,22 3	0,38 30	$3,0*10^{-6}$ 6	16,60 294
Электрокотел ($\eta_{эл.к}$ = 0,95; λ = 0,1; $\eta_{эл.}^{ТЭС}$ = 0,37; нормативы выбросов ЗВ для котлов ТЭС)							
Черемховский уголь (ТШУ)	14,00 294	5,32 277	-	3,13 43	-	-	22,45 614
Азейский уголь	12,50 263	3,42 178	-	3,13 43	-	-	19,05 484
Мазут	12,50 263	2,69 140	-	-	-	-	15,19 403
Природный газ	-	1,35 70	-	-	-	-	1,35 70
Тепловой насос (φ = 4,0; λ = 0,1; $\eta_{эл.}^{ТЭС}$ = 0,37; нормативы выбросов ЗВ для котлов ТЭС)							
Черемховский уголь (ТШУ)	3,32 70	1,26 66	-	0,74 10	-	-	5,32 146
Азейский уголь	2,97 62	0,81 42	-	0,74 10	-	-	4,52 114
Мазут	2,97 62	0,64 33	-	-	-	-	3,61 95
Природный газ	-	0,32 17	-	-	-	-	0,32 17

* - летучая зола, присутствующая в уходящих газах отопительных котлов малой мощности (угольных и мазутных), а также домовых печей, обогащена сажей и в отличие от летучей золы ТЭС является биологически активной.

Выводы

1. Техническое несовершенство традиционных теплоисточников малой мощности, главным образом маломощных угольных котельных, низкое качество применяемого топлива и отсталость российского природоохранного законодательства предопределяют высокий уровень их негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье населения.

2. Реальную экологическую альтернативу традиционным теплоисточникам малой мощности могут составить в настоящее время тепловые насосы и комбинированные теплопроизводящие системы на их основе с использованием местных возобновляемых и вторичных источников низкопотенциального (5÷40°С) тепла.

3. Работа ТН с электроприводом не приводит на локальном уровне к загрязнению окружающей природной среды и не наносит вреда человеку, а с учетом малых выбросов при выработке электроэнергии на ТЭС их системное воздействие на окружающую природную среду на порядок меньше, чем при работе угольных котлов малой мощности.

4. Теплоисточники на базе ТН с газомоторным приводом являются перспективной энергосберегающей экологически чистой технологией производства тепла с использованием природного и других горючих газов и имеют большой потенциал для применения в децентрализованных системах жизнеобеспечения объектов малоэтажной застройки.

Литература

1. ГОСТ 20548-87. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью до 100 кВт. Общие технические условия.
2. ГОСТ 30735-2001. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия.
3. Филиппов С.П., Павлов П.П., Кейко А.В., Горшков А.В., Белых Л.И. Экологические характеристики теплоисточников малой мощности. /ИСЭМ СО РАН. Препр. № 5., Иркутск, 1999.- 48 с.
4. Пугач Л.И. Энергетика и экология. - Новосибирск.: Изд.-во НГТУ, 2003.- 504с.
5. ГОСТ Р 50831-95. Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общетехнические требования.
6. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.-853с.
7. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения.- М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. - 600с.
8. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду:Учебное пособие. - СПб: Известия С-Петерб. ун-та, 2006.- 261с.
9. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003г № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления (в ред. Постановления Правительства РФ от 01.07.2005г № 410)».

УДК.87.53:62.004.8

МНОГОПРОФИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ФЕКАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ЧЕЛОВЕКА, ПТИЦЫ, ЖИВОТНЫХ ДЛЯ ЧАСТНОГО ДОМА, ДАЧИ, СТО и ДРУГИХ МАЛЫХ ОБЪЕКТОВ

Кандыба А. Н.
ИП Кандыба А.Н., г. Новосибирск

Для малоэтажных жилых зданий, частных домов, СТО, складов утилизация фекальных отходов является важной задачей в случае отсутствия подключения к канализации. Между тем, уже более 10 лет производится оборудование, обеспечивающее не только утилизацию, но и переработку такого типа отходов в полезную субстанцию (рис. 1) [1].

Оборудование состоит из емкости, в которую периодически поступают фекальные отходы. После наполнения емкости оборудование включается на 24 часа и выдерживается при температуре 90-120 градусов. Весь процесс происходит при отсутствии запаха, что немаловажно при переработке помета кур и свиней. За это время происходит утилизация отходов, при которой погибает патогенная флора, яйца гельминтов, различных паразитов, аскарид. После остывания остаток можно сливать в яму, выкопанную в земле. Получаемые отходы могут использоваться как минеральное удобрение для почвы на дачном участке. Хотелось заметить, что утилизируются только фекальные отходы и немного воды для их смыва. Мое предложение заключается в раздельном использовании для утилизации фекальных отходов и хозбытовых стоков. К слову, для хозбытовых стоков можно использовать жироловку, после которой вода может сливаться в выгребную яму и уходить в землю, тем самым пополняя подземные запасы. А поскольку в ней будут отсутствовать жиры, то и земля будет постоянно пропускать такие стоки; и ассенизационной машины не потребуется. Есть еще небольшие новшества при таком способе утилизации фекальных отходов для частного дома. Они заключаются в использовании оборудования для доставки фекальных отходов в емкость, в которой происходит утилизация. Это шведское оборудование SFA: в унитаз вмонтирован насос, который при наполнении 3-4 литров, в автоматическом режиме измельчает фекалии и перекачивает под давлением по трубе D 32 на расстояние до 30 метров в имеющуюся установку. Мощность установки 2-3 кВт/ч, в зависимости от объема. Смыв происходит под давлением и тратится 200 -300 миллилитров, а не 10 - 15 литров, как в Российской сантехнике. Поэтому несложно посчитать стоимость утилизации. Например, семья из 3-5 человек за два месяца наполняет емкость в 500 литров, потом включает оборудование мощностью 3 квт/ч на 24 часа, пусть по 3 рубля - получаем 216 рублей за два месяца. На своей даче использую оборудование на 60 литров, для удобства сделанное на колесах, что бы вывозить в любое место огорода для слива после утилизации. Практика показала, что я его использую 1-2 раза за лето, с мая до октября. Стоимость одного раза при мощности 1,5 кВт/ч составляет 108 руб …….

Слева на рис.1 представлена фотография мобильного оборудования производительностью 60 л. Габариты 60 мм на 90 мм, потребляемая мощность 1.5 кВт/ч. Время работы 24 часа после наполнения. Стоимость 20 тыс. руб.

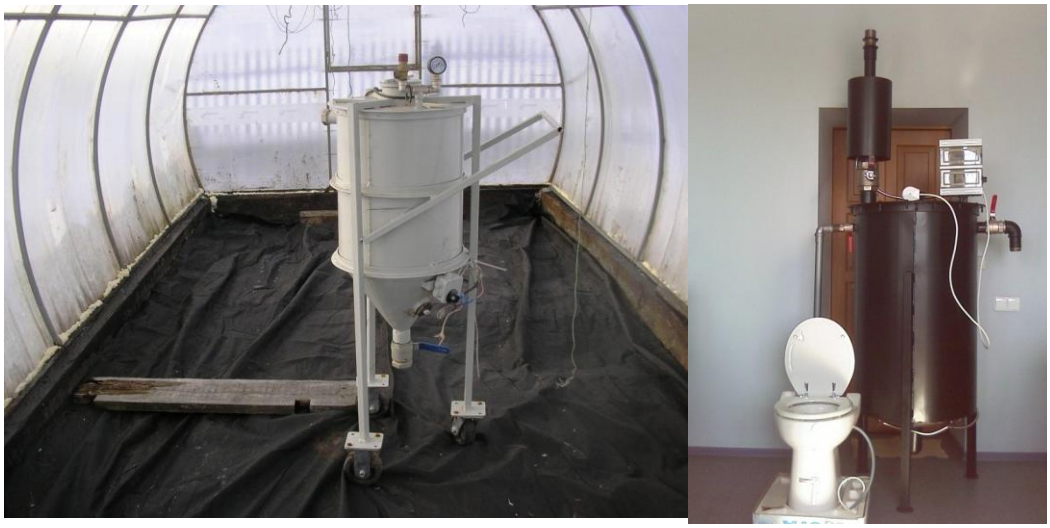


Рис.1. Оборудование утилизации и переработки фекальных отходов на 60 (слева) и 500 (справа) литров.

Для небольших индивидуальных домов, в которых зимой тепло, полезно использовать оборудование для утилизации и переработки фекальных отходов на 500 л, совмещенное с санитарным узлом, представленное на рис.1 справа. Габариты 80мм на 1,5 метра, потребляемая мощность 3 кВт /ч. Время заполнения 2-3 месяца. Стоимость вместе со шведским SFA насосом- унитазом (рис.1) составляет 60 тыс. руб. При этом оборудование не вкапывается в землю и может стоять в гараже, подвале, отдельной технической комнате.

Обслуживание представленного оборудования не требует специальных навыков и заключается в сливе переработанных отходов в специально выкопанную яму. Включение оборудования происходит только после его наполнения…

Литература

1. Пат. 2181563 (РФ) от 21.06.2000 г.

УДК. 728.1.012:71

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ В СИБИРИ

Казаков П.Н.
ООО «Энергетическая промышленная компания», г. Омск

На границе тысячелетий и эпох остро стал вопрос о путях дальнейшего развития цивилизации. Наиболее четко просматриваются два подхода: техногенный и экологический.

Техногенный подход базируется на достижениях науки и технологии XIX и XX веков, который демонстрирует уникальные технические возможности человеческой цивилизации в выборе средств и методов повышения комфортности и благополучия. Однако на пути данного подхода встает факт лимита освоенных и разведанных полезных ископаемых.

Экологический подход является альтернативой выхода из кризисной ситуации, в которой оказалось человечество, но он остается на декларативном уровне и не получил необходимого методологического и практического обоснования.

По данным Национального института по безопасности жилья и здоровья США (2002 г.) один миллион зданий в США имеет плохое качество внутреннего воздуха, в результате чего снижается производительность труда, и величина этих потерь достигает 60 миллиардов долларов в год... В последние сорок лет специалисты установили, что в помещениях, помимо людей, существует множество других источников загрязнения.

Архитектура, как система организации жизнедеятельности, рассматривается как социальная и экономическая политика, но недостаточно изучена как **система целенаправленного оздоровительного влияния на население и кормящий ландшафт**. Сегодня, говоря об экологической направленности архитектуры, мы чаще констатируем неблагоприятное влияние в виде загрязнения городской среды и агрессивных визуальных полей (экология, видеоэкология и т.д.).

Установлено научными исследованиями, качество воздушной среды закрытых помещений в целом зачастую хуже, чем атмосферного городского воздуха,— содержание химических токсичных веществ в жилых и общественных зданиях в 1,4—4 раза выше, чем снаружи.

На строительство жилья и его обслуживание тратится не менее 1/3 национальных ресурсов. Типология многоэтажного жилища, разработанная в 60-е годы, является энерго - и ресурсозатратной. Так, на строительство 1 м² крупнопанельного и кирпичного жилья затрачивается не менее 0,550 т.у.т./м² при эксплуатации – не менее 120(кВт·ч/год)/м², реально с потерями в сетях до 300–400 (кВт · ч/год)/м².

Затраты государства на коммунальное обслуживание многоэтажного КПД жилья при стоимости 1000 м³ газа 47$ составляют около 1$ в месяц/м², из них население оплачивает не более 70%. В себестоимости цемента и др. стройматериалов стоимость газа составляет ~50%. Что произойдет в жилищном секторе при стоимости газа 160–230$ и средней зарплате 250$?

Зарубежные исследования показывают, что, чем больше энергии затрачено на строительство жилища, тем оно дороже и вреднее для здоровья (рис. 1).

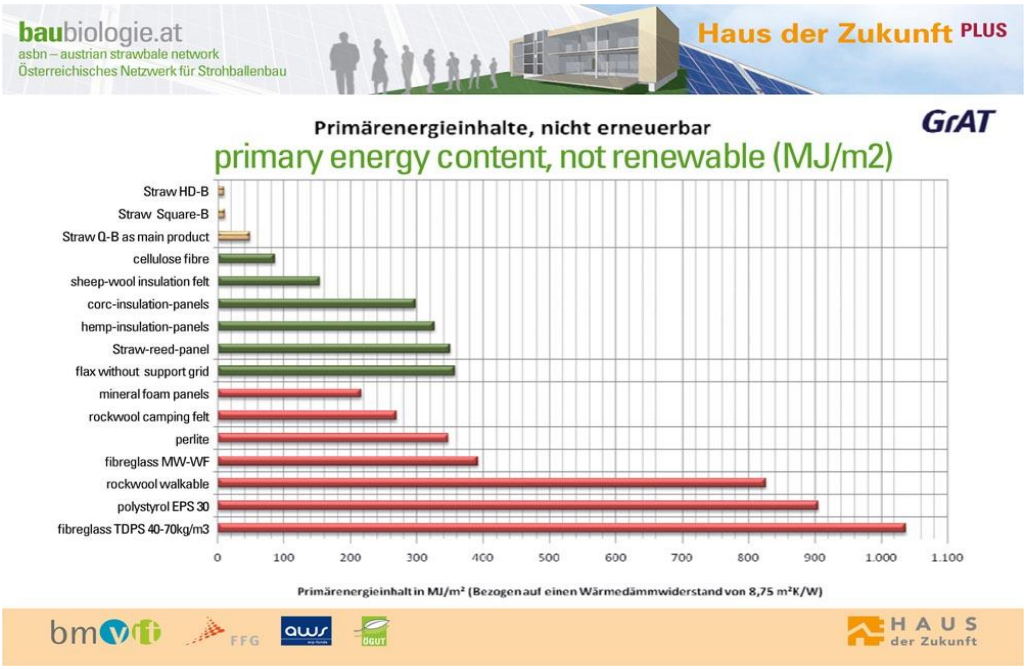


Рис. 1. Схема энергозатрат на производство строительных материалов [1].

Многие современные строительные материалы, которые активно продвигаются на нашем рынке, заранее грабительски убыточные, на производство которых затрачено столько энергии, что они не смогут сэкономить за тысячу лет. На рис.1. показаны красным цветом теплоизоляционные материалы, которые негативно влияют на здоровье жильцов. Как себя ведёт пенополистирол (ППС) во время пожара показала трагедия в клубе «Хромая лошадь» г. Пермь. Зелёным цветом выделены материалы, которые нейтральны по отношению к здоровью жителей. Желтым цветом выделен единственный материал, который положительно влияет на здоровье жильцов и не требует больших затрат на производство – это солома.

Дальнейшее строительство энерго-затратного жилья приведет к кризису в энергетике, городском хозяйстве, социально-экономических отношениях и вызовет другие негативные явления. Мировой экологический и экономический кризис усугубляется лимитом разведанных и освоенных природных ископаемых, на которых строится современная экономика и организация системы жизнеобеспечения расселения городов и поселков (рис. 2) [2].

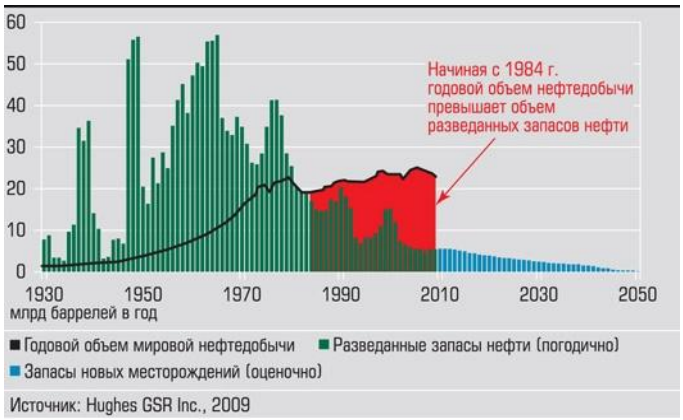


Рис. 2. Растущий разрыв между ежегодным объемом мировой добычи нефти и объемом разведанных запасов 1930-2050 гг.

Как влияют материалы жилища на здоровье человека можно проиллюстрировать фотографиями ауры одного и того же человека, помещенного в кирпичный и соломенный дома (рис. 3). Как отмечено исследователями наиболее положительное влияние на здоровье человека оказывает солома, используемая как строительный материал. Современный кирпич разрушает энергетическую оболочку человека, т.к. на его производство тратится большое количество угля или газа. Дома, выполненные из самана и дерева, позиционируются как нейтральные и не оказывают негативного влияния.

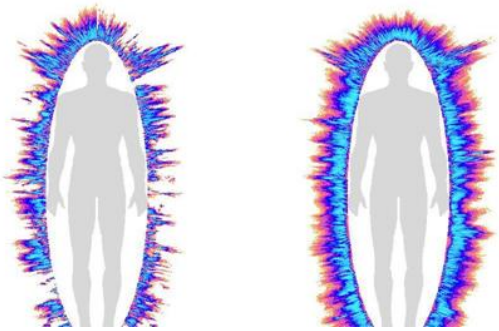


Рис. 3. Фото ауры одного человека в жилище из бионегативных и биопозитивных материалов [1].

Принцип биосферной совместимости базируется и на выборе местных **строительных материалов, дружелюбных для потребителя**. Сегодня уже ясно, что строительные материалы, несущие энергетику убийства и безрассудного расхода ископаемых энергоресурсов, негативно влияют на здоровье потребителей. Требуется тщательный отбор и изучение последствий влияния строительных материалов на здоровье жильцов и окружающий ландшафт.

Проблема **энергоснабжения и систем жизнедеятельности** так же связана с проблемами **биосферной совместимости**. Использование возобновляемых источников энергии благоприятно сказывается на здоровье потребителей. Использование невозобновляемых и ядерных источников энергии негативно сказываются на здоровье. Даже созерцание огня горящего дерева и горящего угля, по-разному влияет на здоровье зрителя. Если созерцание огня от горящего дерева благоприятно влияет на здоровье человека, то созерцание горящего каменного угля или газа оказывает негативное влияние.

Рассматривая принцип энергопотребления как экологический подход в строительстве и архитектуре можно привести следующие сравнительные характеристики строительных материалов по энергозатратам на строительство (рис. 4) и эксплуатацию жилища в год на метр квадратный (рис. 5).

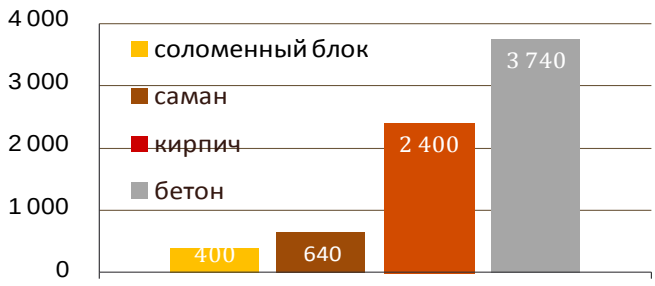


Рис. 4. Приведенные энергозатраты на строительство кВт·ч/м²/год [1]

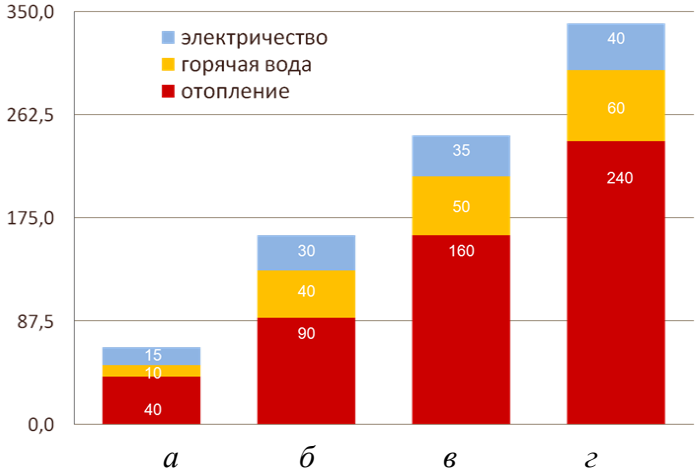


Рис. 5. Годовые энергозатраты на эксплуатацию жилья кВт·ч/м²/год [1].
а – соломенный блок; *б* – саман; *в* – кирпич; *г* – бетон.

Сравнительные характеристики проектов, выполненные в разных строительных материалах и построенные в одном климатическом районе, по энергозатратам на отопление.

Здание клуба выполнено в деревянном каркасе с заполнением соломенными блоками толщиной 450 мм и глиняной штукатуркой с двух сторон по 50 мм. Объект находится на завершающей стадии строительства. Жилой дом выполнен на бетонном фундаменте с подвалом из калиброванного бруса толщиной 300 мм с утеплением по внутренней стороне соломенными матами толщиной 100 мм. Объект находится в стадии строительства и теплотехический расчет выполнялся по просьбе заказчика для выбора печи.



Рис. 6. Клуб в с. Бердянка Азовского ННМР Омской области.
Годовое энергопотребление на отопление Клуба 10,60 Гкал, в январе 3,19 Гкал



Рис. 7. Жилое здание Азовского ННМР Омской области
Годовое энергопотребление на отопление дома 25,44 Гкал, в январе 6,59 Гкал

Литература

1. Широков Е.И. На пути к устойчивому развитию Беларуси [Электронный ресурс]: Авторский материал // Е.И. Широков. – URL: http://area7.ru/referat.php?4867.
2. Мировой кризис: Мало не покажется [Электронный ресурс] // Эксперт. - URL: http://expert.ru/expert/2012/16/malo-ne-pokazhetsya/.

УДК.574.22

СЕМЕЙНЫЙ ЭКОДОМ КАК ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЕДИНИЦА (СИСТЕМА НИЗШЕГО УРОВНЯ) СИСТЕМЫ ТЕРРИТОРИЙУСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Любарский С.Е.
Казанский (приволжский) федеральный университет, г.Казань

Устойчивое развитие территорий – это прежде всего жизнь без привлечения сторонних материальных ресурсов, с высоким уровнем самодостаточности и воспроизводимости, не требующая значимых затрат невосполнимых ресурсов и потому не ограниченная временными рамками. Обратим внимание, что в современном мире всё большую часть в балансе материальных и энергетических потоков поглощает не производственный, а жилой сектор (вкупе с агрокомплексом, как необходимым звеном жизнеобеспечения).

Рассмотрим внимательно зону проживания людей. Дом - это пространство, где человек проводит большую часть своей жизни. А с развитием различных видов удалённой трудовой деятельности часть эта будет со временем расти. Может ли это пространство быть зоной устойчивого развития? Очевидно, что городские многоэтажки всегда будут лишь потребителями ресурсов. Другое дело – коттеджная, усадебная застройка с прилегающими земельными участками. Эта территория вполне может стать самодостаточной по многим параметрам. Но, естественно, она должна быть образована по большей части элементами с аналогичными свойствами.

Таковыми являются ячейки – дома семейного пользования. Сейчас даже появилось модное наименование «экодом». Правда в полном смысле это может быть лишь единство энергоэффективного дома и прилегающего земельного участка, «замыкающего» большую часть энергетических и ресурсных потоков, а также обеспечивающего полноценную здоровую среду обитания, восстановления и личностного развития проживающих людей.

Приусадебная территория вполне способна при небольших затратах труда обеспечить семью практически всеми основными продуктами питания, прежде всего растительными, но и значительной частью животных.

К примеру, достаточно 4-6 соток огорода (при наличии сидерального клина – до 7 – 8) и затрат физического труда в рамках борьбы с гиподинамией (1 – 2 чел*час в день и изредка несколько часов в выходные – преимущественно во время посева и уборки урожая), чтобы семья из 4 человек весь полевой сезон получала достаточное количество витаминной зелени и овощей, а также создала запасы корнеплодов, включая картофель, на всю зиму. При этом необходимо уточнить, что используемые технологии ГАРАНТИРУЮТ достаточный суммарный урожай практически независимо от колебаний природных условий (засухи, ливни и пр.) и почти не требуют затрат энергии кроме энергии солнечного света (даровой).

«Главные тайны» технологии

1. Минимальная и только поверхностная обработка почвы (5 – 6 см) без оборота пласта, с «постоянными» грядами и дорожками между ними.
2. Мульчирование почвы везде и всегда, где это возможно, органической мульчой – газетами, картоном, соломой, опилками, старым сеном, бурьяном из-за околицы, ореховой скорлупой, шкурками от семечек, сорняками и т.д. «Голой» почва быть не должна. В сочетании с микробиологическими препаратами типа «кюссей», «сияние» или «немного хорошего летнего (на травах) навоза КРС», это позволяет наладить самый эффективный тип питания растений – динамический.
3. Максимальное использование различных сидератов – как в течение всего сезона на отведённых участках, так и в качестве предшествующих и пожнивных культур. Опять же, «голой» почва быть не должна.

4. Грамотное сочетание различных культур, как на соседних грядах, так и непосредственно внутри гряд. Аналогично и грамотный плодосмен – чередование культур по годам, что позволяет избежать почвоутомления, накопления патогенов и вредителей и просто отпугивает и сбивает с толку последних. Важно отметить, что при уже достигнутой урожайности картофеля 500 – 600 кг/сотку и реальной потребности семьи при сбалансированном рационе в 200 – 300 кг/год (50-60 кг/чел/год), последний занимает на огороде от 20 до 30 % площадей и легко включается в севооборот.

Приведём наиболее удачные комплексные грядки из числа опробованных (длина гряды около 10 м.):

1. После уборки картофеля в конце августа гряда засевается овсом. В начале сентября по средней линии во взошедший овёс высаживаются две строчки чеснока. В начале июня по краям гряды высевается семенами или высаживается рассадой свёкла. Чеснок в июле убирается. Итого – 5-6 кг чеснока (плюс посевной материал для следующего года) и 35 – 40 кг свёклы.

2. До начала июня гряду занимает озимая рожь. Затем рожь подсекается, после двух недель «отдыха земли» (аллелопатия) по оси высаживается рассада поздней кочанной капусты, вдоль одного из краёв, чередуясь с капустой, корневой сельдерей, между сельдереями немного рассады репчатого лука, по другому краю, чередуясь, бархатцы и картофель. Поверх на всей грядке взошёл самосев укропа. В результате, первый год эксперимента такая грядка дала по 15-16 кг капусты, на второй по 35 – 40кг, на третий по 70 – 80 кг, плюс 10 – 12 кг корневого сельдерея, немного картофеля, неопределённое количество (достаточно) укропа, как на зелень, так и на засол. Наличие всех сопутствующих растений привело к практически полному отсутствию на капусте вредителей.

3. В середине мая вдоль оси гряды размещаются две строчки моркови. К ним (в строчки) подсевается немного салата и чуть больше редиса. По краям высаживается рассада репчатого лука, выращенная дома из семян, для получения в один сезон урожая репки. В результате: первыми всходят салат и редис, обозначают рядок медленно всходящей моркови (маячные культуры). При этом салат достаточно эффективно отгоняет от редиса крестоцветную муху, уберегая его корнеплоды от повреждения её личинками. После обозначения рядков можно прорыхлить междурядья ещё до всходов моркови, ликвидируя большую часть сорняков в фазе «ниточки». Когда первый урожай (салат, редис) снят, начинается активный рост моркови, при этом она эффективно защищает лук от луковой мухи, а лук, в свою очередь, охраняет морковь от первого поколения морковной мухи. В разрывы грядки через каждый метр высажены кусты низкорослых помидоров, тагетесы и базилик. Базилик защищает томаты от вредителей и улучшает их вкус. Все вместе они остаются на грядке после уборки лука и защищают морковь от второго поколения морковной мухи, хотя, к сожалению, не так эффективно, как лук. После уборки лука в начале августа, морковь на освободившемся пространстве набирает вес до октября. В результате, грядка даёт около 25 - 30 кг товарной моркови, 9 – 12 кг лука – репки. Учесть урожай салата, редиса, помидор и базилика не представляется возможным, но он тоже значимый (и очень качественный и вкусный). Ко всему прочему, постоянное заполнение пространства хозяйственно-ценными культурами оставляет мало свободного места сорнякам, и управлять их численностью значительно проще.

Очевидно, что выбранная технология ведёт к повышению продуктивности почвы год от года и к увеличению урожая при постепенном уменьшении занятых площадей и снижении трудовых и временных затрат.

Я здесь не говорю о таких резервах здоровья, как потребление многих «сорняков» в качестве БАДов и витаминно-овощных продуктов, о напитках из дикоросов («зелёных коктейлях», «чаях»), которые с лёгкостью можно вырастить на «чайных клумбах» и многом другом, что становится доступным жителям домов усадебного типа.

Реализация этого подхода в достаточно массовом порядке позволит:

На уровне ячейки – семьи, усадьбы, экодома:

- обеспечить людей экологически безопасными высококачественными продуктами питания,
- значительно повысить уровень здоровья,
- снизить психологическую внутрисемейную напряжённость, обеспечить преемственность поколений и т.д.,
- само наличие объекта совместного труда на благо семьи будет служить существеннейшим цементирующим фактором её стабильности и устойчивости,
- существенно уменьшить иждивенческие настроения людей, желание переложить ответственность на: президента, главу муниципального образования, врачей, учителей, ЖКХ, торговлю и т.д.,
- изменить психологию на настрой творца, созидателя, человека с активной жизненной позицией, гражданина своей Родины,
- организовать достаточно высокий уровень занятости населения даже в условиях кризисов и возможной неполной загрузки по основному месту работы,
- на уровне государства: снять зависимость от импорта продуктов питания,
- оптимизировать нагрузку на агропромышленный комплекс, оставив в основном пр-во зерна, кормов, животноводство. А также производство внесезонной высококачественной продукции,
- значительно уменьшить нагрузку на энергетический комплекс,
- существенно улучшить экологические условия внутри страны,
- значительно улучшить демографическую ситуацию, поскольку при гораздо большей материальной (и продуктовой) стабильности и психологической устойчивости семьи количество (и здоровье) детей будет быстро расти,
- улучшить социальный климат, поскольку дети, растущие в семье, занятой постоянным совместным трудом на земле, и с детства привыкающие посильным образом участвовать в нём и вкушать зримые «плоды трудов своих», будут вырастать с чувством хозяина своей земли, ответственного за её будущее.

К сожалению, в настоящее время районы усадебной застройки являются значимым потребителем ресурсов – как энергетических и материальных, так и пищевых. Постепенное внедрение альтернативных источников энергии – солнечной, ветровой и т.д. и создание локальных энергосетей, а также строительство домов с повышенными теплозащитными характеристиками и рекуперацией теплопотерь, позволит превратить такие жилые массивы в зоны нулевого энергопотребления.

Что касается избавления от внешней зависимости семьи по продуктам питания, проблема в значительной мере может быть решена путём пропаганды и просвещения, потому что она является в большей мере психологической – многие, даже взяв дом с землёй, боятся её использовать. Им кажется это страшно трудоёмким и непроизводительным. Результат – газон и голубые ёлочки на чернозёме у дома и пища импортного производства сомнительного качества из супермаркета. Другие же, сохранившие деревенские корни, засаживают всё картошкой, получая с одной стороны несбалансированный рацион питания, с другой монокультуру, истощающую почву, требующую значительных затрат тяжёлого физического труда («как трудились прадеды»), химзащиты и т.п. И всё это к тому же не способствует энтузиазму подрастающего поколения.

Истина на самом деле в том, что, используя новые знания, можно не мешать земле, не насиловать её, а помогать ей раскрыться (при этом богатея) и накормить, наконец, своё неразумное дитя!

УДК 614.78; 628.1; 628.5

ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИЭЛЬКОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АРТЕЗИАНСКОЙ ВОДЫ

Назаров А.Д., Серов А.Ф., Тарарин В.Н.
Институт теплофизики им. Кутателадзе СО РАН
г. Новосибирск

Объектом исследований являлся проточный метод и средства регистрации зависимости действующего значения диэлектрической проницаемости и проводимости воды из артезианской скважины от концентрации растворенных минеральных солей. Полученные результаты исследований позволят создать доступный по цене прибор для поточного метода определения качества воды на локальных источниках.

Природные воды представляют в основном растворы смесей сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы Na+, K+, Ca^{2+}, Cl-, SO_4^{2-}, HCO_3-. Эти ионы и обуславливают диэлектрическую постоянную и электропроводность природных вод. Присутствие других ионов, например, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, NO_3-, HPO_4-, H_2PO_4- не сильно влияет на электрофизические параметры, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах. Состав вод позволяет определить принадлежность её к стратиграфическому горизонту. Значительные временные затраты на проведение лабораторных исследований не позволяют непрерывно отслеживать динамику состава проб и оперативно реагировать на внезапные изменения показателей загрязнения влаги. Высокая скорость определения принадлежности вод к тем или иным горизонтам, позволяет установить режим эффективного использования воды в эксплуатируемом бассейне.

По опыту подразделений санэпиднадзора одним из основных методов контроля является гидрохимический метод наблюдения за составом ионов в пробах воды. В настоящее время детализация гидрохимической характеристики воды, которая выносится из скважины, проводится по ряду показателей: основным ионам, общей минерализации, гидрохимическим коэффициентам и активно ведется разработка электро-физикохимических методов. Ряд авторов отмечают, что появление в водной среде многих загрязняющих веществ и их комбинаций можно зафиксировать по изменению макроскопических физических показателей среды, таких как диэлектрическая проницаемость, удельная проводимость, вязкость, теплопроводность [1].

Из известных методов физического контроля диэлькометрия наиболее чувствительная к изменению состава, поскольку диэлектрические характеристики определяются не только составом, но и структурой водных систем. Вопросам, связанным с измерением диэлектрической проницаемости и удельной проводимости, посвящены многочисленные исследования. Наиболее перспективным методом повышения разрешающей способности системы диэлькометрического регистратора является схема *LC*-генератора с самовозбуждением колебаний в контуре с измерительной ячейкой [2, 3]. Активные потери и диэлектрическая постоянная пробы изменяют угловую частоту колебаний генератора $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, содержащего только индуктивность L и емкость C. Влияние потерь на частоту описывается следующим соотношением:

$$\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{1+\mathrm{tg}^2\delta}{1+1/Q^2}},$$

где $tg\ \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь в диэлектрике конденсатора; Q – добротность контура на частоте резонанса.

Разрешающая способность предложенного метода определяется в основном добротностью колебательного контура и только при низкой добротности (больших потерях) наблюдается значительное изменение частоты колебаний.

Для оценки разрешающей способности и усовершенствования предложенного метода был изготовлен специальный коаксиальный объем измерительной ячейки, позволяющий выполнять измерение объемной активной и реактивной проводимостей пробы (рис. 1). Эталонной пробой являлась дистиллированная вода. Испытания показали, что точность измерения емкости с помощью предложенной измерительной ячейки на 10 – 15% выше, по сравнению с другими конструкциями измерительных ячеек. На рис.1 приведен эскиз измерительной ячейки и схема подключения цифрового двухчастотного измерительного моста.

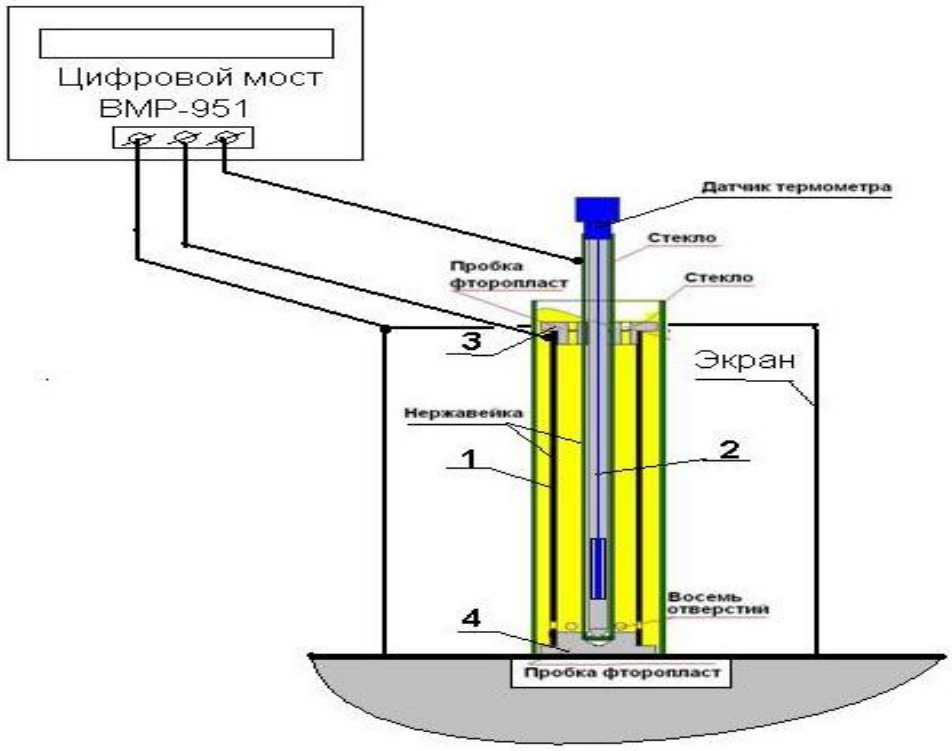
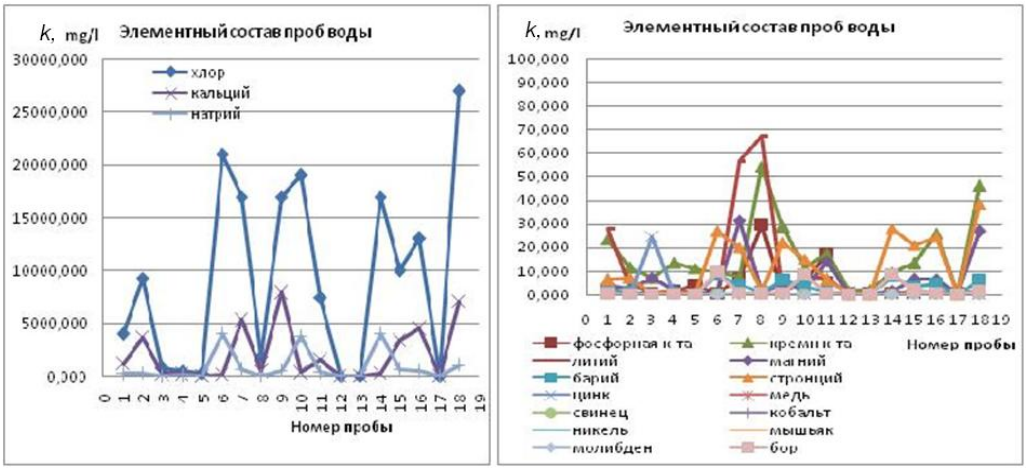


Рис. 1. Измерительная ячейка

Коаксиальные электроды (1, 2) измерительной ячейки изготовлены из легированной стали, изолирующие оболочки выполнены из кварцевого стекла, центрирующие шайбы (3, 4) – фторопласт. В полость центрального электрода встроен датчик температуры лабораторного термометра с погрешность dT = +/-0.1 C°. Контрольные величины проводимости и емкости измерительной ячейки определялись при температуре $T = 20^0$ C и равнялись: $S_0 = 5$ mks; $C_0 = 10.2$ pF.

В качестве объекта исследования были использованы пробы воды: артезианской, водопроводной, природной из осадков (дождь, снег) и техногенной из скважин различного срока эксплуатации. Пробы воды с описанием элементного состава были любезно представлены коллегами из Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.



а б

Рис. 2. Концентрация элементов в пробах воды.
2а – крупный масштаб концентрации примеси; 2б – мелкий масштаб для отображения примеси небольшой концентрации.

На рисунках (2а и 2б) приведён элементный состав проб в двух масштабных диапазонах концентрации примесей. На первом (рис. 2а) концентрации примеси *k* показаны в масштабе от *0 mg/l* до *30000 mg/l*, что позволяет увидеть минералогический и химический состав примесей большой концентрации в пробах воды. На втором (рис. 2б) в тех же пробах концентрация представлена в диапазоне от 0 *mg/l* до 100 *mg/l*. В этом представлении отображен состав примесей, имеющий небольшую концентрацию в пробах воды.

Полученные данные об уровне и составе примесей позволяют определить чувствительность исследуемого метода, выбрать полосы рабочих частот для измерения активной и реактивной проводимостей, и определить требования к микропроцессорному обрабатывающему устройству.

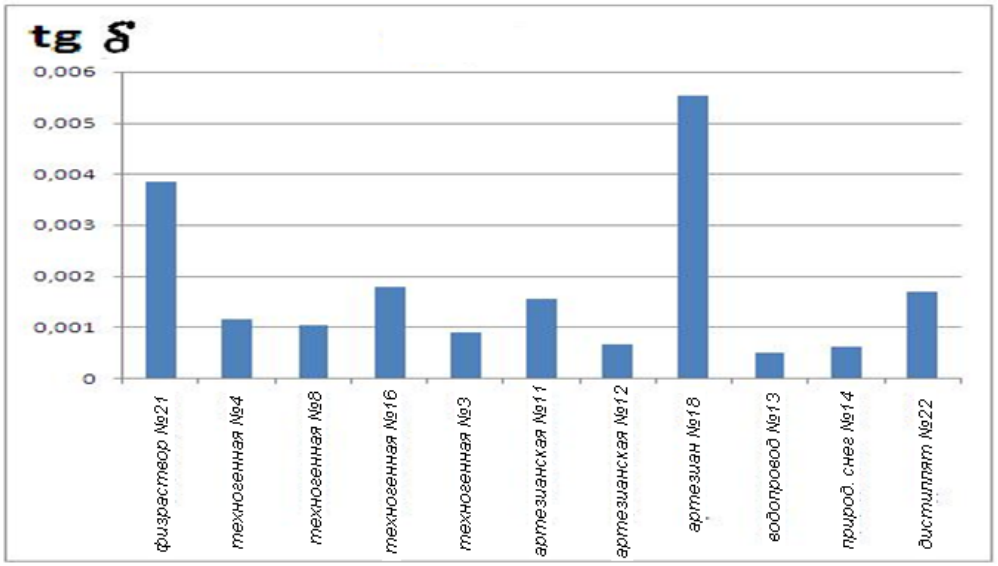


Рис. 3. График потерь для ряда проб воды.

На первом этапе исследований была определена зависимость потерь в объеме измерительной ячейки на частоте 100 Гц для проб воды. Анализ зависимости измеренного тангенса потерь (рис. 3) в контуре измерительной ячейки показал, что нет

четкой зависимости значения тангенса потерь от элементного состава и концентрации загрязнения воды.

На втором этапе были раздельно измерены электрическая емкость и потери в ячейке с пробами воды для двух частот – 100 Гц и 1000 Гц. По полученным данным вычислялось отношение диэлектрической постоянной ε_{100} на частоте 100 Гц к диэлектрической постоянной ε_{1000} на частоте 1000 Гц для каждой пробы воды: $\gamma_\varepsilon = \varepsilon_{100}/\varepsilon_{1000}$. Как показатель влияния загрязнения воды была введена величина: $\zeta_\varepsilon = \gamma/\varepsilon_d$, где ε_d - диэлектрическая проницаемость дистиллированной воды. На рис. 4 в графическом виде приведены значения ζ_ε для каждой пробы воды.

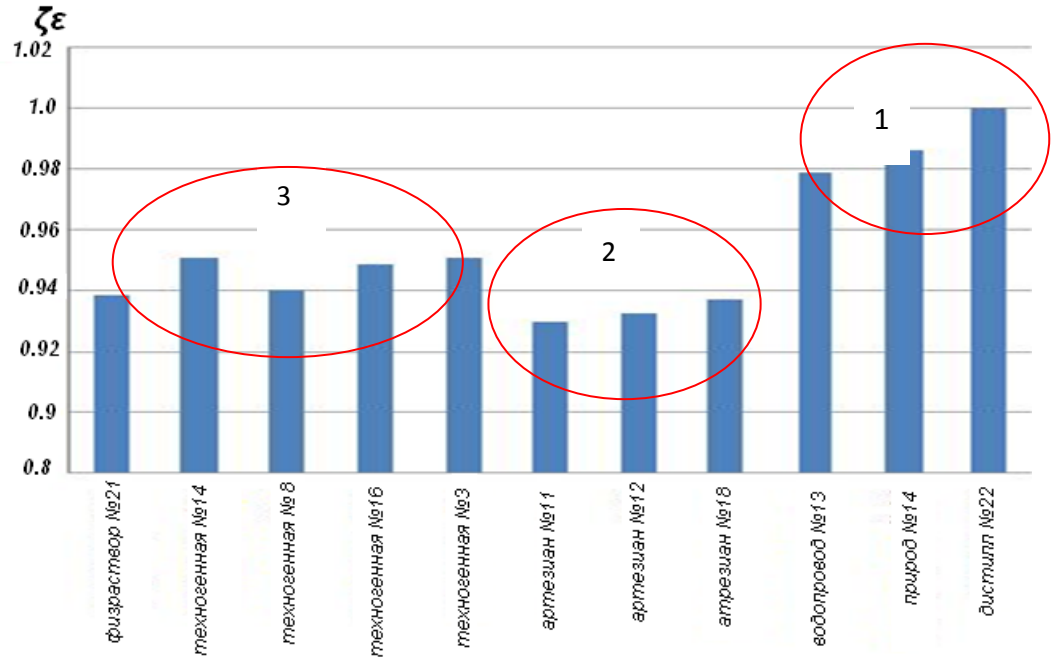


Рис 4. Соотношение диэлектрической постоянной для ряда проб относительно дистиллята
1- пробы дистиллята водопроводной воды и воды из снега (k < 10 mg/l)
2- пробы из артезианских скважин с низким уровнем загрязнения (k ~ 15 mg/l)
3- пробы из технических скважин с высоким уровнем загрязнения (k > 500 mg/l)

Для анализа концентрации примесей в пробах воды с помощью потерь был введен аналогичный показатель $\zeta_s = \gamma_s/s_d$, где $\gamma_s = S_{100}/S_{1000}$; S_{100}, S_{1000} – величины активных потерь в измерительной ячейке с пробой воды на частоте 100 Гц и 1000 Гц, соответственно; s_d – активные потери в ячейке с дистиллированной водой. На рис. 5 показаны значения переменной ζ_s для каждой пробы.

Анализ показывает, что все представленные пробы обладают меньшей величиной ζ_ε относительно эталонной ячейки с дистиллятом (проба № 22, ε_0 ~ 80). Анализ полученных данных показывает (рис. 2, 4, 5), что хорошо прослеживается связь диэлектрической проницаемости пробы с концентрацией примеси и слабое влияние концентрации на величину потери. Группа проб под № 1 (рис. 4) объединяет воду, прошедшую очистку и поданную по водопроводу, природные осадки (снег) и дистиллят, который был принят за эталон. Во вторую группу вошли пробы из различных скважин с низкой концентрацией различных минералов (k ~ 15 mg/l). В третьей группе объединены пробы влаги из газоконденсатных скважин с высокой минерализацией, где присутствуют различные техногенные смеси. Степень загрязнения пробы воды хорошо отражается и в сравнительных показателях диэлектрической постоянной для проб первой и третьей групп (рис. 4).

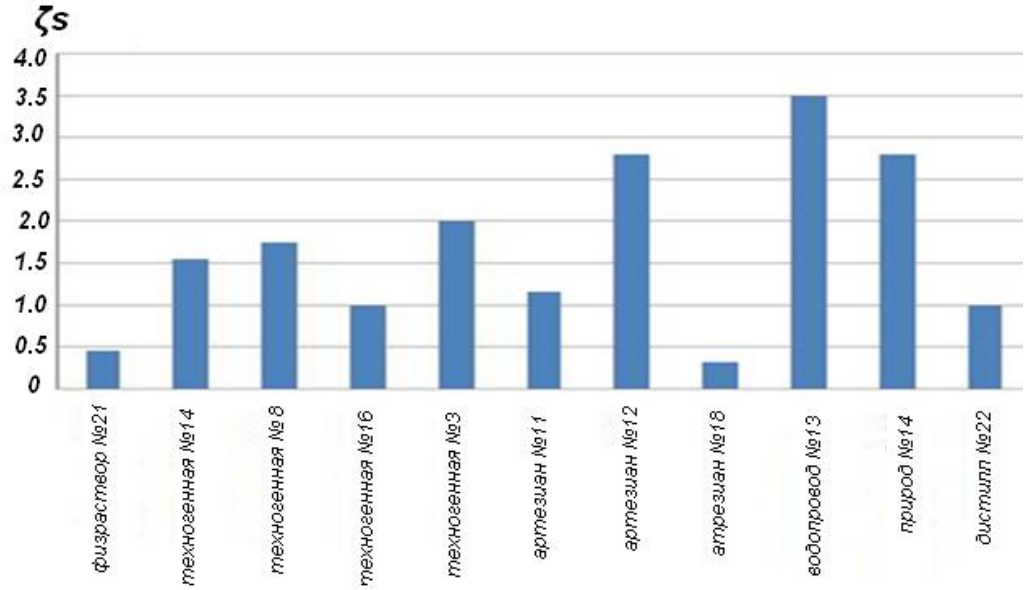


Рис. 5. Соотношение потерь для ряда проб относительно дистиллята.

Выводы

Номенклатура известных средств диэлькометрического спектрального анализа в широкой полосе частот весьма ограничена, а стоимость таких приборов зачастую превышает стоимость многофункционального комплекса приборов для лабораторных исследований. Таким образом, научные разработки по созданию диэлькометрических измерительных преобразователей, обеспечивающих обнаружение внезапных изменений экологических показателей пресноводных сред, с возможностью оценки уровня и вида загрязнения за счет увеличения чувствительности к действительной составляющей комплексной диэлектрической проницаемости и понижение рабочих частот до сотни герц, весьма актуальны.

Полученные данные позволяют определить основные конструктивные параметры устройства, выбрать рабочие частоты для измерения активной и реактивной проводимости и определить требования к программному обеспечению микропроцессорного контроллера.

Литература

1. Подкин Ю.Г., Мишков М.Ю. Вариационное измерение параметров CG-двухполюсников в широкой полосе частот// IV Электронная заочная конференция с международным участием «Молодежь, студенчество и наука XXI века» // -Ижевск, 2004. - с.24-28.
2. Мишков М.Ю. Особенности конструирования вторичных измерительных диэлькометрических преобразователей. //Приборостроение в XXI веке// Труды 4-й научно-технической конференции с междунар. уч. - Ижевск, 2007, с. 31-36.
3. Подкин Ю.Г., Мишков М.Ю., Лихачев А.М. Оценка разрешающей способности системы диэлькометрического экологического мониторинга. Теоретические основы // «Экологические системы и приборы» //, 2008, №7, с. 1115.

УДК.630.232.22

ВОЗРОЖДЕНИЕ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ ЛЕСОМ

Огородников И.А., Огородникова В.И., Степнов А.А.
Институт теплофизики СО РАН, ООО «Экодом», г. Новосибирск

Одна из причин действующей экологической катастрофы является изменение качества атмосферы, связанно с уменьшением лесного массива на планете, с которым, в свою очередь, связано изменение водного баланса и сокращение биологического разнообразия. Восстановление лесного массива будет возвращать планете ее первоначальные качества, благоприятные для нее самой и для человека. Однобокое техногенное развитие, даже если использовать, например, природный ресурс – уголь и со стопроцентным КПД, приводит к тому, что человечество создаст отрицательный экологический след. Решение такой задачи в рамках одного только технократического подхода не возможно. Но прямо сейчас возможно кардинально изменить ситуацию в позитивную сторону путем восстановления леса.

Главное условие – индивидуальная заинтересованность человека в возрождении лесов и возможность это воплотить. Научное обоснование и технологии выращивания леса, совмещенные с технологиями производства натуральных продуктов питания, уже достаточно полно разработаны отечественными учеными [1,2,3,4,5]. Надо чтобы выращивание леса было естественной потребностью как дыхание и питание. При существующей ситуации, когда население разбито на две большие группы: городское и сельское существуют ограничения для формирования массового процесса. Городское население совсем не имеет земельного ресурса для радикального восстановления леса. Сельское население имеет земельный ресурс только для выращивания продуктов питания. Важно отметить, что находясь близко к природе, они не чувствуют катастрофического состояния экосистемы.

Начать решать эту проблему могут люди, имеющие в своем распоряжении значительные участки земли, например, не меньше гектара и нужный для практических целей. Лес, выращенный на собственном гектаре в виде «лесных грядок», является ценным имуществом для хозяина. Это имущество удовлетворит потребность в отоплении дома, как овощи с грядки и фрукты с дерева удовлетворят потребность в питании. Пока таких людей очень мало, но есть тенденции роста.

В чем заключается интерес планеты? Если принять этот подход, то 9/10 лесных грядок круглогодично покрыто лесом разного возраста. При развитии массового процесса это приведет существенному увеличению лесного массива на планете, развитию баланса пресной воды и улучшение качества атмосферы. Кроме того, снизится потребность в использовании невозобновимых видов топлива.

Существо предлагаемого метода с учетом технологий, обоснованных в [2], заключается в следующем. Часть земель поместья предлагается использовать под лесные гряды. Лес, например, березовый растет 7-10 лет после посадки до состояния, когда его можно рационально использовать в виде топлива в течении отопительного периода. Средний диаметр ствола березы в таком возрасте достигает 8-15 см. Чурка такого размера является самым удобным размером для печей отопления и исключает работу по колке дров. Это условие выведено экспертно из наблюдений о том, какие дрова часто продают для отопления в деревнях Алтайского края, Новосибирской области.

Какие возникают преимущества у человека, владеющего собственными лесными грядками:

1. не тратит денег на покупку топлива,
2. не тратит денег на доставку топлива,
3. не тратит время на поиск, заказ,
4. может заниматься заготовкой дров в течение всего года,
5. древесное топливо наиболее экологически чистое,
6. получает дополнительный продукт – зола, используемый как удобрение и чистящее средство,
7. использует лесные грядки для выращивания грибов, лекарственных трав и некоторых видов ягод,
8. собственные веники для бани,
9. ветки, которые не используются в качестве топлива можно использовать для приготовления «теплых» грядок, использовать в виде мульчи, предварительно измельчив на рубильной машинке,
10. плетения мебели, корзин и заборов,
11. сбор почек со срубленных веток,
12. укрытия растений, боящихся морозов и снегозадержания.

Краткое описание технологии выращивания березовых грядок.

Выбранный под березовые грядки земельный участок делится на 11 частей. Выращенный лес с одной части будет использоваться в течение отопительного периода одного года. После этого, вырубленный участок корчуется и держится под «паром» один год или производится улучшение почв по методу [5]. На следующий год вновь засаживается лесом. Через этот цикл последовательно проходит каждый участок 1 раз в 11 лет.

Технология посадки березовых грядок.

Сбор семян. Выбираются маточники – березы с сережками, диаметр ствола которой от 10 - 30 см. Береза должна быть с ровным стволом, чистой корой, свидетельствующих о ее отличном здоровье. Сережки собираются с октября по март в полиэтиленовый пакет предохраняющий от высыхания, но небольшим отверстием для воздуха. Хранить в любом прохладном, не сыром месте. Семена представляют сбой крыльчатки, собранные в плотную кисточку осенью (сережка) и рыхлую, рассыпающуюся, в марте.

Подготовка почвы. Надо организовать полосы чистой земли для посадки. Пласт дернины шириной с лопату (20 см) вырезается и кладется с левой стороны вверх корнями. Такой же пласт вырезается и кладется с правой стороны в верх корнями. Получается длинная канавка с глубиной 10 – 15 см и шириной 40 см без растительности. Это необходимо, чтобы березка выросла до 30 см высотой без подавления ее роста травой. Пока она меньше 30 см, она может погибнуть от растущей травы.

Посадка. Семена засыпают в центральную полосу и присыпают землей на 1-2 см. При весенней посадке необходимо следить за влажностью. При осенней посадке, забивать канаву снегом.

За первый год береза вырастает высотой 0,5 – 1 м. В последующие годы необходимо прореживать по мере необходимости.

Наиболее эффективно березовые грядки буду работать с экодомом, в котором энергозатраты сведены к минимуму и кроме печей, использующих возобновимое топливо, используются другие альтернативные источники.

Еще одно очень важное свойство леса состоит в сохранении водного баланса: родников, ручьев, речек. Чистота воды в источниках зависит от здоровья окружающего леса. Иссушение родников, ручьев и рек происходит при вырубке леса. Новое мировоззрение на природопользование у людей в Родовых поселениях таково, что для поселенцев источники чистой природной воды являются большой ценностью. Вос-

становление источников и их чистоты, зависит от возрождения знаний и понимания того, что эта ценность общая, но в тоже время, принадлежит каждому из нас. И инициатива каждого по восстановлению и сбережению источников на благо для себя и планеты должно стать жизненной потребностью поселенца.

Литература

1. Докучаев В.В. Дороже золота русский чернозем. М: Изд. МГУ. 1994.
2. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений. М: МСХА, 1990.
3. Гиляров М.С. Особенности почвы как среды обитания и её значение в эволюции насекомых.
4. Шапиро В.А. Колонизация планеты Земля. М: Нестор, 1998.
5. Шапиро В.А. Азбука плодородия, как азбука выживания. М: 2011

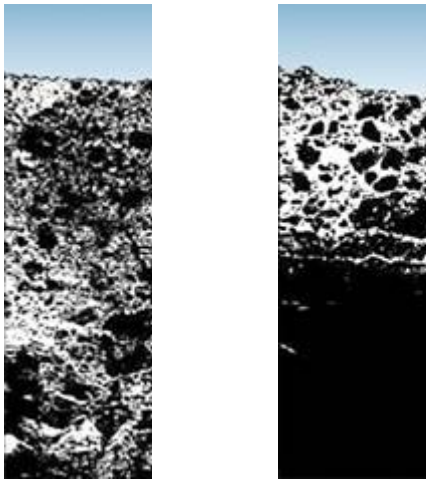
УДК.631.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОТОБЛОКА ДЛЯ НЕГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ БЕЗ ЕЁ УПЛОТНЕНИЯ

Савватеев И. В.
Новосибирский государственный педагогический университет

Устойчивое развитие человечества в настоящее время немыслимо без высокоэффективного и одновременно природосберегающего земледелия.

Занимаясь проблемами обработки малых земельных участков, следует обратить внимание на следующую проблему. Последнее время в специальной литературе появился термин «машинная деградация почв». Он обозначает комплекс вредных последствий, вызываемых колесами, гусеницами и рабочими органами почвообрабатывающих машин. Один из наиболее грозных факторов деградации почв – переуплотнение.



А) Б)

Рис.1. Сечения верхних слоев почвы. А) неуплотненной, Б) переуплотненной
Белый цвет – пространство для воздуха или воды. Черный цвет – почва.

Для того чтобы растения развивались нормально требуется определенное соотношение между основными частями почвы: твердыми частицами, водой и воздухом. Оптимальной будет такая почва, в которой твердые частицы составляют 50%, вода – 30% и воздух – 20% (рис. 1А). Если почва переуплотнена (рис. 1Б), урожайность резко снижается. Это объясняется тем, что переуплотненная почва плохо впитывает влагу, задыхается.

Сечения верхних слоев неуплотненной и переуплотненной почвы наглядно показывают насколько сокращается пространство для воздуха и воды под действием колес и гусениц сельскохозяйственных машин. Увеличение объема этого пространства оздоровливает почву [1].

Почву разрушают и уплотняют колеса и гусеницы сельскохозяйственных машин: тракторов, комбайнов, грузовиков, сеялок, косилок и т. п. Всю эту технику можно представить как систему для обработки почвы и растений, состоящую из двух частей: орудия обработки (орудие) и машины («тягач»), которые перемещают эти орудия (рис. 2).

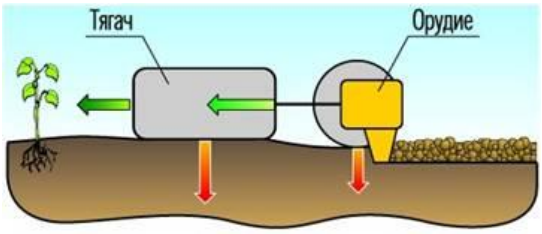


Рис. 2. Система обработки почвы и растений

«Тягач» перемещает орудие по полю, орудие обрабатывает почву, растения. Нежелательный эффект, появляющийся при этом, – разрушение и уплотнение почвы.

Главная функция системы «тягач» + орудие – обрабатывать почву и растения в соответствии с заданной технологией выращивания сельскохозяйственной культуры.

Сейчас, когда следы от тракторов, комбайнов, самоходных машин и автомобилей перекрывают практически 100% посевной площади, проблема уплотнения стала особенно серьезной.

На рис. 3 показана поверхность поля, обнаженная после эрозии верхних слоев почвы. На поле видны следы от колес машин, образованные уплотненной почвой. Следы показывают, что глубокому уплотнению подверглось около 80% площади поля. Снизить уплотнение можно, если использовать сельскохозяйственные машины, совмещающие операции, например, обработку, внесение удобрений и посев [2]. Это позволяет минимизировать проходы «тягача» по полю.

Но всегда ли нужен «тягач» для перемещения почвообрабатывающих орудий?



Рис. 3. Следы сельскохозяйственных машин на поле.

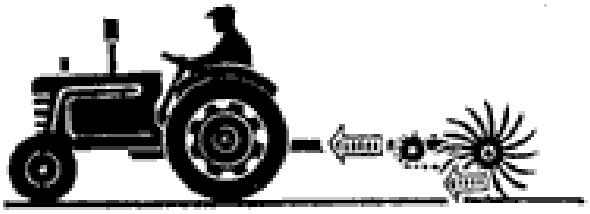


Рис. 4. Трактор с активным культиватором.

В практике сельского хозяйства ограниченно используются машины с активными рабочими органами. Такие машины не требуют от «тягача» больших тяговых усилий (рис. 4). А это, прежде всего, означает, что тракторы можно делать

значительно легче, если мощность почвообрабатывающему орудию передавать не через крюк, а непосредственно через вал отбора мощности. Не нужен большой сцепной вес. Отпадают ограничения скорости движения, так как с увеличением скорости фрез увеличивается сила отдачи отбрасываемой почвы. Будучи направлена вперед, эта сила вызывает ускорение процесса вспашки. Но к чему сведена роль трактора в пахотном агрегате с активными рабочими органами? Тягу такой агрегат развивает самостоятельно, за счет реакции почвы и в принципе может двигаться также вполне самостоятельно. Только у него нет собственного двигателя. Можно поставить двигатель непосредственно на пахотный агрегат и сделать его самоходным. Так и сделано в новом классе машин, которые получили название реактивных почвообрабатывающих агрегатов (рис. 5). Такие машины способны в процессе работы развивать избыточную тягу. Значит, их можно использовать в качестве «тягача» (вместо трактора) для операций типа «вспашка-боронование», «культивация-посев».

Характерной чертой реактивных машин является совмещение функций движителя (органа, приводящего машину в движение; скажем, у автомобиля движитель — колесо) и рабочего органа, производящего основную рабочую операцию — вспашку, в одном приспособлении [3].

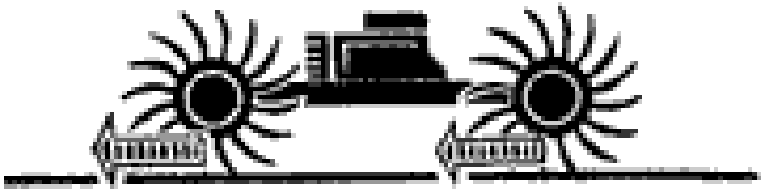


Рис. 5. Реактивный почвообрабатывающий агрегат из двух культиваторов.

Однако это ведет к узкой специализации почвообрабатывающей машины и делает ее нерентабельной не только в условиях малого фермерского хозяйства, но и даже в крупных сельскохозяйственных предприятиях.

После ознакомления с машинами для обработки почвы возникает идея использовать изложенные принципы для создания почвообрабатывающего агрегата на основе мотоблока. Идея данного устройства иллюстрируется (рис. 6).

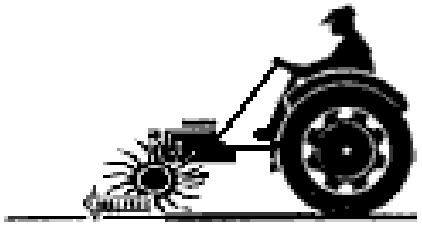


Рис. 6. Почвообрабатывающий агрегат на основе мотоблока.

Оператор размещается на тележке, опирающейся на пневматики низкого давления. Часть усилий, направленных на обработку почвы, увлекают всю конструкцию вперед. Такой агрегат не может конкурировать с трактором по глубине вспашки, но требуется ли это? При биологическом земледелии используется поверхностное рыхление почвы на глубину всего 5-6 см, что позволяет расширить полосу обработки в несколько раз (при одной и той же моторной мощности) [4].

Для предотвращения зарывания рабочих органов на большую глубину на их валы надеваются цилиндрические ограничители (рис. 7).

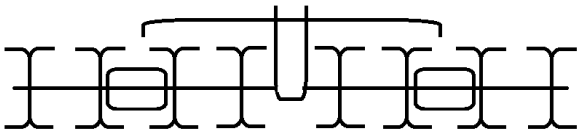


Рис. 7. Схема установки ограничителей на рабочие органы культиватора.

Такая машина облегчает поверхностную обработку почвы и повышает производительность труда на малых участках.

Считается, что решить проблему уплотнения почвы можно, если снизить среднее удельное давление колес на почву до 0,15 кг/см^2, что переопределяет использование пневматиков низкого давления. Дополнительные рабочие органы (высевающий аппарат, бороны и т.п.) могут навешиваться на прицепную тележку. Низкое давление на грунт позволяет двигаться прямо по всходам без их повреждения.

Натурные испытания рабочих органов с ограничителями, проведенные весной и летом 2013 года, подтвердили их принципиальную работоспособность (рис. 8). Однако работа требовала напряженного внимания для предотвращения зарывания рабочего органа в почву при случайных остановках в процессе работы.

Данный недостаток может быть легко исправлен использованием приводного моста на тележке оператора. Это может быть мост от малолитражного легкового автомобиля. Тогда передача вращающего момента производится карданным валом, который не боится «переламывания» рамы. Как показывает опыт создания самодельных снего- и болотоходов, пневматики низкого давления имеют достаточное сцепление с грунтом [5]. Окружная скорость колес должна быть значительно меньше, чем окружная скорость фрез. В этом случае при установке вместо фрез аналогичных колес почвообрабатывающий агрегат становится вездеходом



Рис. 8. Испытания рабочих органов с ограничителями.

Более простым решением может быть установка на почвообрабатывающий агрегат переднего приводного колеса, с таким же соотношением окружных скоростей (колеса и фрез). В таком случае облегчается регулирование глубины обработки почвы и упрощается управление.

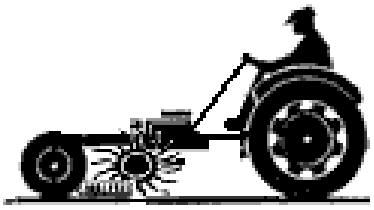


Рис. 9. Почвообрабатывающий агрегат на основе мотокультиватора
с тянущим передним колесом.

Литература

1. Не давите землю [Текст] / А.Скуратович // ТРИЗ-профи: Эффективные решения в сельском хозяйстве. – М.: Кушнир, 2006.
2. Новиков, Ю. Осторожно terra [Текст] / Ю. Новиков – М.: Молодая гвардия, 1972. – 224с.
3. Реактивные машины в сельском хозяйстве. http://www.pandia.ru/2678/
4. О проекте реализации посева «по Овсинскому» на усадьбе [Текст] / Насыров А.Н.[и др.] // Технологическое образование и устойчивое развитие региона: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции: в 3 частях / под ред. В.В.Крашенинникова. – Новосибирск: Изд. НГПУ, 2012. – Ч.3.-190с.
5. В. Шалягин. [Текст] Конструируем пневмоходы. Моделист-Конструктор" 1990, №1, 3, 4, 6, 7

УДК.636.083.1

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХБО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ КЛИМАТОМ

Шапиро В.А.

1. Что дают технологии ХБО

ХБО – Хомобиотический оборот – оборот биогенных веществ, энергии и информации, направляемый человеком разумным.

Технологии ХБО совместно с технологиями, разрабатываемыми Сибирским отделением РАН и собранными ООО «Экодом», позволяют осваивать земли с экстремальным климатом, что особо важно для неосвоенных просторов Севера и Дальнего востока.

Эти технологии не только делают поселения северян автономными и комфортными, они обеспечат жителей поселков собственными продуктами питания, творческой работой и стабильным доходом.

ХБО – это новая философия, изменяющая смысл хозяйственной деятельности человека и позволяющая вписаться человеку в Природу.

ХБО не отменяет существующую промышленность и мегаполисы, технологии ХБО делают их безотходными и не угнетающими живую природу рядом с городом. Больше того, мы получаем растительность, устойчивую к антропогенным нагрузкам. Городской воздух очищают не только растения, но и почвы, которые по нашим технологиям становятся воздухопроницаемыми.

Технологии ХБО позволяют обеспечить стремительно растущее в числе население земли всем разумно необходимым, используя при этом не более 10% от сегодняшних земель сельскохозяйственного назначения.

Особую роль в технологиях ХБО занимают технологии искусственного климата для выращивания высокоплодородных почв (экочерноземов), концентрированных специализированных почвенных растворов, полноценных (живых) кормов для всех видов животных, полноценных продуктов питания.

Появление специализированных почвенных растворов позволяет использовать высокопродуктивные аэропонные и гидропонные установки и, не меняя «железки», выпускать полноценные (природные) продукты питания.

Специализированные почвенные растворы кардинально меняют не только технологии защищенного грунта, но и технологии растениеводства в открытом грунте и даже технологии содержания сельскохозяйственных животных. Эти растворы технологичны не только при их производстве, но и при их применении.

Почвенные растворы – это не новое явление в природе – это соблюдение природных норм.

Растения, реально живущие в девственной природе, получают продукты питания именно из почвенного раствора, в приготовлении которого участвуют сами растения, почва и почвенные организмы. Больше того в приготовлении природного почвенного раствора совсем недавно принимали участие и животные, пасущиеся на данном участке земли, к примеру коровы. Если мы подсчитаем количество питательных веществ в кормах, поедаемых коровой, и в навозе, и моче, то увидим, что питательных веществ в навозе и моче коровы значительно больше, чем в исходных продуктах питания. Питательная и экономическая ценность навоза и мочи куда больше, чем ценность молока, мяса, требухи и всего прочего, что можно получить от коровы.

Хочу добавить, что эту продукцию мы получаем с первого дня, с появления теленка на свет, а остальную продукцию совсем не скоро. И эта арифметика подходит ко всем травоядным животным, а человек относит самую ценную продукцию к отходам жизнедеятельности. Примерно 70% биологической стоимости коровы составляют как раз навоз и моча.

У плотоядных животных эта арифметика несколько другая, но и их выделения нельзя относить к отходам, и самое ценное в этих отходах это информация о процессах клеточного обмена.

Питание – не есть отдельное явление – это всего лишь часть обмена веществ. Человек перерезал этот обмен веществ, и обрек своих потомков на деградацию.

Деньги не пахнут – сказал римский император, обложивший налогом туалеты, и соврал – те деньги пахли кровью, они были нужны императору для войны.

О том, что обмен веществ – явление общее для всех живых организмов, написал великий философ Клод Бернар в своей бессмертной книге «Курс общей физиологии. Жизненные явления общие растениям и животным». СПб, 1878.

Отмечу, что книга вышла одновременно на 4 языках: французском, английском, немецком и русском. Коллеги главного, что было в книге, не заметили, и примерно через полвека явление обмена веществ было открыто заново, и вошло в науку под названием метаболизм. Термин «метаболизм» убрал из явления «обмен веществ» философскую составляющую. В обмене веществ всегда участвуют не менее двух объектов: живое существо и окружающая среда. На самом деле обмен веществ явление единое для всего геобиоценоза. В нем участвует множество живых существ, и главные участники этого обмена – это микроорганизмы, скрепляющие Живую и Неживую материю в единое целое.

Удивительное геохимическое единство всех живых существ первым заметил В.И. Вернадский, породивший новую науку геобиохимию. Вернадский ввел в научный обиход новый термин «Живое вещество».

2. В чем состоят системные заблуждения современных аграриев

На девственных почвах главная формула современного агронома NPK просто не имеет смысла. Девственные почвы воздухо- и влагопроницаемы и почвенный раствор собирается с достаточно большой территории и питательных веществ для растений, содержащихся в разлагающихся живых организмах вполне достаточно для процветания «Живого вещества», что человек видит каждый раз, попав в сохранившийся кусочек Живой природы, куда не ступала нога человека. Фиксация азота почвенными организмами или добывание других минеральных составляющих обмена веществ микроорганизмами -литотрофами, питающихся камнем, всего лишь **добавка к геобиохимическому обороту биогенных веществ.**

Азота в атмосфере примерно 78%. И количество его не меняется много лет, а это означает, что сколько азота разлагается в отмирающем «Живом веществе», столько и фиксируется. Разложение азота легко прослеживается, а вот его фиксация, увы, остается незамеченной.

Главными фиксаторами атмосферного азота являются растительноядные животные, именно поэтому так называемые. отходы жизнедеятельности растительноядных животных используются как удобрения.

И все-таки главными фиксаторами атмосферного азота являются растительноядные насекомые, которых относят к разряду вредителей. У всех насекомых имеются так называемые мальпигиевы сосуды (трубочки), орган выведения избытка азотистых веществ из организмов насекомых. Так вот, у травоядных насекомых этих трубочек много больше, чем у хищных.

Непомерно используя пестициды и гербициды, современные аграрии пилят сук, на котором сидят не только они, но и все «Живое вещество».

Клод Бернар отметил еще одну особенность всех живых существ – постоянство состава внутренней среды организмов, и живое существо живет, пока обеспечивает это постоянство состава.

Исследуя причины смерти людей и животных, современный американский доктор Уоллок сделал 17500 вскрытий и пришел к поразившему его самого выводу:

«Каждое животное и человек, умершие естественной смертью, умирают от неполноценного питания, т.е. от дефицита питательных веществ».

Далее доктор делает вывод:

«Вам необходимо 90 добавок к пище: 60 минералов, 16 витаминов, 12 основных аминокислот и содержащих их белков и 3 основные жирные кислоты. Всего 90 добавок к ежедневной диете, иначе у Вас разовьются заболевания, вызванные их дефицитом».

Таким путем пошла вся современная медицина, забыв, что более чем 2000 лет назад говорил Гиппократ: надо, чтобы лекарством была пища, а пища – лекарством.

Все, что предлагает современная медицина нашему организму – это таблетки и костыли, а надо вернуть человеку здоровье, но вернуть здоровье можно только одним путем – необходимо восстановить нормальную среду обитания человеку и обеспечить человека полноценными продуктами питания. А обеспечить полноценное питание человек сможет только в одном случае, если обеспечит полноценную среду обитания и полноценное питание всем растениям и животным, которых употребляет в пищу. Все сельскохозяйственные животные и культурные растения живут в состоянии стресса. Состояние стресса во время забоя сельскохозяйственных животных переходит в состояние ужаса. Я был на птицефабрике и видел состояние птиц, которых в тележках увозили на забой.

Может быть, возрастающая агрессивность людей связана с этим стрессом? Бесспорно, это надо менять.

При этом надо менять и сельское хозяйство, и пищевую промышленность.

Но прежде всего надо понять, как менять?

Для того, чтобы это понять, человеку надо прочитать заново труды своих гениев, к примеру, Клода Бернара.

С удивительной для своего времени прозорливостью, задолго до появления науки о питании, трофологии, и множества других современных биологических наук, Бернар написал, что химик в лаборатории и живые организмы пользуются одними и теми же химическими элементами, да вот инструменты у них разные. **Все химические процессы в живых организмах идут под контролем ферментов.**

А что такое фермент? Это верстак, на котором собираются и разлагаются биогенные вещества. В каждом ферменте есть активный центр, и чаще всего в активном центре находится некий микроэлемент. Микроэлемент получил свое название именно потому, что их в живых организмах мало – менее одной тысячной процента. Существуют микроэлементы, которых в живых организмах ничтожно мало, и все равно они остаются незаменимыми.

И как бы ни ухищрялся человек синтезировать ферменты, которые синтезирует Природа, он никогда не сможет, у него инструментов на это нет.

А у кого имеются эти инструменты? У микроорганизмов.

А откуда берут эти микроорганизмы очень необходимые и незаменимые микроэлементы?

Чаще всего из плодородной почвы. А как попадают эти ферменты в организмы животных? Из поедаемых растений. А как попадают эти ферменты в организмы растений? Из почвенного раствора.

Используя минеральные удобрения и ядохимикаты, человек разрушил тончайшие процессы взаиморегуляции живых организмов.

Никакие пищевые добавки здесь не помогут.

Надо восстанавливать почвы.

Минута, когда на меня обрушилось понимание негативной роли человека в обращении с плодородной почвой, была самой тяжелой минутой моей жизни. Казалось, что ситуация безвыходная и мы прошли уже точку невозврата.

3. Где выход?

Волей судьбы ко мне в руки попала книга Фани Юрьевны Гельцер «Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений». М: МСХА, 1990, и я понял суть взаимодействия макро и микроорганизмов, и получил инструмент для решения стоящих перед всеми нами задач.

Да, человек никогда не сможет синтезировать то множество регуляторных веществ, которое синтезируется в почвах, но он может создать искусственные условия и воспроизвести процессы, которые шли при создании, к примеру, девственных черноземов.

О том, что надо воспроизводить именно черноземы, и вообще, что такое черноземы, я понял, прочитав книги Докучаева, Костычева и труды современных российских ученых. Чернозем это не только самые высокопродуктивные почвы, это еще и биореактор, созданный самой природой для переработки обильно поступающей в чернозем органики.

Неожиданностью для нас самих стал тот факт, что по содержанию гумуса и по производительности искусственные почвы оказались выше девственных черноземов. Мы эти почвы назвали экочерноземы. Отмечу, что искусственным при создании экочерноземов был только микроклимат. Почвенные микроорганизмы и почвенных беспозвоночных мы получили, взяв образцы девственных черноземов, которые, к счастью, сохранились в нетронутых плугом уголках черноземной зоны, дождевого (компостного) червя мы взяли из навозной кучи в Подмосковье. Именно дождевой червь является главой черноземообразующего сообщества почвенных организмов.

Я три года проработал начальником отдела по переработке московских отходов СГУП МОССЕЛЬХОЗ, и первым шагом к технологиям ХБО стало понимание, как можно адаптировать наше черноземообразующее сообщество к переработке любых отходов. Мы с моим помощником Юрием Липовцыным за 15 лет, которые мы с ним уже работаем, перепробовали и переработали все отходы, в том числе и нефтешламы, буровые шламы и вообще всё. И у нас получилось все.

Но главным стало понимание, как получить специализированные почвенные растворы.

Специализация растворов происходит по видам растений и по операциям.

К примеру, для обработки стерни после уборки пшеницы требуется один раствор, а для обработки всходов пшеницы – другой. Задача осенней обработки – надо ускорить процессы деструкции органики и необходимо направить почвенные процессы в сторону гумусообразования. Задача обработки всходов – ускорить рост растений и укрепить иммунную систему растения.

Поэтому в осенних специализированных растворах имеются микроорганизмы-деструкторы, которые мы получаем при переработке пшеничной соломы и корней.

В специализированных весенне-летних растворах имеются ризосферные (корневые) микроорганизмы, эпифитные (биопленка) и эндофитные, живущие внутри растений симбионтные микроорганизмы.

Мы их получаем, перерабатывая растения, выращенные в искусственных условиях.

У каждого растения имеются не только общие (универсальные) для всех растений микроорганизмы-симбионты, но и специализированные микроорганизмы. Именно микроорганизмы дают свой специфический цвет и запах растениям. Специфическая роль микроорганизмов симбионтов нам стала понятной из трудов Ф.Ю. Гельцер.

Фане Юрьевне в возрасте 87 лет (1985) с блеском удалось завершить свой многолетний труд, где она сумела полностью расправиться с заблуждениями агрохимической науки. «*При господствующем в науке положении об автотрофном существовании растительного мира название нашего труда "Симбиоз с микроорганизмами – основа в жизни растений" может звучать неубедительно...*», – пишет Фаня Юрьевна во вступлении к книге.

Так оно и произошло. Современниками работа Гельцер была оценена как фантазия. Ничего себе фантазия, если ею впервые за 170 лет, прошедших с того времени как были обнаружены эндофиты (грибы), живущие внутри растений, удалось их выделить и «заставить» стабильно расти вне растений: «*После выделения чистых культур эндофитов мы с достоверностью можем утверждать, что все эндофиты синтезируют пигменты, при наследственной передаче которых каждый вид растения получает свою окраску цветка и плодов. Замечательную, красочную картину представляют собой колбы с чистыми культурами эндофитов, выделенными из корней различных растений... Так, чистые культуры эндофитов, выделенные из корней и завязей липы и яблони* (*антоновки*), *всегда были окрашены в желтый цвет. Такая же окраска была у эндофитов из корней герани, цветущей розовыми и красными цветами, но эндофиты из герани с фиолетовыми цветами имели фиолетовую окраску, тождественную окраске эндофитов из корней крыжовника и картофеля...*»

Ф.Ю. Гельцер впервые в истории мировой науки объяснила синтетическую деятельность не только эндофитов, но и микроорганизмов-симбионтов вообще.

Надо отметить, что достижения российской науки и техники, к примеру в космических отраслях, остались недоступными сельскому хозяйству. Скорость почвенных процессов зависит от площади соприкосновения перерабатываемых субстратов и микроорганизмов, если площади соприкосновения увеличатся, то и скорости переработки возрастут. Мы, используя современные измельчители и смесители, увеличили площади соприкосновения в тысячи раз, что позволило перейти к переработке отходов в промышленных объемах.

Инжиниринговая компания, ООО «AGRO PURUS» приступила к выпуску товарной продукции ХБО в промышленных масштабах.

Настала острая необходимость максимально ускорить производство экочерноземов, специализированных растворов и полноценных продуктов именно потому, что неправильное понимание роли регуляторных веществ, синтезируемых плодородными почвами, привело к нехватке этих веществ в продуктах питания, что привело к резкому росту числа системных заболеваний, совсем недавно получивших название «метаболический синдром». Само название синдрома говорит, что это заболевание – результат нарушения обмена веществ. И эта разбалансировка нарастает как в масштабе каждого человеческого организма, так и в масштабах всей планеты.

И только объединив знания в разных областях науки и хозяйственной деятельности человека, мы сможем остановить негативное воздействие человека на природу.

Объединив технологии Сибирского отделения РАН, собранные ООО «Экодом» и технологии ХБО, мы сможем освоить необжитые просторы Севера, не угнетая, а возрождая Природу.

Автор проекта ХБО – В. А. Шапиро.

Литература

1. Бернар К. Курс общей физиологии. Жизненные явления общие растениям и животным. СПб, 1878
2. Гельцер Ф.Ю. Значение микроорганизмов в образовании перегноя и структуры почв. М: 1940.
3. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений. М: МСХА, 1990.
4. Гельцер Ф.Ю. Микробиологическая теория иммунитета растений и разработка приемов их оздоровления /Доклад на техсовете Минсельхоза СССР. М., 1978.
5. Гельцер Ф.Ю. Перегной – его образование и свойства /Рукопись докторской диссертации. 500 с.
6. Гиляров М.С. Особенности почвы как среды обитания и её значение в эволюции насекомых.
7. Докучаев В.В. Дороже золота русский чернозем. М: Изд. МГУ. 1994.
8. Либих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии. М: 1936.
9. Либих Ю. Будущность земледельческих государств. 1881.
10. Шапиро В.А. Колонизация планеты Земля. М: Нестор, 1998.
11. Шапиро В.А. Земледелие и Здоровье М: Агроконсалт 2005, 2006
12. Шапиро В.А. Азбука плодородия, как азбука выживания. М: 2011
13. Шапиро В.А. Хомобионика, как основа свободной и независимой жизни.
14. Шендеров Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. М: ДеЛи принт 2008

УДК 303.732.4: 377.031

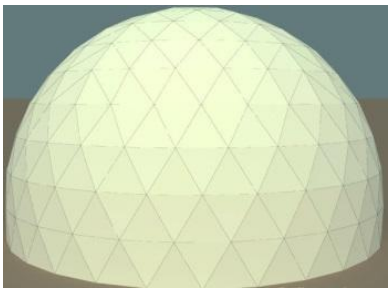
ЦЕНТР ЭКОТЕХНОЛОГИЙ КРЕСТЬЯНСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЭКОФЕРМЕР

Тен Д.С.
Индивидуальный Предприниматель «Крестьянское Хозяйство ЭкоФермер», Алматы

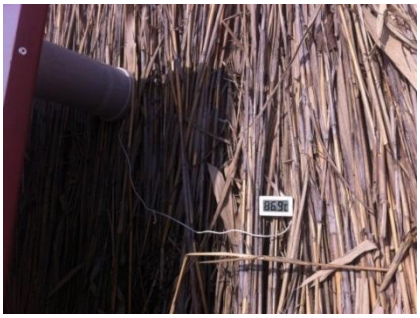
Образовательный центр в области организации малых фермерских хозяйств на базе «зеленых технологий». Основная задача – создание небольшого самодостаточного фермерского хозяйства небольшой площади и организация обучения желающих освоить новые способы организации жизни позволяющей улучшать природное окружение.

Направления деятельности и краткие описания.

Строительство жилья на базе купольных технологий и строительство с применением соломы и самана, с предоставлением этапов строительства, ключевых особенностей применяемых технологий.



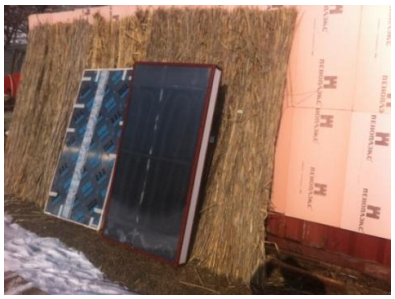








Альтернативное энергообеспечение жилья и сельскохозяйственных производств с использованием воздушных и водонагревательных солнечных коллекторов с системой накопления энергии и расходования по мере необходимости на бытовые нужды и в миниагрокомплексе. Монтируется система отопления, использующая тепловой насос.



Апробировано применение солнечных тоннелей для освещения внутренних помещений с целью организации малого производства для выпуска оборудования на продажу.

Предполагается использовать системы вентиляции, использующие тепло земли для рекуперации тепла и кондиционирования воздуха.

Строительство септиков и водосберегающих систем и повторное использование стоков для бытовых нужд и в агропроизводстве, что очень важно для засушливых территорий. В качестве основы выбрана трехуровневая система с разделением жидкости от фекалий и раздельной обработкой получающихся фракций отходов. Твердая фракция перерабатывается с помощью технологии вермикультуры в удобрения. Обучение строительству и эксплуатации будет проводиться на действующих объектах.

Состояние дел на текущий момент.

Ведется строительство купольного дома под Образовательный Центр, где любой человек сможет в течении трех – пяти дней проживая в нем, ознакомиться со всеми используемыми в доме технологиями, а также с технологиями, применяемыми на Эко Ферме.

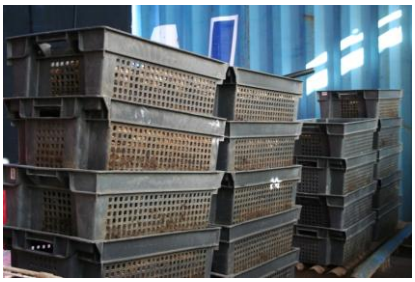


На втором этаже предусмотрены пять четырехместных комнат для проживания 20 обучающихся. На первом этаже в центре круглый конференц зал диаметром 7 м., столовая, кухня, лаборатория с выходом на оранжерею на южной стороне и еще две комнаты под классы. Цокольный этаж будет использоваться как технический. Над септиком будет расположена купольная теплица диаметром 7 метров, которая будет соединяться с оранжереей. Данная теплица обеспечит всех проживающих свежими овощами круглый год, а также будет служить наглядным пособием для всех обучающихся.

Действующие сельхозпроизводства и производство продукцию

Разведение калифорнийских червей в буртах, ямах и перфорированных ящиках. В качестве корма используется свежий навоз ферментированный при помощи бактерий. Это производство используется для производства биогумуса и его производных для собственных нужд Эко Фермы и на продажу биогумуса и червя.









Маточное поголовье на сегодняшний день составляет порядка 3 000 000 шт.

Выращивание животных и птицы.

На данный момент на Эко Ферме выращивается 400 голов перепелов. В дальнейшем поголовье будет доведено до 1000 шт. Сбыт яиц и тушек производится в ближайшие магазины.




Выращиваются кролики великаны. Их поголовье около 50 шт.



Огород для своих нужд занимает площадь около 2 соток. Для пыращивания овощей используются методы пермакультуры, полученных на Хольцеровских семинарах, а также в экопоселениях Америки с использованием своего БиоГумуса. Выращивается амарант и еще некоторые лечебные культуры.

Для обеспечения работы Центра разработана обучающая программа по переработке органики в сельской местности при помощи калифорнийских червей. Предусмотрен сбор и переработка отходов от фермерских хозяйств Данная программа несколько раз направлялась в Министерство и другие компетентные органы Казахстана, но пока никаких официальных ответов я не получал. Всем чиновникам она нравится, но никто пальцем пошевелить не хочет, чтобы сдвинуть ситуацию с мертвой точки.

Оснащение хозяйства и обучающего центра.

Уаз фермер с прицепом, аппаратура (видеопроектор, акустику и т.д.), 2 шатра (4м*4м), эл.генератор, посуда на 30-40 человек. Это оборудование для проведения выездных семинаров для обучения фермеров, крестьян, дачников и всех желающих переработке органических отходов в удобрение БиоГумус для проведения выездных семинаров Обучающим Центром «Экофермер». В настоящее время подготавливаются методические пособия по данной тематике, а также по другим схожим темам (альтернативная энергетика, энергоэффективные строения, биоконтроль в сельском хозяйстве, органическое земледелие и т.д.).

Имеется практика проведения совместно с проектом «Жандану» бесплатных семинаров по теме органического земледелия в Университетах Алматы, а также экопоселенцам Алматинской области (приезжал известный почвовед из Канады Према Харбенда).

В этом видится один из путей выхода из кризиса. Если обучать людей как без применения химии можно жить на земле не вредя ей, выращивать чистые продукты, строить экологические энергоэффективные здания, использовать чистую энергию, то возможно начнется отток из больших городов в села. Люди начнут осваивать мертвые земли восстанавливая загубленный плодородный слой, выращивать больше экологически чистой продукции. Возможно, цены в магазинах не будут такие космические.

Для решения поставленных задач открыто три оганизации:

1. Индивидуальный Предприниматель Крестьянско-Фермерское Хозяйство «ЭкоФермер»;
2. Строительная компания Товарищество с ограниченной ответственностью «EcoLifeStroyService»;
3. Неправительственную организацию Общественное Объединение «Инкубатор проектов Устойчивого Развития».

Сейчас разрабатываются два сайта: EcoFermer.kz и EcoLSS.kz, где будут отражены все свои возможности и проекты, сделанные и планируемые.

Открыты к любому сотрудничеству, которое ведет к улучшению экологии нашего будущего, а также нашего сознания.

С Уважением, Тен Денис Сергеевич
тел. +7 777 340 43 33, +7 747 340 43 33, +7 727 328 86 23, +7 727 389 35 50
скайп: oratorkz
e-mail: info@ecofermer.kz, info@ecolss.kz, ecolss@mail.ru
сайт: www.ecofermer.kz, www.ecolss.kz

УДК. 628.31(211-17)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОЧИЩЕННОГО БЫТОВОГО СТОКА

Б.Д. Жуков[1], В.Т. Шамирзаев[1], А.Б. Жуков[2], А.В. Краснов[2]
[1] Новосибирский государственный технический университет,
[2] ООО «Сибирские Водные Технологии», Новосибирск

Проблемы рационального водопользования

Основные проблемы рационального водопользования можно разделить на социальные, экономические и экологические. Эти проблемы настолько переплетены, что между ними трудно дифференцировать. Интенсивность проявления отдельных проблем зависит от природно-климатических особенностей региона, характера деловой активности и плотности населения.

Социальные проблемы заключаются в неконтролируемом, необоснованном расходовании питьевой воды и отсутствии у водопользователей экологического мышления. Хорошо известно, что количество потребляемой воды определяет уровень благосостояния граждан. В целом по России имеются достаточные запасы питьевой воды. С учетом этого факта, а также относительной дешевизны питьевой воды у граждан возникла иллюзия безграничности ее запасов. Эту иллюзию создают и некоторые нормативные документы. Например, в России до сих пор действуют завышенные нормы расхода питьевой воды на человека около 200 -300 л/сут и существуют рекомендации использовать питьевую воду для многих технических целей.

Оценки, приведенные в работе [1] показывают, что в общем балансе расхода воды в сельском благоустроенном доме, составляющем без учета воды на полив растений в среднем 147 л/сут, как минимум третья часть идет на технические цели. Если к этой части воды прибавить еще 200 л/сут рекомендуемые для полива участка, то окажется, что на технические цели будет использовано ⅔ всей воды, что явно расточительно.

С другой стороны значительная часть РФ с экологической точки зрения благополучна. Отсутствие постоянной экологической угрозы провоцирует экологическую несознательность граждан, а существование обширных неосвоенных человеком территорий поддерживает иллюзию безграничности природного водного ресурса и на практике приводит в недооценке процессов загрязнения естественных водоемов и почвенно-растительного комплекса, а также переоценке возможностей естественных процессов самоочищения.

Игнорирование социальных проблем водоснабжения и канализации в свою очередь порождает санитарно-гигиенические проблемы для населения.

В частности, в силу высокой плотности городской застройки аварийное попадание стока в сеть водоснабжения способно быстро разнестись по близлежащим кварталам и привести к отравлению большого числа граждан. В малозаселенном районе выброс стока в экосистему способен нарушить ее равновесие и привести к заражению почвы и водоема.

Перед застройщиками новых или реконструируемых объектов водопотребления встает вопрос водоснабжения и канализации стоков. Сегодня многие отдают предпочтение автономным системам канализации. Если объект водопотребления находится в местности, где отсутствует централизованная система канализации, без вариантов необходимо строить собственные автономные очистные сооружения. Подключение к

централизованной системе канализации лимитирует, прежде всего, высокая стоимость этой услуги.

Она включает затраты как на создание так и поддержание в рабочем состоянии трубопроводов. Отдельной строкой приходится учитывать расходы на ликвидацию аварий на водопроводных сетях и устранение вызванных этими авариями серьезных экологических проблем.

В настоящее время в водоочистке применяются традиционные подходы, которые не предполагают широкое вторичное использование полезных компонентов стока, да и самой очищенной, которая, как правило, сбрасывается либо в почву, либо отводится в поверхностные водоемы, что рано или поздно приводит к экологическим проблемам.

Поэтому сегодня повсеместно остро стоит проблема рационального водопользования при выполнении жестких экологических и санитарно-гигиенических нормативов. Это в свою очередь выдвигает концепцию единого замкнутого экологически обоснованного комплекса хозяйственно-бытовой канализации. Данная концепция требует чтобы инженерное оборудование жилых зданий и инженерно- экологическое обустройство прилежащей территории были технически согласованы и можно было управлять процессами водоподготовки и канализации стоков в режиме энерго- ресурсосбережения. Нами предлагаются следующие пути реализации этой концепции для потребителей с расходом воды 10-15 куб. метров в сутки (отдельно стоящие жилые здания, базы отдыха, предприятия общественного питания, гостиницы, автомойки и пр.):

1. Экономия питьевой воды и широкое использование в технических целях очищенной воды и дождевых стоков.
2. Раздельное канализование стоков разного происхождения с использованием специализированных соответственно составу стока модулей в рамках единой гибридной технологии обработки и утилизации компонентов стока.
3. Высокая степень автоматизации и управление процессами водообработки на основе применения датчиков состава технологических вод, в режиме реального времени.
4. Повышенная влагоемкость комплекса очистных сооружений.
5. Следование рыночным принципам “lean production” (бережливое производство) отвечающим запросам конкретного заказчика.
6. Размещение в зонах с холодным климатом части модулей водообработки в теплоизолированном помещении.
7. Жесткий автоматизированный контроль состава стоков и технологических вод, гарантирующий выполнение экологических и санитарно- гигиенических нормативов данного региона.

Основные модули гибридной технологии

К основным модулям гибридной технологии можно отнести:

Теплоизолированное помещение.

Биореакторы, включая компостеры.

Ботанические площадки.

Окислительные траншеи и отдельные разновидности аквакультуры.

Устройства физико-химической обработки стока, включающие также средства обеззараживания воды озоном либо УФ- излучением и другие.

Среди модулей, выпускаемых промышленностью, можно назвать биореакторы, а также озонаторы и устройства для УФ – излучения. Остальные модули изготавливаются под заказ с учетом специфики местных условий, состава исходного стока и запро-

сов заказчика. Ниже приведены специфические особенности основных модулей используемых в гибридной технологии.

Теплоизолированное помещение. Обязательным условием реализации технологии в условиях холодного климата является размещение базовых узлов обработки стока в теплоизолированном помещении. Это помещение может быть подвальным или с глухими стенами, что обеспечивает теплоизоляцию и позволяет оптимизировать биологические процессы, а также использовать его в качестве круглогодичной теплицы с искусственным освещением.

Теплопотери такого помещения по грубым оценкам для условий Сибири будут скомпенсированы выделяющимся теплом блоков водообработки. Особый интерес для условий Сибири представляют заглубленные помещения [2]. В этом случае существенно снижается разность наружной и внутренней температур и в теплотехнических расчетах можно пренебречь теплопотерями, связанными с воздействием ветра. Наружная температура заглубленных стен и пола помещения будет определяться главным образом температурой грунта в месте строения. Между тем, известные в литературе сведения по температуре грунтов в Сибири недостаточны и противоречивы. Это побудило нас в период 2010-2014 годов выполнить независимые оценки температуры грунта на разных глубинах под Новосибирском (Тогучинский район). Измеренные зависимости по усредненным данным показаны на рисунке 1.

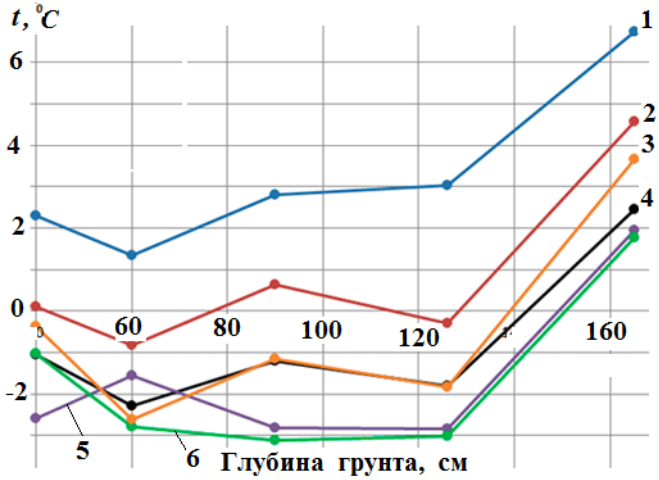


Рис. 1. Температурные зависимости от глубины грунта. Кривые соответствуют месяцам: 1 – ноябрь; 2 – декабрь; 3 – апрель; 4 – январь;5 – февраль; 6 – март

Видно (рис. 1), что в зоне отрицательных температур грунта под снегом в зимний период простирается в глубину примерно до 140 - 150 см, где находится нулевая отметка температуры. Наибольшие колебания температуры возникают в ближайшем к поверхности слое до 60 см. Существенное падение температуры грунта происходит в конце октября –ноябре, но уже к декабрю температура грунта на глубинах более 60 см меняется слабо и монотонно в зоне отрицательных температур от -1 до - 3 °С без заметных колебаний, которые можно было бы связать с колебаниями температуры наружного воздуха. Максимальное промерзание грунта на этих глубинах достигается примерно к середине марта. В тот же период начинается оттаивание грунта с поверхности. Последний слой мерзлого грунта оттаивает в конце апреля.

С учетом найденной динамики промерзания грунта для теплотехнических расчетов теплоизолированного помещения, эксплуатируемого в Сибири, можно принять температуру наружной стены этого помещения в зимний период примерно равной -3 °С.

Ботанические площадки предназначены для очистки и кондиционирования сточных вод. Разновидность этого устройства (почвенно- растительный фильтр) может быть размещен как в пределах теплоизолированного помещения, так и снаружи, например, рядом с помещением или на его крыше. Существуют ботанические площадки с вертикальным, горизонтальным либо комбинированным вариантом организации потока очищаемой воды. Загрузка секций площадки содержит специально подобранные материалы, например песок, металлическая стружка, почва, гравий и др. Принципиальная схема простейшего варианта ботанической площадки в сочетании с аквакультурой показана на рисунке 2.

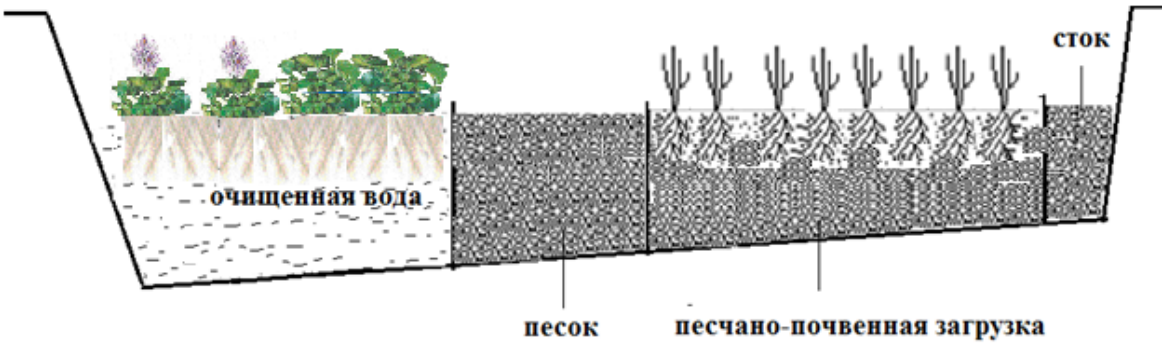


Рис. 2. Ботаническая площадка в сочетании с аквакультурой.

Окислительная траншея. Специализированный водоем, для сбора и глубокой доочистки в естественных условиях обработанного стока. Устройство рекомендуется располагать снаружи теплоизолированного помещения. Простейший вариант траншеи схематично приведен на (рис.3). Размеры устройства устанавливают с учетом глубины промерзания грунта и потребностей объекта водопотребления. Например для комплекса водообработки производительностью примерно 1,5 куб. метров в сутки минимальный объем около 30 куб. метров. Длина траншеи не лимитирована. Стены изготавливаются из гидроизоляционных материалов, например бетона. От непосредственного контакта с грунтом стены следует отделить слоем крупной фракции песка толщиной примерно 20 см.



Рис. 3. Окислительная траншея. Показаны примерные размеры.

Биокомпостер предназначен для сбора и переработки твердой фракции бытового стока. В простейшем варианте - это открытая или с принудительной вентиляцией емкость, в которой перерабатываются твердые отходы. Продуктом компостирования является ценное органическое удобрение – компост. В естественных условиях созревание компоста занимает длительное время. Чтобы ускорить процесс, компостер размещают в теплоизолированном помещении, оптимизируют температуру и вводят дополнительно культуры полезных микроорганизмов, а иногда красных калифорнийских червей. В литературе [3, 4] имеются достаточно подробные варианты описания этого модуля.

Система автоматизации обеспечивает контроль качества водообработки и включает действия системы автоматизации, в том числе:

- измерение показаний датчиков температуры, состава воды и др.;
- коррекцию измеряемых показателей воды соответственно значениям, заданным на этапе планирования качества;
- формирование оптимальных потоков воды на очистку и утилизацию в режиме реального времени без участия человека при выполнении жестких санитарно-гигиенических норм.

Система автоматизации может быть реализована на основе проточных датчиков состава, а именно: мутности, электропроводности (минерализации), флуоресценции (органического вещества), а также pH и ред/окс потенциала. Схематично один из вариантов сочетания модулей гибридной технологии обработки бытовых стоков и утилизации очищенной воды технологии для разных стадий обработки показан на рисунке 4.

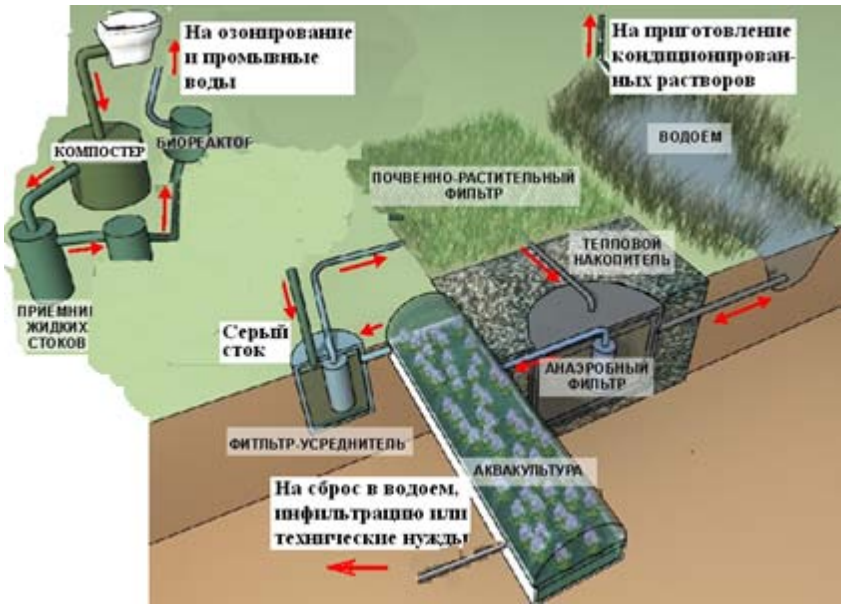


Рис. 4. Вариант сочетания модулей гибридной технологии обработки бытовых стоков и утилизации очищенной воды.

Из рисунка видно, что в приведенном варианте технологии стоки разного происхождения не смешиваются. Очищенная вода стоков направляется для повторного использования. Внутри теплоизолированного помещения размещены все модули, кроме окислительной траншеи и дополнительных секций почвенно-растительного фильтра (помещение и дополнительные секции почвенно-растительного фильтра не показаны).

Конкурентоспособность технологии проявляется, прежде всего, в том, что используя дешевую очищенную воду для технических целей, потребитель не теряет в качестве услуги, но выигрывает материально.

Конкурентными преимуществами гибридных технологий являются:

♦ стратегическое планирование качества водообработки;

♦ повышение уровня обслуживания потребителя.

Планирование качества воды включает:

выбор и обоснование технологии водообработки на отдельных стадиях и в целом, подбор оборудования и условий его использования;

согласование составов воды на заданной стадии обработки с составом и количеством очищенной воды, допускаемыми для повторного использования в технических целях или отвода избыточной воды в грунт (водоем);

разработку системы контроля и автоматизации отдельных процессов и суммированного процесса в целом.

Использование очищенных компонентов бытового стока

Водообработка – это многоступенчатый процесс, на конкретных стадиях которого образуется вода заданного качества. В ряде случаев целесообразно не выполнять глубокую очистку, но кондиционировать состав воды, прошедшей некоторые стадии обработки, и применять ее, например, для орошения растений. Такая вода содержит нужный набор питательных веществ для растений, что переводит ее в разряд продуктов, заменяющих отдельно вносимые удобрения. В итоге уменьшается нагрузка на очистные сооружения, образуется новый успешно применяемый в сельском хозяйстве продукт.

Использование очищенной воды в рамках предлагаемой технологии требует ее обязательное обеззараживание озонированием или УФ-излучением. Российские нормы устанавливают время контакта озона с водой для целей дезинфекции равным 12 минутам [5]. Перспективным является также использование озона для удаления ионов железа, марганца и ряда органических веществ, которые влияют на цветность и запах воды, либо вступают в реакцию с хлором, образуя токсиканты.

Ультрафиолетовое облучение воды относится к числу безреагентных, физических методов обеззараживания воды. Достоинством УФ-обработки является отсутствие изменения физических и химических характеристик воды при любых дозах облучения. Действие ультрафиолетового излучения вызывает нарушения в структуре мембран и клеточных стенок микроорганизмов, а также фотохимические реакции, приводящие к необратимым повреждениям молекул ДНК и РНК.

Бактерицидным эффектом обладает часть спектра УФ-излучения в диапазоне волн 205–315 нм при максимальной эффективности в области 260±10 нм [6]. Минимальная доза УФ-облучения, (произведение интенсивности излучения (мВт/см^2) на время воздействия) регламентируемая методическими указаниями Минздрава РФ для обеззараживания питьевой воды [7] составляет 16 мДж/см$^{2.}$ Это обеспечивает снижение содержания вирусов на 2–3 порядка, а патогенных бактерий в воде не менее, чем на 5 порядков.

Лимитируют эффективность озонирования и УФ - излучения наличие в жидкости взвесей и отсутствие пролонгированного действия. Поэтому эти процедуры мы рекомендуем применять непосредственно перед утилизацией очищенной воды.

Утилизация атмосферных осадков, стекающих с крыш домов. В отсутствие загрязнителей (растворимые вещества крыши, дымы ТЭЦ и других предприятий) дождевые и талые воды содержат микроколичества примесей в существенно меньшем количестве по сравнению количеством примесей в воде, рекомендованной производителем увлажнителей. Это благоприятствует их использованию после несложной обработки и в других технических целях. Например, при стирке белья или кондиционирования до заданного состава воды. В табл. 1 приведены составы талых и дождевых вод в сравнении с водой, используемой для увлажнения жилых и рабочих помещений.

Таблица 1. Составы типов воды, пригодных для увлажнителя.

Показатель	Предельные значения для воды					
	дождевой [8]	талой [9]	стандартной		с низким солесодержанием	
Удельная проводимость при 20 °С σR, 20 °С , мкС/см	6-20*	6–20*	300	1250	125	450
Общая жесткость, ТН, мг/л	25-12	0,25	–	500	150	400
Временная жесткость, мг/л	–	–	–	300	–	200
Железо + Марганец, мг/л	–	–	–	0,2	–	0,2
Хлорид, мг/л Cl	0,46	2,23	–	30	–	20
Диоксид кремния, мг/л	–	–	–	20	–	20
Остаточный хлор, мг/л	–	–	–	0,2	–	0,2
Сульфат кальция, мг/л	6,8-4,8	16,72**	–	100	–	60

* По данным сайта o8ode.ru

**пересчитано на основе данных работы [8] для сульфатов

Стоки от писсуаров, как видно (табл. 2), представляют собой разбавленную мочу того же макроэлементного состава, что и известные рецептуры питательных смесей для гидропоники.

Таблица 2. Элементные составы питательных смесей для гидропоники [10] и мочи [11].

Масса элемента в г на 1000 литров				
N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**
Раствор Хоглэнда и Арнона				
210	31	234	260	24
1	0,1	1,1	1,2	0,1
Раствор Жерике				
196	31	429	80	24
1	0,1	2,2	0,4	0,1
Раствор, применяемый в Калифорнийском университете				
224	31	234	160	48
1	0,15	1	0,8	0,2
Моча (исходная)				
4700 – 9200	470 – 1120	750-2610	30 – 390	20 – 205
Моча (разбавленная в 25 раз)				
188 - 368	18,8 - 44,8	30- 104,4	1,2 – 15,6	0,8 – 8,2
1	0,1 – 0,12	0,16- 0,28	0,006-0,04	0,004 -0,02

В моче выдержано принципиально важное для гидропоники соотношение между азотом и фосфором равное 0,1. В связи с этим в литературе [3, 11] имеются рекомендации собирать и использовать мочу для полива растений после разбавления в 25 раз.

Промывные воды от унитазов имеют состав оптимально пригодный для обработки в биореакторе [3,4]. Поэтому после биореактора его подвергают озонированию и направляют повторно на смыв.

Сточные воды умывальников. Основными загрязнителями являются компоненты мыла: обычно анионоактивные поверхностно - активные вещества (ПАВ), фосфаты, а также частицы грязи, находящиеся в комплексе с ПАВ. Названные примеси можно удалить посредством коагуляции, сорбции и некоторых других процедур. С помощь системы контроля состава очищаемой воды и системы автоматизации нетрудно регулировать качество очистки, в том числе до характеристик воды для увлажнителей.

Сточные воды душа обычно содержат те же загрязнители, что и воды от умывальников, а также компоненты шампуней с неионогенными ПАВ. Чаще всего это существенно разбавленные воды. Поэтому их после несложной обработки можно направить непосредственно на смыв. В противном случае эти воды системой контроля и автоматизации должны быть перераспределены на очистку по схеме для обработки вод от умывальников.

Литература

1. Першин Н.И.. О нормировании водопотребления в сельских населенных пунктах. // Водоснабжение и санитарная техника. -1990. - №5. - С. 5-7.
2. Zhukov B.D., Ivanov G.J. Use of the Lightproof Greenhouse for Autonomous Wastewater Treatment. // The Third International Forum on Strategies Technologies. Novosibirsk-Tomsk /Russia. June 23-29, 2008/ Session VI. Environmental Protection and Conservancy. Novosibirsk. NSTU. P. 703-704.
3. David Del Porto, Carol Steinfeld. Composting Toilet Systems. Ecowaters Books, 2000. P.240.
4. Joseph C. Jenkins. Humanure Handbook. A Guide to Composting Human Manure. Forest lane, Grove City. PA 16127. 1999. P. 280.
5. Методические рекомендации по обеспечению выполнения требования СанПиН 2.1.4.559-96. / Госстрой России, НИИКВОВ - ГУП "ВИМИ", 2000.
6. Рябчиков Б. Е. «Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования». М.,Делипринт. 2004;-328 с.
7. «Санитарный надзор за применением УФ-излучения в технологии подготовки питьевой воды» МУ 2.1.4.719-98
8. Хомченко И.Г., Трифонов А.В., Разуваев Б.Н. Современный аквариум и химия. Изд. Новая Волна. М. 1997; -119 с.
9. Шумилова М.А., Садиуллина О.В. Снежный покров как универсальный показатель загрязнения городмкой среды на примере Ижевска. Вестник Удмуртского Университета. Вып. 2, 2011, с. 91-96.
10. rastok.net@gmail.com
11. Жуков Б.Д. Экологическое домостроение. Устройства и технологии децентрализованной очистки бытовых сточных вод. Аналитический обзор. СО РАН ГПНТБ, Новосибирск, 1999 -. Сер. Экология. Вып. 54, С. 117.

УДК. 621.18

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА КЛИМАТ ПЛАНЕТЫ

Халидуллин О.Х., Нурушев М.Ж.
РГП на ПХВ «Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева», г. Астана

Домостроение – это увеличение искусственных испарений. В многоэтажном доме крыш и стен на одного человека приходятся гораздо меньше, чем в одноэтажном доме. Суммарная площадь городов в мире занимает не очень большие территории – всего около 4% всей обитаемой суши, не очень сильно, но влияет на климат. Увеличение малоэтажного строительства ведет к увеличению площадей крыш и прилегающей инфраструктуры.

Обнаружилось, что антропогенное воздействие на климат проявилось в создании нового круговорота воды. Атмосферные явления зависят от параметров круговорота вод между поверхностью Земли и атмосферой, в частности, от объемов испарений, ритма или скорости круговорота, а также качества испарений. Человек разрушил вековечный замедленный процесс природного круговорота, снизив органические испарения, заменив их гигантскими искусственными.

Пассивное испарение. Природа миллиарды лет создавала и совершенствовала механизм жизнедеятельности животного и растительного миров. Каждый гектар плодородной почвы содержит 20 тонн подземной живности и растительности, которые последовательно по исторически построенным пищевым цепям передают друг другу и на поверхность влагу своей плоти и своей продукции. Звеном такой цепи является и человек. И каждое звено в каждый момент своей жизни возвращает в небо потребляемую влагу транспирацией, выдыханием, естественными выделениями. Например, известно, что одна береза испаряет в сутки 60 литров такой влаги. Все эти испарения являются составной частью всей воды на земле. Круговорот определяется объемами испаряемой влаги. Скорость естественных испарений или время их возврата в облака определяется качеством жизни флоры и фауны. Известно, что после дождя каждое существо и каждое растение запасает влагу в своем теле и расходует ее очень экономно, до следующего дождя. Гармония природы заключается в соответствии скорости перемещений и объемов вод в облаках, осадках и потреблении.

Одно из таких звеньев пищевой цепи – человек, овладело высокими технологиями, не стало зависеть от периодичности дождей и для своего существования и комфорта, начало разрушать природную идиллию. Распахал земли под пашни, завалил отвалами и свалками, залил водохранилищами, вырубил леса, забетонировал и заасфальтировал площади городов и дорог. Всего отобрал у природы половину всей обитаемой суши (табл. 1, рис. 1):

Дождевая вода, попадая на такую площадь, не может выполнить своих природных предназначений. Простояв в луже час – два – сутки, вода испаряется, вновь возвращаясь в облака. Такая «сковородка» размером с половины всей обитаемой суши. Только с оставшейся половины осадки продолжают выполнять природные функции, питая флору и фауну. И половина эта катастрофически уменьшается. Исчезла половина всех видов животных и растений [1].

Весьма существенно и влияние активного испарения. На обжитых территориях городов и заводов человек производит неизвестные природе по интенсивности и объемам активные испарения от производственных и коммунальных процессов с миллиардов парогенераторов, нагревателей, утюгов, радиаторов, моек, сушилок.

В каждой квартире, каждом помещении расходуется вода с высыханием помытых поверхностей, тел, посуды, белья. То же самое относится ко всем производственным процессам – мойке и сушке всего, что мы создали: от машин до вагонов, самолетов и асфальта.

Таблица 1. Соотношение антропогенного влияния на экосистему планеты.

всей суши	%	100	149 млн. км2
пашни		10%	15 --
разрушенные земли		13%	20 --
разливы наводнений		11%	16 --
обезлесение		7%	10 --
антропогенные пустыни		5%	8 --
площадь городов		4%	6 --
нетронутой суши		50%	74 --

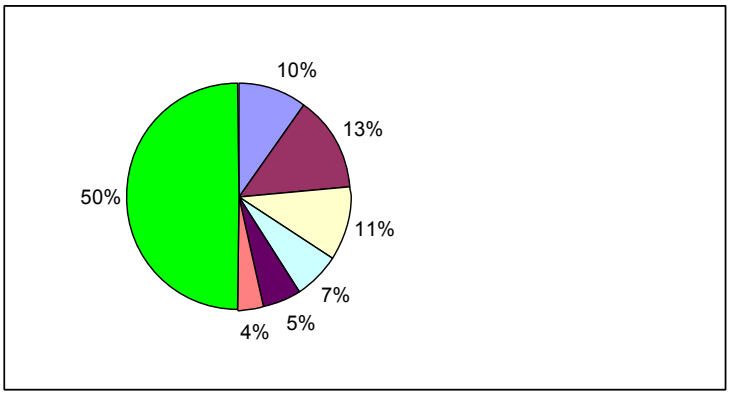


Рис. 1. Диаграмма. Соотношение антропогенного влияния на экосистему планеты.

Подсчитано, что для производства всех продуктов и предметов расходуется много воды, например: *30 л воды на изготовление 1 чашки чая объемом 250 мл.* Процесс предусматривает такие операции, как посадка, выращивание, сбор, переработка, производство и реализация. Сколько чашек чая выпивает 6 миллиардов человек. Один человек – не менее 5. Это 6 000 000 000 х 30 х 5 = 900 000 000 000. Уходит в небо 900 миллиардов литров воды только при изготовлении чая за один день. Так с каждым продуктом. Например, апельсин - 50 л воды на 1 апельсин, 100 г. Пшеница - 1000 л воды на 1 кг пшеницы. Сыр - 2500 л воды на 0,5 кг. Говядина - *4500 л воды на 1 стейк.* Продуктов таких тысячи и тысячи.

Изготовление любого предмета требует испарения определенного количества воды – это все окружающие нас предметы от иголки в руке до кирпича в стенах, посуды и компьютера на столе и самолета в небе. Все компоненты этих изделий были

когда-то жидким, сырцом, смешано с водой, производилось посредством воды, которая в процессах промышленного передела превращается в пар.

Количество испарений от органических субъектов уменьшилось в 2 раза в соответствии с уменьшением естественных поверхностей. Настолько же, как минимум, увеличилось пассивное испарение с искусственных поверхностей. Скорее всего, на несколько порядков. Нужны квалифицированные расчеты.

Не существует исследований испарений от органики и от искусственных поверхностей. Различие таких испарений на молекулярном уровне может быть основой качества осадков, свойств облаков, формирования климата. Это обширная тема, требующая специального изучения.

Ясно, что испарения вод аномально увеличились в индустриальную эпоху. Пассивные и еще большие активные испарения по объемам и периодичности оборотов – это новый самостоятельный, но не единственный фактор феномена.

По некоторым окраинным и срединным городам России за 75 лет по доступным данным Росгидромета [2] видна динамика роста выпадения осадков (табл. 2).

Таблица 2. Динамика роста выпадения осадков по городам России (данные Росгидромета, 2013 г.)

Города России	1937	2012
Калининград	12,1	16,1 мм
Астрахань	4,9	6,9 мм
Челябинск	8,1	11,9 мм
Якутск	4,8	13,2 мм
Владивосток	2,9	6,5 мм
Москва	4,7	5,9 мм
С.Петерб	13,1	13,6 мм
Хабаровск	7,5	11,2 м
Уфа	7,3	13,5 мм
Ростов-на Дону	6,8	9,8 мм
сумма	72,2	108,6 мм
среднее	14,44	21,72 мм

Почти на треть возросло количество выпадающих осадков по территории России. Не отстают от такого и другие страны, судя по регулярным и разрушительным наводнениям и аномальным снегопадам. Неизвестно, сколько воды сконцентрировано в облаках, но почти постоянная плотная облачность над головами позволяет предполагать, что очень много. Метеослужбы могут найти такие данные и выявить рост накоплений влаги в атмосфере за последнее столетие.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что климат формируется человеком, и дальнейшие его действия по экспансии природных территорий с пренебрежением к качеству и количеству испарений, ведут к катастрофе. Каждый вскопанный гектар суши, уничтожает 20 тонн подземной живности, качественного передела природной функции воды. Жилье с крышей – это искусственный испаритель.

Срочно необходимы широкомасштабные исследования нового направления, на основе которых могут быть отработаны возможности по сдерживанию нового феномена и разработке мировой концепции по реальному воздействию на климат. В новой концепции, направленной на восстановление климата и сохранение жизни на планете, возможно, не будет места для традиционного домостроения. В Италии построены здания со сплошным озеленением стен и крыш домов. В Швейцарии строят современные землянки. В Японии проектируются плавающие города.

В Арабских Эмиратах построены подводные отели, искусственные острова. Имеются проекты строительства жилых многоэтажных домов под землей. Возможны и другие варианты сокращения искусственных и восстановления естественных испарений, например, полное использование собранной воды с крыш и искусственных покрытий.

Восстановление доиндустриального климата на основе данной гипотезы вполне возможно, без особых стеснений в комфорте и существовании человечества.

Литература

1. http://kartinamira.info/science/429-ischeznovenie-vidov.
2. http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate_russia-III.html

УДК.69.003.13

ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Гусакова Н.В., Гусаков А.М., Жарова Е.А.
Томский государственный архитектурно-строительный университет

Развитие малоэтажного жилищного строительства (далее - МЭС), безусловно, является одним из ключевых социально-экономических приоритетов развития стран, имеющих, с одной стороны, в значительной степени нерешенную проблему обеспечения комфортным и доступным жильем, с другой стороны, обладающих существенными незастроенными и неосвоенными территориями. К числу таких стран, в первую очередь, относится Российская Федерация. Практика реализации институциональных преобразований на национальном уровне и реализации крупных инфраструктурных проектов в строительстве показала неспособность государства обычными механизмами и инструментами эффективно решать жилищную проблему. Более того, в важнейших стратегических документах не нашла отражения необходимость интенсивного развития малоэтажного строительства, а строительная отрасль оказалась достаточно уязвимой, как с точки зрения внутренних факторов развития (низкая эффективность производства), так и с позиций глобальных изменений в мировой экономике, лишивших строительные компании доступа к дешевым кредитным ресурсам [1].

Сказанное обуславливает актуальность, цель и задачи исследования, в число которых входит обоснование роли и места МЭС в системе национальных социально-экономических приоритетов России (рис. 1). На рисунке 1 обозначены глобальные вызовы и тенденции социально-экономического развития России. Все они сводятся к необходимости последовательного и системного подхода к решению проблем регионального развития, где ключевое место может быть отведено использованию механизмов МЭС.

До настоящего времени сфера жилищного строительства в России развивается в соответствии с целями, заложенными в ФЦП "Жилище" на 2011 – 2015 годы, которые сводятся к формированию рынка доступного жилья экономкласса, отвечающего требованиям энергоэффективности и экологичности и выполнению государственных обязательств по обеспечению жильем категорий граждан, установленных федеральным законодательством. При этом стоит отметить, что за последние 5 лет наметилась тенденция превышения темпов роста малоэтажного строительства над темпами роста строительства многоэтажных многоквартирных домов, что говорит о высоком спросе на малоэтажное жилье.

В то же время быстрому развитию малоэтажного строительства препятствует ряд существующих проблем, среди которых можно выделить отсутствие достаточной региональной нормативно-правовой базы, отсутствие инженерно-подготовленных территорий, недоступность объектов малоэтажного строительства для отдельных групп населения, которая обусловлена применением традиционных затратных технологий при строительстве, а также проблема отсутствия регламентов технического регулирования и разработки национальных стандартов в аспекте обеспечения энергоэффективности малоэтажного строительства.



Рис. 1. Обоснование роли и места МЭС в системе национальных социально-экономических приоритетов

Решение обозначенных проблем должно строиться на основе разработанных моделей взаимодействия субъектов управления, мотивированных (на законодательном уровне) к активному внедрению энергосберегающих технологий и повышения энергоэффективности малоэтажного строительства с учётом требований технического регулирования, что позволит в конечном итоге обеспечить необходимые социально-экономические эффекты, компенсирующие барьеры развития. Реализация моделей должна способствовать также решению проблемы расселения ветхого и аварийного жилищного фонда [2].

Предлагаемая модель основывается на междисциплинарном, системном и программно-целевом подходах, методах индикативного планирования, обеспечивающих преимущества модели перед реализуемыми в рамках федеральных и региональных программ (рис. 2). Системный подход должен включать в себя представленные на схеме 2 элементы, учитывающие многообразие связей при реализации инвестиционных проектов МЭС.

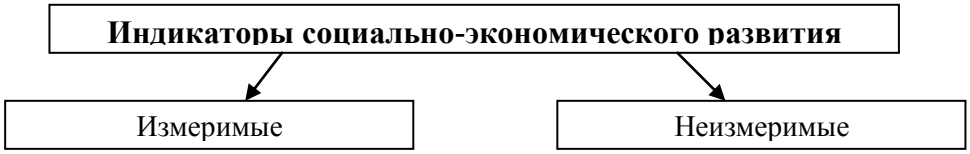


Рис. 2. Используемые методы исследования при построении предлагаемой региональной модели МЭС

Модель предполагает разработку комплекса мероприятий, направленных на развитие МЭС в соответствии со сложившимися тенденциями социально-экономического развития региона. В ней определены основные субъекты программы и их функции, стратегические приоритеты развития малоэтажного строительства, критерии определения оптимального перечня современных энергоэффективных технологий и т.д.

Очень важно на этапе формирования модели иметь разработанную систему индикаторов социально-экономического развития в контексте реализации программ и мероприятий развития МЭС (рис. 3).

Она содержит 2 группы индикаторов: измеримая и неизмеримая, но которые четко будут демонстрировать успех реализации программы, спроецированный на ряд важных процессов СЭР региона [3].



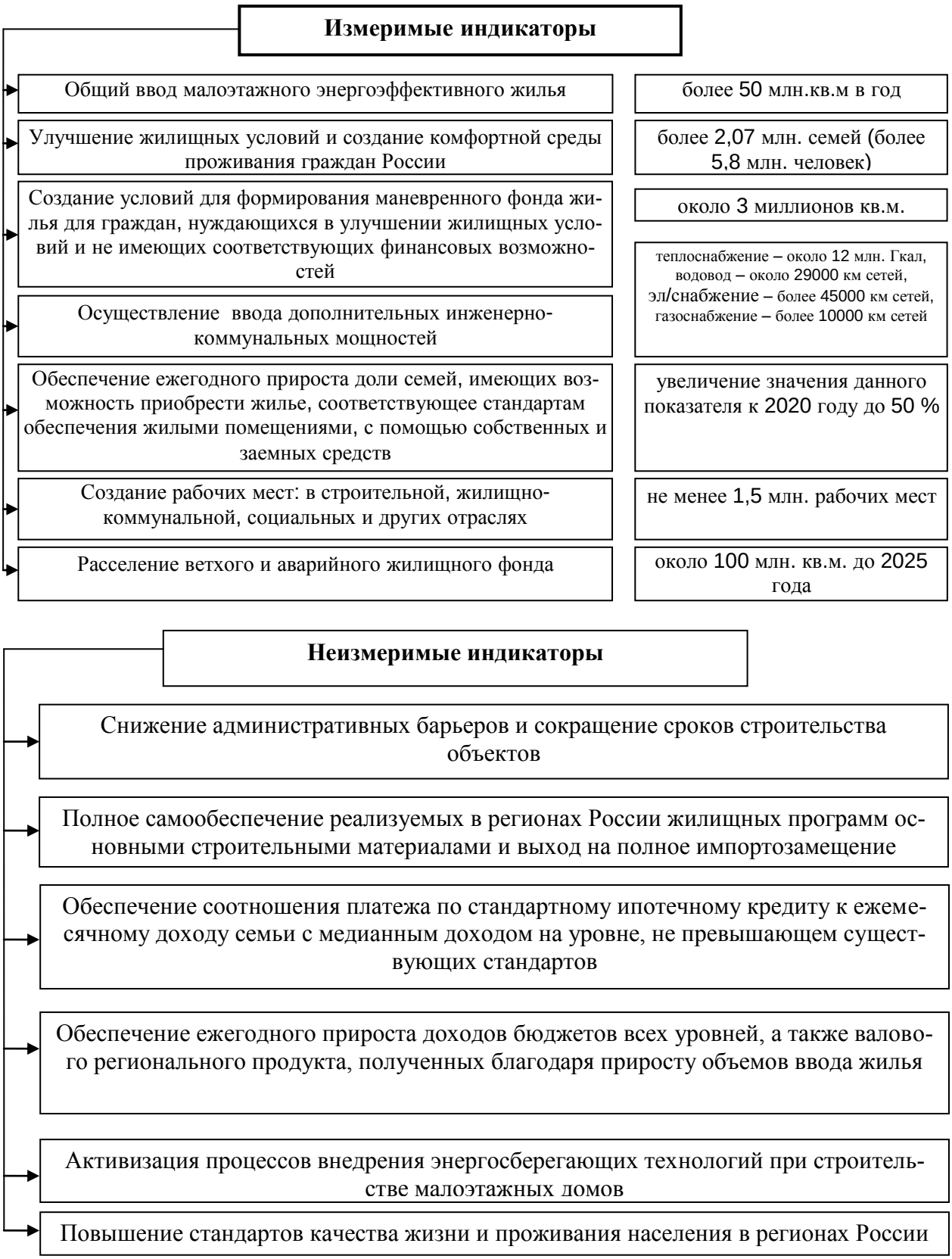


Рис. 3. Индикаторы эффективности реализации региональной модели МЭС

Модель имеет, с одной стороны, ярко выраженную социальную направленность, а с другой стороны, содержит в себе экономический и коммерческий эффекты, которые складываются из двух компонентов:

1. Коммерческих эффектов, возникающих в процессе строительства от внедрения новых технологий и строительных материалов. Так, например, в результате внедрения инновационных технологий, удается добиться существенного снижения стоимости 1 кв.м. жилья и последующих затрат на его эксплуатацию.

2. Экономических эффектов, возникающих в процессе долговременной эксплуатации объектов малоэтажного жилого строительства.

Таким образом, предлагаемая модель развития и управления процессами повышения энергетической эффективности малоэтажного строительства в России призвана обеспечить:

– формирование комфортной и безопасной среды проживания граждан России;

– устойчивое развитие регионального инвестиционно-строительного комплекса;

– внедрение новых энергоэффективных технологий;

– платежеспособный спрос на малоэтажное жилье;

– развитие индустрии производства новых строительных материалов;

– решение комплекса социальных задач (жилье для молодых семей, специалистов, ученых, работников бюджетной сферы и т.д.);

– активизацию региональных экономических процессов и повышение валового регионального продукта

Кроме того, данная модель ведет к практическому увеличению застроенных территорий, увеличению численности населения, проживающего в индивидуальных домах, необходимости проведения значительных мероприятий по развитию инженерно-транспортной, коммунальной и социальной инфраструктур, а также созданию новых рабочих мест.

Практическая и теоретическая значимость исследования рассматривается в 2х направлениях:

Во-первых, результаты использования теоретических подходов к исследованию экономической природы МЭС, позволившие исследовать экономическую природы МЭС, его место и роль в системе национальных приоритетов;

Во-вторых, использованный методический инструментарий и практические рекомендации (программные мероприятия) позволяют в большей степени реализовать потенциал МЭС для повышения энергоэффективности, а также экономической и коммерческой эффективности региональных инвестиционно-строительных проектов МЭС [4].

Литература

1. N.Minaev, K. Filushina, E. Jarova The concept of increasing energy efficiency of low-rise construction in the context of technical regulation – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
2. Филюшина К.Э., Меркульева Ю.А., Жарова Е.А. Модели социально-экономического развития процессов энергосбережения. – Глобализация науки: проблемы и перспективы. Сборник статей международной научно-практической конференции, 2014.
3. Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Колыхаева Ю.А. Исследование закономерностей процессов энергосбережения и повышения энергетической эффективности в регионах России. – Сибирская финансовая школа, 2014.
4. Филюшина К.Э., Меркульева Ю.А. Энергетическая эффективность. – Перспективы развития науки и образования. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, 2014.

УДК.502/504; 574

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЖИЛЬЕ

Огородников И.А.
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

На Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, в 1992г., присутствовали почти все главы государств нашей планеты. Одновременно с этой Конференцией проходил не менее представительный Международный форум различных общественных организаций той же тематики. Генеральный секретарь Конференции Морис Стронг так сформулировал её идею: «Или будет спасён мир, или погибнет вся цивилизация».

Результаты Конференции были сформулированы в пяти основополагающих документах, в которых сформулированы ключевые направления, определяющие дальнейшее развития цивилизации: изменения глобального климата и проблемы, связанные с ними; сохранение многообразия видов живых организмов и сохранение лесов. Основным же документом Конференции явилась Программа, которая называется «ПОВЕСТКА ДНЯ НА XXI ВЕК» [1,2].

20 лет спустя состоялась Конференция ООН РИО + 20, на которой были подведены итоги, достигнутые результаты. Основной вывод общественных движений [3], что прогресса нет и что просматривается интерес крупного бизнеса. Мнение экспертов сводится к тому [4], что пришло осознание необходимости четкой формулировки целей и механизмов реализации.

Во всех разделах Программы прямо или косвенно рассматривается проблема жилья. Среди обширного спектра конкретных задач, условий и средств реализации Устойчивого развития выделены несколько приоритетных. В их число входит содействие Устойчивому развитию населённых пунктов (решение жилищной проблемы). Для решения этой проблемы разрабатывается специальная программа «Жильё в интересах устойчивого развития». Координацию этих усилий осуществляет центр ООН по населённым пунктам (Хабитат).

Анализ мирового состояния проблемы жилья показал, что современное комфортное жильё является одной из острейших проблем, стоящих перед человечеством. С другой стороны, - системное воздействие жилья на природу по своей мощности сопоставимо с нагрузкой от деятельности промышленности. Эти два основных вывода из анализа проблемы позволяют сформулировать основные положения программы Хабитат:

- Жильё - это не просто крыша над головой. Термин «жильё» относится не только к жилищу, но также включает в себя ряд вспомогательных сооружений и их систем, которые, вместе с домом, необходимы для создания и поддержания здоровой среды проживания. Понятие «жильё» охватывает доступ к сетям водо- и энергоснабжения, канализации, дренажной системе и транспорту. Всё это, в свою очередь, обеспечивает доступ к социальной инфраструктуре: школам, службам здравоохранения, магазинам и рынкам, возможностям трудоустройства. Жильё включает в себя связь между бытовой и техногенной средой населённых пунктов.
- Ещё на заре цивилизации жильё играло основную роль в выживании и развитии человека, обеспечивая и комфорт, и безопасность. В ранние времена люди строили дома и основывали свои поселения, которые часто удивительно гармонировали с окружающим миром. Первоначально это являлось больше результатом куль-

турных традиций «вышедших из самой природы» людей и их здравого смысла, чем экологической информированностью населения в современном смысле этого слова.

В настоящее время, когда население планеты превышает 7 млрд. человек, - виды наших жилищ и нормы жизнедеятельности будут действовать не только на выживание самого рода человеческого, но и на тот, очень хрупкий сейчас, экологический баланс, который поддерживает все формы жизни на нашей планете.

Является заблуждением, что развитие цивилизации и окружающая среда – антагонистические, взаимоисключающие понятия. Безусловно, обеспечение того, что каждый человек в этом мире хочет иметь доступ к таким удобствам как жильё, вода и канализация и т.д. не значит, что мы должны в этих целях разрушить окружающую среду. Обеспечение этими потребностями одного миллиарда людей в развивающихся странах, вероятно, обойдётся меньшей ценой для окружающей среды, - чем экологически безответственный образ жизни нескольких десятков миллионов в развитых странах.

Экологически безопасный, семейный, дом должен быть расположен таким образом, чтобы использовать минимальную площадь продуктивной земли, быть построенным из материалов, не имеющих токсичных воздействий на живущих в нём и окружающую среду. Также необходимо максимально выгодно использовать местные климатические условия (для освещения, обогрева и вентиляции), таким образом сокращая объёмы потребления энергии.

Домашние хозяйства экодомов должны использовать энергетически эффективные приборы и быть экономными в расходовании воды. Все органические отходы должны утилизироваться на приусадебных участках с применением биоинтенсивных технологий для наращивания биологической активности почвы и выращивания значительной части необходимых семье продуктов питания. Если всё это будет делаться на индивидуальном уровне и массово, позитивный накопительный эффект в масштабе глобальной окружающей среды будет просто невероятно огромен, планетарного масштаба.

Наши поселения должны развиваться в новых экологически безопасных направлениях, опираясь на «зеленые технологии», термин получивший одобрение на РИО + 20. Вторичное использование и переработка отходов экологически развивающим путём должны стать привычкой и потребностью, массовым социо-культурным отношением к природе, укоренённым в нашем сознании.

Программа Хабитат «Жильё в интересах устойчивого развития», которая также развивалась и конкретизировалась последние 20 лет ориентирована, в первую очередь, на решение проблем жилья в странах третьего мира. Поэтому в числе её мероприятий должны преобладать нетрадиционные, разбюрократизированные, решения в сферах просвещения, информированности населения по вопросам экологии, в широком привлечении к реализации Программы женщин, в мобилизации населения на уровне общин, в изменении механизма планирования социального развития на местном уровне. Эти мероприятия уже дают ощутимый результат в разных странах без значительных затрат материальных и финансовых ресурсов.

Большой вклад в решение проблемы жилья и устойчивого развития может внести Россия благодаря уникальной ситуации, сложившейся в нашей стране. Это обусловлено тремя основными факторами:

Первый определяется: а) острой массовой нехваткой жилья (15 млн. Нуждающихся семей); б) критическим состоянием коммунального хозяйства в крупных городах (износ до 60%) и практически полным его отсутствием в средних и малых городах.

Второй фактор обусловлен мощным научно-техническим потенциалом России. Отечественная наука уже разработала достаточное количество «зеленых технологий» для массового строительства экологического жилья.

Третьим фактором, который даёт возможность в крупных масштабах приступить к совместному решению проблемы жилья и одновременно - экологических проблем, связанных с жилищным и строительным секторами, является принятие в России, на правительственном и региональном уровнях, Программы «Жилище» и развивающих её Подпрограмм.

Их назначение - способствовать проведению в России жилищной реформы с тем, чтобы обеспечить каждому гражданину право выбора, в соответствии с потребностями и возможностями семьи, приобретать в собственность или получать в пользование благоустроенное жилище.

Ближайшие цели Программы, которые подготавливают изменения структуры жилья в России, направлены на:

- преобразование системы законодательных и правовых норм в целях осуществления Жилищной реформы;
- изменение структуры жилищного фонда и жилищного строительства по формам собственности, источникам финансирования, типам зданий и технологиям их строительства;
- поэтапный перевод жилищной сферы в режим безубыточного функционирования при обеспечении социальной защиты малоимущих групп населения;
- демонополизацию жилищного строительства и жилищно-коммунального хозяйства, структурную перестройку базы стройиндустрии и промышленности производства строительных материалов;
- изменение форм организации и управления строительством и реконструкцией жилищного фонда;
- решение вопросов землепользования в жилищной сфере в комплексе с развитием инфраструктуры.

Кроме этого, в Программе «Жилище» [5] и других программ уже введены понятия ресурсосберегающих технологий, экологически чистых материалов и экологически чистых автономных систем жизнеобеспечения. Технический акцент на автономность - это первый шаг к децентрализации коммунального хозяйства на уровне государственной политики.

Все три известные Программы по окружающей среде и развитию можно рассматривать как сочетаемые концептуальные подходы к решению жилищной проблемы:

1) Программа ООН ориентирована на глобальные мировые проблемы. В ней жильё является одним из направлений.

2) В Программе Хабитат рассматриваются проблемы жилья тех стран, в которых наиболее остро стоит эта проблема.

3) И, наконец, Российская программа «Жилище» является, по существу, концепцией снятия остроты жилищной проблемы и модернизации жилого фонда в России.

Все три перечисленные Программы ориентированы на разные цели, но имеют и общее – признание чрезвычайной важности решения экологических проблем в жилищной сфере.

Конкретные решения жилищных проблем будут реализовываться на местных уровнях. Здесь необходимо выделить, по крайней мере, две проблемы:

I) Проблема больших городов. Как правило, большие города в России - это города, перегруженные производственными структурами и многочисленными обострён-

ными экологическими проблемами. Их сложное коммунальное хозяйство ориентировано на мощные, т.е. затратные, централизованные системы. Крупные города в России и их коммунальные системы развивались примерно в одно время и в большинстве городов эти системы подходят к пределу сроков расчётной эксплуатации. Это предопределяет дальнейшее развитие городов в двух направлениях:

«А» - переход к локальным сетям и автономным системам жизнеобеспечения, чтобы снизить нагрузки на них, продлив тем самым сроки эксплуатации сетей и получив время на их реконструкцию.

«Б» - встречающееся в мировой практике направление развития с постепенным выведением жилья в пригороды. Здесь развивается новый подход к застройке - переход на малоэтажное строительство и использование автономных систем жизнеобеспечения отдельных домов и микрорайонов. Этот подход значительно дешевле и эффективнее традиционного, благодаря сокращению затрат на коммуникации и их содержание.

II) Проблема малых городов и сельской местности. Суть проблемы скорее социальная: для их нормального развития людям требуется близкий к городскому комфорт жизни.

Обе проблемы, в разрезе экологической проблематики Устойчивого развития, по существу имеют одно и то же решение: необходимо создать тип жилища, который должен быть максимально автономным. А это - малоэтажное жилище. У такого типа жилья есть ещё одно важное преимущество: малоэтажное, рассредоточенное жильё, с его инфраструктурой, может быть спроектировано так, что в процессе жизнедеятельности семьи будет экологически развивать находящуюся рядом природную среду и ландшафт.

Само современное понимание «жилища для человека» - это экологическое жилище. Во многих развитых странах примерно в одно и то же время пришли к этому. Уже разработаны варианты такого типа жилья для разных климатических зон.

Учитывая, что в городах России слабо развито строительство современного комфортного индивидуального жилья, возможно и необходимо сразу строить экологическое жильё. В отличие от стран, где проблема жилья в основном решена и переход на экологическое жильё требует дополнительных расходов на реконструкцию добротной жилой застройки. Строительство экологического жилья - один из серьёзных механизмов решения экологических проблем ещё потому, что экологический (т.е. естественный) дом - это дом, который не только не подавляет, а наоборот, - развивает и поддерживает биологическую активность окружающей среды [6,7,8].

Позитивное влияние экологического жилья на глобальные процессы возможно только в том случае, когда его строительство станет массовым. А массовым оно станет, став экономически целесообразным и доступным. Экономическая же целесообразность определяется эффективностью технологий, используемых для создания экологического жилья, т.е. технологии должны быть достаточно просты и применимы там, где наиболее остра проблема жилья. Технологии должны быть максимально приспособлены к местным условиям. Качество жилья должно соответствовать нормам, которые способствуют сохранению природы и соответственно - здоровья человека.

Таким образом, решение проблемы человеческого жилища необходимо начинать с основных принципов, которым подчиняется всё живое на планете, а именно, с тех принципов, которые обеспечивают устойчивое состояние экосистем:

- экономное, не расточительное, потребление всех видов ресурсов;
- сохранение многообразия видов живых организмов;
- использование и сохранение естественных замкнутых биологических циклов.

Эти принципы и определяют выбор технологий, которые можно использовать для создания экологического жилья. Это относится не только к отдельным домам, но и к поселениям любого масштаба. Жизнь в таких домах и поселениях создаст предпосылки для формирования экологического сознания и даст дополнительный шанс для устойчивой здоровой жизни нашей цивилизации.

Проблема жилья решена практически только в развитых странах, а население этих стран составляет меньше трети всего населения планеты. Во многих из них уже давно идёт процесс создания экологического жилья, но массового строительства экологического жилья ожидать здесь не приходится, поскольку людям понадобятся не только дополнительные затраты на реконструкцию жилья, а главное - изменение привычного быта, жизненного уклада. Это сложный, не только денежный, но и психологический процесс. «Экологизация» жилья в развитых странах осуществляется через принятие и совершенствование системы природоохранных законов и штрафов за их не надлежащее выполнение.

В России, как это ни парадоксально, очень благоприятные условия для массового и достаточно быстрого развития экологического домостроения:

- во-первых, существует острая массовая потребность в жилье;
- во-вторых, принятое законодательство благоприятствует развитию индивидуального жилищного строительства;
- в-третьих, мы имеем достаточный научный потенциал для разработки и внедрения необходимых для этого технологий;
- в-четвертых, мы также имеем практически исчерпывающий набор уже существующих технологий и разработок, от инженерных и биологических до информационных и социальных, которые почти без адаптации могут использоваться для экологического домостроения;
- и, наконец, в-пятых, у нас имеется достаточно развитая промышленность, на базе которой возможно наладить изготовление всего необходимого оборудования для строительства и оснащения экодомов и экопосёлков.

Масштаб проблемы легко представить, зная, что создание, поддержание и энергетическое обеспечение жилой сферы в развитых странах, находящихся в умеренных широтах, составляет треть всех затрат этих стран. И чем дальше на север, - тем эта пропорция больше.

С другой стороны, именно этой величиной определяется возможность экологического домостроения существенно повлиять на экологическую обстановку, потому что реальное потребление ресурсов, при уже имеющемся уровне технологий, может быть снижено в экодоме в несколько раз.

Выбор конечной цели в виде экологически чистого дома, посёлка непосредственно направлен не только на решение наших жилищных проблем, но и на постепенную замену ныне существующих технологий, неприемлемых с точки зрения их экологической нагрузки на окружающую среду.

Желание людей иметь хорошее индивидуальное жильё и при этом воспитать здоровое потомство может сдвинуть и решить эту проблему. Тем самым Россия может внести существенный вклад в решение экологических проблем окружающей среды и социальных проблем для людей, и стать примером и источником этих технологий для других стран, в которых проблема жилья стоит так же остро, но нет должного научно-технического потенциала.

Развитие экологического домостроения - один из реальных механизмов, которым Россия может участвовать в реализации мировой программы «Повестка дня на XXI век», которую международное сообщество уже вынуждено решать, вступая в XXI век.

Литература

1. В.А.Коптюг Конференция ОНН по окружающей среде и развитию. (Рио-де-Жанейро, 1992г.) Информационный обзор, СО РАН, 1992.
2. Жилье в интересах устойчивого развития. Информационный обзор для средств массовой информации. Всемирный день Хабитат 1992г., Центр ОНН по населенным пунктам (Хабитат), 1992г.
3. http://ria.ru/nature/20120623/679787921.html
4. На пути к устойчивому развитию России», Бюллетень Института устойчивого развития Общественной палаты РФ, № 61, 2012, (http://www.ecopolicy.ru/upload/File/Bulletins/B_61.pdf)
5. Государственная программа России «Жилище», 1993г.
6. Экологический поселок и экологический дом в Сибири. Тезисы международного семинара, г.Новосибирск, 1991г.
7. ECO Logical Architecture Conference report, Stockholm-Helsinki, The National Association of Swedish Architects. The Finnish Association of Architects, 1992.
8. И.А.Огородников. Если строить, то экодом. ЭКО, N 9, 1992.

УДК.502/504; 574

МАССОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЖИЛЬЯ – ОДИН ИЗ МЕХАНИЗМОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Огородников И.А.
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Человечество переживает трудный момент своей истории. Произошло резкое увеличение населения, сильное расслоение по доходам разных стран и разных групп населения, когда на 20% населения планеты приходится 82,7% общечеловеческого дохода, при этом 3/4 населения Земли живут в развивающихся странах. Стремительный рост населения планеты и активная деятельность человека породили глобальные проблемы, связанные с изменением климата, деградацией почв, лесов, загрязнением атмосферы и океанов, резким сокращением биологического разнообразия. Эти изменения реально угрожают благополучию и самому существованию человечества. Настал момент, когда мировое сообщество встало перед необходимостью поиска путей выхода из кризиса, - чтобы просто выжить.

В 1992г. в Рио-де-Жанейро Конференция ООН по окружающей среде и развитию, а затем РИО + 20 сформировали рамочную программу устойчивого развития и приступили к конкретизации целей как его достигнуть [1,2,3].

Проходившие одновременно общественные форумы неправительственных организаций формировали альтернативные Стратегии и пути выхода мирового сообщества на Устойчивое развитие.

«Повестка дня на XXI век» вобрала в себя ключевые вопросы охраны окружающей среды, существования экосистемы Земли и роль человечества в её сохранении, восстановлении и в собственном выживании. В этой Программе рассматриваются насущные проблемы сегодняшнего дня и подготовка к решению проблем следующих поколений. Глобальная программа является основой для разработки национальных и местных стратегий и планов действий в целях Устойчивого развития. Этот главный документ встречи состоит из 4-х разделов:

- Социальные и экономические аспекты;
- Сохранение и рациональное использование земельных ресурсов;
- Усиление роли основных групп населения;
- Средства осуществления.

12 пунктов из 40 Программы «Повестка дня на XXI век» тесно связаны с жильём и сельским хозяйством. Цель настоящей статьи показать, как технологии соответствующие 6-му технологическому укладу [4,5,6], реализованные в экологическом строительстве жилья [7,8,9,10,11,12] и природные биоинтенсивные технологии в сельскохозяйственном производстве, в том числе, на приусадебных участках [13,14,15,16,17,18], связаны с Устойчивым развитием.

Изменение структуры потребления. Одной из основных причин деградации окружающей среды является сегодняшняя структура мирового потребления и производства. В общественном сознании установился «образец», к уровню которого все стремятся - сильно завышенный уровень потребления, достигнутый в наиболее развитых странах. Если этот уровень потребления распространить на весь мир и использовать при этом действующие в настоящий момент технологии, то это очень быстро истощит ресурсы планеты, подорвёт способность экосистемы к самовосстановлению и поставит под угрозу само существование всего человечества.

Следовательно, для достижения Устойчивого развития, сочетающего рост благосостояния людей при одновременном экологическом развитии окружающей среды, необходима разработка Стратегии выхода на Устойчивое развитие и набор конкретных повседневных действий людей, при которых расходуется существенно меньше разных ресурсов: энергии, сырья, а отходы превращаются в полезный продукт, причем органическая часть отходов идет на развитие почвенных биоценозов. Цель состоит в том, чтобы сбалансировать потребление для всего мира на таком уровне, при котором Земля сможет выдерживать присутствие и развитие человечества в течение очень продолжительного времени.

Сокращение потребления сырья возможно не только за счёт разумно достаточного потребления, но и за счёт вторичного использования отходов первичного потребления, а также использования новых биологически и экологически эффективных технологий. **Настал момент, когда человек должен возвращать в природу больше, чем берёт у неё.** Важно, чтобы не только правительства, но и все люди взяли на себя ответственность за потребление товаров, услуг и использование новых технологий на устойчивом уровне.

Одним из примеров реализации механизма Устойчивого развития и изменения структуры производства и потребления может служить - характерный для России способ самообеспечения продуктами питания большой частью семей с помощью приусадебных участков.

Эффективность этого механизма можно существенно усилить с помощью идеи экологического жилья. Строительство для себя и жизнь семьи в экологическом доме, использующем биоинтенсивные технологии для поддержания своей жизнедеятельности и утилизации отходов на собственном участке, - это и повышение эффективности уже действующего в природе механизма и один из способов личного участия каждого человека в формировании Устойчивого развития общества.

Население и устойчивость. Стратегия Устойчивого развития должна предусмотреть решение комплекса проблем роста населения, здоровья экологических систем и доступа к ресурсам. За последнее столетие население планеты увеличилось более чем в три раза, к 2020 г., при сохранении существующих тенденций, оно вырастет до 8 млрд. чел. Резкий рост численности населения - это одна из главных и сложных проблем, которую уже приходится решать мировому сообществу.

Главные задачи, которые обусловлены ростом населения и всегда стоят перед человечеством - это обеспечение питанием и жильем (основным). Решить эти задачи в современную эпоху повсеместно и массово, без использования методов и технологий, основанных на личном труде людей, представляется проблематичным, учитывая большое имущественное расслоение населения. С экономической точки зрения этот путь, единственно возможный для многих развивающихся стран, имеет принципиальное значение и для России в её нынешних условиях.

С решением этих задач связаны такие жизненно важные ресурсы, как вода и земля, а также экологические факторы, такие, как здоровье и биологическое разнообразие экосистем, основой которых является почва. Сокращение этих ресурсов подрывает способность жизнеобеспечения. Способность жизнеобеспечения - это способность имеющихся природных ресурсов обеспечить жизнь людей и не истощаться при этом. Имеющееся количество природных ресурсов выставляет ограничение на рост численности населения, а для решения этой задачи требуются общие усилия политиков, сферы образования, религиозных и научных учреждений, всего общества в целом. В конечном итоге - демографические проблемы должны стать частью более широкой социальной и экологической политики.

В идее экологического жилья в широком плане заложено восстановление и оборот используемой воды и развитие почвенных ресурсов, в том числе наращивание биологической активности приусадебных участков и, следовательно, экодом - повышает способность среды к жизнеобеспечению, то есть ***люди, живущие в экодомах, превращаются в биологически активную силу, восстанавливающую, а не угнетающую окружающую среду.***

Устойчивые поселения. Демографические тенденции, изменение образа жизни и медленное изменение, оптимизация типа цивилизации приводит к тому, что уже половина населения мира живёт в городах. Здесь же производится 60% валового национального продукта.

На развитие городов сильно сказываются процессы миграции из деревни в город. Они обусловлены большой разницей в уровне жизни, в доступности образования, в социальной обеспеченности. Для уменьшения миграции в большие города необходимы программы развития малых и средних городов. Такие же программы должны предусматривать улучшение условий жизни в сельской местности.

Миграционные процессы проявляют симптомы экологического кризиса - от загрязнения воды и воздуха, почв до появления заметных групп бездомных и огромных скоплений отходов, которые ещё в большей степени негативно сказываются на здоровье людей.

Для того, чтобы сделать жизнь в городах приемлемой, правительствам и администрациям следует обеспечить людям доступ к земле и кредитам. В свою очередь, научному сообществу и профессионалам в области строительства и сельского хозяйства необходимо сосредоточить своё внимание на разработке технологий, снижающих экологическую напряжённость городов. В программах строительства надо сделать упор на энергоэффективное жильё из местных материалов, использующих технологии, которые могут обеспечить снижение затратности строительства и эксплуатации, повысить занятость большего числа людей.

Технология создания и эксплуатации экологического жилья - пример такой технологии. В качестве важного элемента этой технологии можно рассматривать переход на энергообеспечение за счёт солнца, биогаза, ветра и воды, использование других видов возобновимого топлива, а также использование биоинтенсивных природных технологий выращивания продуктов питания на приусадебном участке.

Рациональное использование земельных ресурсов. Дефицит земельного ресурса - причина многих, если не большинства региональных конфликтов. Наша общая цель - использовать землю так, чтобы получать от этого, на устойчивой основе, наибольшую пользу для людей, развивать биологическую ценность земельных ресурсов и, как следствие, снижать вероятность возникновения конфликтов на этой почве.

Россия, в отличие от других стран мира, обладает наибольшим запасом земель и лесов, не вовлечённых в хозяйственную деятельность. Однако, в некоторых регионах России и в большинстве стран бывшего СССР, дефицит земли - одна из главных причин национальной и социальной напряжённости.

Человечество накопило много приёмов и способов долговременного землепользования, которые защищают землю, сохраняют биологическое разнообразие и характеризуются другими экологическими преимуществами. Существуют различные формы землепользования, которые определяют использование земельных ресурсов. Задача состоит в том, чтобы выделить среди них те, в которых заложены механизмы улучшения окружающей среды и в которых сам человек как малая часть экосистемы личным участием сначала восстанавливает загубленную землю, а затем развивает ее биологическую продуктивность.

Такое свойство заложено в массовой работе людей на своих приусадебных участках, где люди в значительной части решают свою проблему питания. Например, в Новосибирской области - 360 тыс. садов и 300 тыс. подворий. Более половины населения России участвуют в этом процессе. И это значительный ресурс для решения экологических проблем. Поэтому очень важно разработать план действий по эффективному использованию этого ресурса в целях создания условий для Устойчивого развития страны в целом.

Идеи и методики эксплуатации экологического жилья, развиваемые в разных странах, могут служить практическим руководством для повышения эффективности работы людей на своих участках и эффективности восстановления биологической активности земли.

Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских районов. Основным фактом, характеризующим глобальное состояние сельского хозяйства планеты, является значительное падение продуктивности крупных сельскохозяйственных районов, производящих продовольствие. Сейчас не известно, насколько способно человечество в долгосрочной перспективе обеспечить растущий спрос на продукты питания и другие продукты сельского хозяйства.

Пока действующие производства продуктов питания в среднем обеспечивают всё человечество, однако, из-за неоднородности распределения ресурсов: в развитых странах наблюдается перепроизводство продуктов питания, тогда как в развивающихся странах голод уже представляет собой постоянную угрозу.

Во всех странах усиливается эрозия и засоление почв, заболачивание и потеря плодородия. Современное сельское хозяйство должно обеспечивать растущие потребности главным образом за счёт производительности, так как большинство лучших угодий нашей планеты уже используется. Другие «живые естественные» территории использовать нельзя потому, что у них есть свои функции для обеспечения Устойчивого развития. Для восстановления больших массивов погибших и выведенных из сельскохозяйственного оборота территорий уже есть эффективные технологии, но у человечества еще не достаточно сил и не достаточен уровень информированности у принимающих решение о дальнейшем развитии.

С другой стороны, уже существуют экологически приемлемые способы увеличения производства сельскохозяйственной продукции, уменьшения порчи продуктов и их потерь из-за сельскохозяйственных вредителей, но не находят широкого и системного применения. Цель состоит в том, чтобы специалисты и местные администрации разрабатывали и претворяли в жизнь программы, которые опираются на эти способы, и чтобы эти программы стали основой политики развития сельского хозяйства, территорий. Из местных программ должна складываться стратегия действий и общая национальная политика.

Важную роль здесь играют ВУЗы и консультационные, инновационные, центры, т.к. люди постоянно нуждаются в обучении и консультациях, связанных с применением методов и систем ведения хозяйства, которые сохраняют и восстанавливают почву и природу - при одновременном росте продуктивности. Эти меры известны и включают противоэрозионную обработку почв, севооборот, смешанное возделывание культур и целый ряд других методов.

Среди многих направлений хочется выделить два, которые имеют ключевое значение. Это:

1) Сохранение и рациональное использование большого разнообразия генетических ресурсов и комплексных способов борьбы с вредителями, которые сочетают биологические средства, сопротивляемость растений;

2) Правильное ведение подсобных, фермерских и промышленных хозяйств.

Всё это должно согласовываться с развитием других производств в сельской местности, чтобы избежать дальнейшего расширение использования земель для обеспечения занятости населения.

Экологическое жильё и биоинтенсивные природные технологии в приусадебном хозяйстве дают возможность одновременно с проживанием - массово вовлечь людей в решение значительной части проблем Устойчивого развития территорий.

Сохранение биологического разнообразия. Биологические ресурсы «кормят и одевают» нас, частично «обеспечивают жильём», лекарствами и многим другим. Они составляют основу окружающей нас экосистемы. Эти ресурсы содержатся в природных экосистемах лесов, саванн, пастбищ и охотничьих угодий, пустынь, тундры, рек, озёр и морей. Они находятся на колхозных и фермерских полях, в садах и огородах. Утрата этих ресурсов происходит, в основном, за счёт нарушения человеком среды своего обитания. Мы на своих участках можем их уничтожить, а можем поддержать и развить. Именно деятельность человека нанесла наибольший ущерб биологическому разнообразию, поэтому - именно человек может и должен не только остановить сокращение биоразнообразия, но и создать условия для его развития! Расширив нашу деятельность по обеспечению себя питанием и топливом на прилегающем к своему дому участке, мы дадим возможность экосистеме заняться самовосстановлением.

Современные достижения науки позволяют это сделать. Но этот процесс должен быть массовым, чтобы принести ощутимые результаты, при экологически правильном ведении хозяйства, начиная, прежде всего, с приусадебных участков. Это очень серьёзный механизм, который нельзя недооценивать. Сохранение биологического разнообразия настолько важная проблема, что ей был посвящён специальный всемирный документ - «Конвенция о биологическом разнообразии».

Восстановление и наращивание плодородного слоя вокруг экодомов в экопоселках, являющиеся естественным следствием жизнедеятельности семьи в доме, способствует масштабному сохранению и развитию почвенных биоценозов.

Экологически безопасное использование биотехнологий. Биотехнологии, опирающиеся на природные процессы, разработанные наукой в последнее столетие, являются одним из инструментов, которым владеет человечество, и это вселяет оптимизм и уверенность, что экосистемы огромных территорий можно вылечить и обеспечить Устойчивое развитие регионов и стран, всей планеты.

Сложились условия, когда технологиями обладают, в основном, развитые страны, а биологическими ресурсами - развивающиеся страны. В этом есть предпосылки для партнёрских отношений, а не для полной экономической зависимости развивающихся стран и военных конфликтов, которые непрерывно идут в последнее время.

Биоинтенсивные технологии направлены на решение многих отмеченных выше проблем. Например:

- Повышение продуктивности сельского хозяйства;
- Обеспечение человечества возобновляемыми источниками энергии;
- Переработка отходов жизнедеятельности человека и превращение отходов в полезный продукт.

Очень важным условием для успеха биотехнологических программ является подготовка не только научных кадров, но и подготовка населения к восприятию и использованию биотехнологий.

Массовое экологическое жильё может быть одним из способов постоянного и непрерывного широкого обучения населения новым экологически эффективным технологиям, а также средством обмена и передачи таких технологий.

Удаление твёрдых отходов и сточных вод. Быстрое увеличение объёмов бытовых отходов и сточных вод в каждой стане и на планете в целом создаёт угрозу здоровью человека и окружающей среде. Ежегодно в мире 5 млн. человек, включая 4 млн. детей, умирают от заболеваний, вызванных неправильными удалением и утилизацией твёрдых отходов и сточных вод.

Сейчас около 2 млрд. человек страдают от нарушения санитарных норм. Половина развивающихся стран не обеспечена системой полноценного удаления и утилизации отходов. Рост количества отходов и плата за их удаление начинают сильно расти, и поэтому становятся рентабельными разработки по их рециркуляции и восстановлению биологических природных ресурсов.

Наиболее эффективный способ решения проблем, связанных с образованием отходов, состоит в предотвращении их лавинообразного образования путём изменения образа жизни, характера производств и структуры потребления. Главное, свойство экологического жилья - 100% безотходность по органической составляющей, а поселок из 100 домов безотходный по полному объему бытовых отходов, за исключением малого процента, который утилизируется по специальным технология.

Экодом оснащён биореакторами, перерабатывающими в компост или живую почву все органические отходы (твёрдые и жидкие), которые потом утилизируются на приусадебном участке. Массовое строительство экологического жилья может резко уменьшить образование не используемых на участках отходов и принципиально изменить их свойства, - без органики твёрдые бытовые отходы (стекло, пластик, строительный мусор, бытовая техника и т.п.) становятся ценным вторичным сырьём и их проще перерабатывать.

Усиление роли фермеров, частных подворий и садовых участков. Сельскохозяйственные угодья занимают одну треть суши нашей планеты, а само сельское хозяйство является основным видом деятельности по-прежнему значительной части населения мира. Этой цифрой определяется роль сельскохозяйственных товаропроизводителей в решении проблем Устойчивого развития. Фермеры и крестьяне имеют дело с большой долей природных ресурсов Земли. Именно они будут воплощать экологически обоснованные методы ведения сельского хозяйства и обеспечивать рециркуляцию питательных веществ. Эффективная рециркуляция необходима для поддержания и восстановления почв и обеспечения продуктами питания людей.

В этом фермерам и людям, занятым в производстве сельхозпродукции, требуется помощь учёных, разрабатывающих и внедряющих технологии ведения фермерских хозяйств безопасными для окружающей среды методами, а ВУЗам нужно более широко включать вопросы экологии в программы подготовки специалистов сельского хозяйства, например, путем создания учебных экодомов с приусадебным участком.

Очень важным элементом подворья и фермерского хозяйства является дом. Если семья будет жить в экологическом доме, в котором сосредоточены экологически дружественные технологии, обеспечивающие здоровую и комфортную жизнь, тем легче, естественнее, будут внедряться в широкую практику экологически обоснованные методы ведения сельского хозяйства.

Передача технологий. Для обеспечения Устойчивого развития всем странам необходим доступ к более безопасным для окружающей среды и более эффективным технологиям, а также подготовка кадров для их использования. Технологии - это не только оборудование, но, прежде всего, - все мероприятия, обеспечивающие применение этих технологий, включающие передачу «ноу-хау» и, главное, - обучение.

В этом смысле проведение совместных проектов, обмен специалистами и студентами, создание сети информационно-образовательных инновационных центров, занимающихся распространением опыта по использованию экологически безопасных

технологий - чрезвычайно актуальная задача. Важно подчеркнуть, что эта деятельность очень важна в частном секторе мелких товаропроизводителей.

Экологическое жильё в качестве живых массовых демонстрационных и обучающих центров может стать эффективным средством распространения и передачи инновационных, экологичных, технологий.

Наука в целях устойчивого развития. Состояние окружающей среды изменяется, не в лучшую сторону, а в настоящее время намного быстрее, чем когда-либо в предыдущие столетия. По прогнозам многих учёных, вскоре могут произойти значительные негативные экологические изменения и неожиданные события. Даже если не будет сильно ухудшаться экологическая обстановка, во многих регионах можно ожидать нехватки воды, энергоносителей и других ресурсов из-за непрерывно увеличивающегося их потребления.

Научные знания и подходы должны помочь рациональному управлению окружающей средой и существования в ней интенсивно развивающейся цивилизации, которая обязана будет пользоваться только возобновляемыми источниками энергии для своего жизнеобеспечения. И хотя наука ещё не может ответить на все вопросы Устойчивого развития, она уже способна накладывать ограничения на принятие решений по природопользованию и уменьшить риск разрушения сложных экологических систем. Уже сейчас учёными разработано много путей более эффективного использования энергии и природных ресурсов в сельском хозяйстве, жилищном строительстве, промышленности и транспорте.

Мир нуждается в долгосрочных научных оценках истощения природных ресурсов, использования энергии, влияния разнообразных факторов на состояние здоровья людей и демографические тенденции. Эта информация необходима для разработки программ и планов действий на местном, региональном и глобальном уровнях. Всё это должно быть представлено для общественности в такой форме, которая обеспечит полное понимание людьми происходящего и перспектив.

Все страны испытывают потребность в большем количестве учёных и специалистов, разрабатывающих и внедряющих предложения по решению проблем окружающей среды и Устойчивого развития. Поэтому проблема просвещения и подготовки кадров - одна из первостепенных задач, которую необходимо решить для успешного выхода человечества на путь глобального Устойчивого развития.

Экодома, комплексно сформированные экопоселки должны стать модельной экосистемой, развитие, изучение и совершенствование которой даст возможность формировать конкретные решения, необходимые для выхода на Устойчивое развитие территорий, регионов и стран, а в конечном итоге – и всей нашей планеты.

Просвещение, подготовка кадров и информированность населения. Многие, даже образованные, люди не всегда понимают тесную связь между деятельностью человека и окружающей средой, поскольку не располагают достаточной и точной информацией, представленной в доступной для них форме. Существует необходимость повысить восприимчивость людей и степень их участия в принятии решений на этих направлениях, разработке механизмов их осуществления, когда из отдельных малых усилий конкретных людей складывается мощный коллективный эффект.

Повышение общей образованности и формирование широкого природоохранного, экологичного базового образования - необходимый фундамент для понимания проблем Устойчивого развития и охраны окружающей среды. Для совершенствования просвещения в целях Устойчивого развития необходимо стремиться к решению следующих задач:

- обеспечить просвещение по вопросам охраны окружающей среды для людей всех возрастов;

- включить концепцию Устойчивого развития во все учебные программы, причём, особое внимание следует обратить на подготовку будущих руководителей;
- обеспечить вовлечение школьников и студентов в местные и региональные исследования окружающей среды.

Совершенствование образования и просвещения поможет мировому сообществу подготовить гибкую, способную к адаптации рабочую силу, готовую к решению усложняющихся проблем сохранения окружающей среды в период перехода к Устойчивому развитию. Для этого следует:

- разработать программы, в которых при решении проблем Устойчивого развития выпускникам школ и университетов, ВУЗов будут обеспечены стабильные средства к существованию;
- использовать опыт и понимание проблем гармоничного сосуществования с естественной природой и Устойчивого развития коренными народами в системе государственного образования и подготовки кадров;
- стимулировать разные структуры общества подготавливать и использовать кадры, специализирующиеся в вопросах сохранения окружающей среды.

В разных странах мира экологическое жильё используется для пропаганды экологического образа жизни, идей личного участия каждого из людей в постоянной, непрерывной охране окружающей среды и популяризации природоохранных профессий и подходов.

По отмеченным пунктам, касающимся жилья, программа «Экодом» предлагает решения для следующих поколений людей, которые родятся и будут воспитываться в экологическом жилье и получат свой первый конкретный жизненный опыт общения с экосистемой, начиная жить и живя постоянно непосредственно в экодоме. Если государство создаст условия для решения этих задач, то будет основание надеяться, что у людей последующих поколений с рождения начнёт формироваться экологическое мышление и практические навыки гармонизации с природой.

Этот тезис является основной мотивацией для формирования Программы массового строительства экологического жилья. Непреходящая важность и эффективность этой программы для нашей страны состоит в том, что в жилищном секторе сосредоточено свыше четверти денежных, энергетических, трудовых и иных ресурсов России.

Первым шагом в организации массового строительства экологического жилья может стать строительство экодомов-учебников, а лучше - посёлков в субъектах Российской Федерации.

На примере таких экодомов и посёлков можно и нужно производить подготовку и переподготовку профессиональных кадров, информировать и обучать людей, которые хотят построить себе доступное и современное комфортное, но не губительное для природы жильё.

На основе собираемой и систематизируемой при этом информации можно вырабатывать рекомендации разным уровням власти - для формирования экологически ориентированной региональной и общегосударственной политики в организации массового индивидуального жилищного строительства.

Литература

1. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. – Москва, изд-во "Прогресс". 1989.
2. Повестка дня на XXI век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении / Центр “За наше общее будущее”. – Женева, 1993. – 45 с.

3. На пути к устойчивому развитию России», Бюллетень Института устойчивого развития Общественной палаты РФ, № 61, 2012, (http://www.ecopolicy.ru/upload/File/Bulletins/B_61.pdf)
4. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры: Доклады и их обсуждения в Институте экономики. М., 1928.
5. Львов Д. С., Глазьев С. Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП. // Экономика и математические методы. 1986. No 5.
6. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико - экономического развития. М.: ВлаДар, 1993;
7. Огородников И.А. Если строить, то экодом // ЭКО.–Новосибирск.–1992.– No 9. –С. 35.
8. Огородников И.А., Огородников В.А. На пути к устойчивому развитию. – М.: ЭКОДОМ. – Социально – экологический Союз, 1998, - с. 81;
9. Аврорин А.В., Огородников И.А., Чернова Г.В., Чиннов Е.А. Экологическое домостроение. Проблемы энергосбережения. СО РАН. ГПНТБ, ИТ, ГипроНИИ, АОЗТ «Экодом». Новосибирск, 1997, - с. 71.
10. Огородников И.А. Экологическое жилье и окружающая среда. Научные исследования студентов // Организация научных исследований студентов и школьников в области экологии.–Новосибирск: НГУ, 2000. –С89.12.
11. Огородников И.А., Макарова О.Н., Дубынина Е.С. Экодом в Сибири. – Новосибирск, 2001, - 104;
12. Огородников И.А., Григорьев В.А.. Экологическое домостроение. Проблемы экологизации городов в Мире, России, Сибири. ГПНТБ СО РАН, 2001. – 152 с. – (Сер. Экология. Вып.63).
13. Малюга А.А., Огородников И.А.. Экологическое домостроение. Огород экодома. ГПНТБ СО РАН, ИТ, Ин-т земледелия и химизации сельского хоз-ва СО РАСХН. 2001. – 152 с. – (Сер. Экология. Вып.69).
14. Докучаев В.В. Дороже золота русский чернозем. М: Изд. МГУ. 1994.
15. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений. М: МСХА, 1990.
16. Шапиро В.А. Колонизация планеты Земля. М: Нестор, 1998.
17. Шапиро В.А. Земледелие и Здоровье М: Агроконсалт 2005, 2006
18. Шапиро В.А. Азбука плодородия, как азбука выживания. М: 2011

УДК.502/504; 574

ЭКОДОМА-УЧЕБНИКИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МАССОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

Огородников И.А.
Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

Введение

По данным Росстата [1] в РФ 15 млн. семей нуждаются в жилье. Из них 3 млн. семей не имеют жилья вообще. В целом почти треть населения России заинтересована в государственной стимулирующей политике, обеспечивающей строительство доступного жилья для каждой семьи. Исходя из усредненного значения этих цифр, нормативной площади на одного человека и установленной стоимости закупа 1 м кв. государством жилья для бюджетников можно оценить «стоимость проблемы». В единицах усредненной расходной части бюджета РФ за 2011-2013 г.г. «стоимость решения жилищной проблемы» лежит в диапазоне от 3.5 до 5. Из этой оценки следует, что это длительный процесс, но государство может его использовать для перевода значительной части экономики на уровень 6-го технологического уклада.

Данные Росстата [1] по строительству индивидуального жилья показывают, что рост строительства индивидуального жилья (рис. 1) силами населения составляет 10-12% в год. При этом частные средства (рис. 2), вложенные в строительство, в последние годы исчисляются величинами от 350 до 400 млрд. руб. в год, что составляет примерно 3.6% от расходной части бюджета РФ.

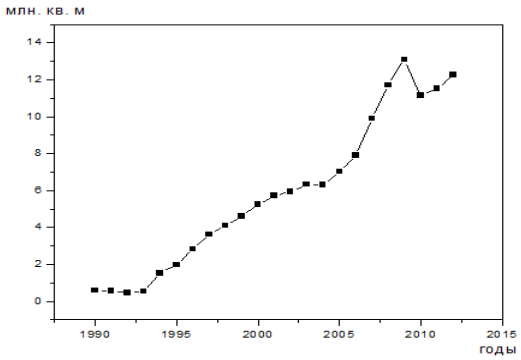


Рис. 1. Строительство индивидуального жилья силами населения.

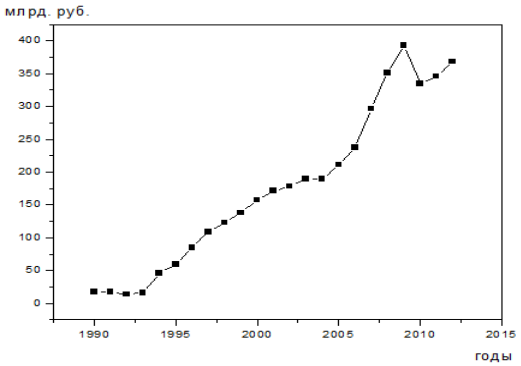


Рис. 2. Объемы средств, инвестированных населением в строительство индивидуального жилья.

В кризисные годы особого падения темпов не наблюдалось и за последние 15 лет доля строительства индивидуального жилья составляет 40-50% от общего ввода жилья. Если учесть, что в развитых странах в индивидуальных домах живет от 60% до 80% населения, а в России около 40%, то потенциал строительства индивидуальных домов в решении жилищного вопроса весьма существенный. График (рис. 3), определяющий процент строительства индивидуального жилья по годам по отношению к общему объему строительства показывает быстрый рост до 2000 года и стабилизацию после этого года с медленным положительным трендом.

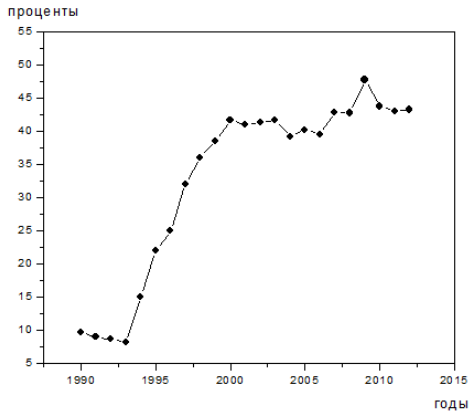


Рис. 3. Доля строительства индивидуального жилья в общем объеме построенного в России.

Вторым важным для России процессом является производство продуктов питания населением мелкими производителями, к которым относятся владельцы подворий, садоводы и мелкие фермеры. Следует учесть, что общая площадь всех земельных участков составляет менее 3% от общего объема сельскохозяйственных угодий РФ. По данным Росстата [1] в России производится около 50% продуктов питания от общего объема потребления. Распределение производства продуктов питания между производителями (рис. 4) показывает, что на подворьях и в садоводческих обществах производится почти столько же продукции, что и в промышленных агропредприятиях, а с учетом фермерских хозяйств, то больше 50% от общего производства. В целом же мелкие сельхозпроизводители производят около 25% продуктов питания в России. Если учесть, что в РФ реализуется продуктов питания примерно на 9 триллионов рублей, то суммарный объем составляет ~ 2.5 триллиона рублей.

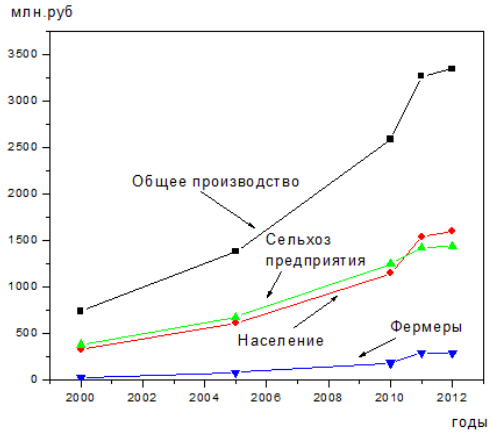


Рис. 4. Производство продуктов питания отечественными сельхозпроизводителями в денежном исчислении.

Эти два мощных процесса, включающих до 50% населения страны можно использовать для повышения продуктовой безопасности страны и перевода значительной части экономики России на уровень 6-го технологического уклада.

Сейчас эти два процесса являются саморазвивающимися. Если в производстве продуктов питания намечается тенденция получения натуральных продуктов питания, то в строительстве тренд на применение эффективных технологий только намечается.

В настоящее время строят преимущественно не эффективно по затратам на строительство, энергопотреблению, стоимости в эксплуатации и экологической эффективности.

С дугой стороны, в России уже разработан спектр новых эффективных технологий, позволяющих строить экологическое жилье [2,3,4] и значительно повысить производство натуральных продуктов питания с одновременным улучшение почвы [5,6,7,8]. Можно начать процесс даже на базе мелких сельхозпроизводителей отмеченных выше, которые соответствуют в совокупности критериям 6-го технологического уклада [9,10,11].

Чтобы обеспечить замену традиционного строительства, на которое население тратит около 0.4 триллиона рублей в год на энергоэффективное и природовосстанавливающее необходима стимулирующая государственная политика, обеспечивающая переход на массовое строительство экодомов. Это можно добиться, обеспечив информированность застройщиков о возможности и доступности подобного строительства и примеров применения экологически эффективных агротехнологий в разных климатических зонах России.

Экодом - это современное жилье. Его строительство может базироваться исключительно на отечественных технологиях. Одним из важных подходов являются минипроизводства строительных материалов на строительной площадке из местного сырья. Это обеспечивает существенное снижение стоимости строительства (до 30%) и находится в диапазоне цен доступных населению. Высокая энергоэффективность обеспечивается теплоэффективностью, которая, в свою очередь, делает экономически целесообразным использование альтернативной энергетики. Отобранные инженерные системы позволяют достигать высоких показателей энергосбережения, максимального комфорта для проживания и одновременно минимальной агрессивности такого жилища по отношению к окружающей среде, как во время возведения дома, так и в процессе его последующей эксплуатации. Экодом создает гораздо меньшую нагрузку на окружающую среду, прежде всего благодаря минимизации потребности в топливе и переработке всех органических отходов в удобрения. Более подробно об экодоме можно найти на сайтах www.sib-ecodom.ru и www.itp.nsc.ru/ecodom/. Переход на строительство энергоэффективного жилья – мировая тенденция. Экологическое жилье включает в дополнение к требованиям энергоэффективности еще безотходность и повышение биологической эффективности прилегающей земли. Не системное строительство домов с элементами «экодома» инициативно уже начинается в разных регионах России.

Еще одно важное свойство экодома – высокая степень энергетической автономности, которое существенно облегчает освоение дальневосточных регионов. Главный подход на базе информационной модели с оптимальной компоновкой и системной интеграции сертифицированных инженерных систем с тщательно отобранными комплектующими. Компановка дома осуществляется вокруг инженерного ядра.

Наиболее эффективно такая политика государства может быть реализована в идее учебных центров при университетах. В качестве учебных объектов необходимо

строить экодома-учебники с отработкой базовых требований к объекту со стороны природно-климатических условий и местного опыта индивидуального строительства.

Результатом первого этапа должен быть построенный и запущенный в эксплуатацию экодом-учебник.

Второй этап заключается в строительстве экодомов-учебников в наиболее подходящих городах областей, как центров передачи технологий строительства и оснащения экодомов преимущественно отечественным инженерным оборудованием оптимальным для местной природно-климатической зоны и местных строительных ресурсов.

Экодом-учебник предлагается реализовать в наиболее типичном архитектурном варианте для региона, чтобы он воспринимался людьми не как выставочный образец, а как пример дома, который они могут построить для себя. Приусадебный участок необходим для обучения кадров природоразвивающим агротехнологиям.

Все экодома-учебники должны быть оснащены контрольно-измерительной системой мониторинга, объединенные между собой через Интернет в единую для обеспечения непрерывного мониторинга параметров и оптимизации эксплуатационных характеристик.

Наиболее рационально размещать экодома-учебники при профильных вузах и университетских комплексах в рамках существующих образовательных программ, используя механизм государственно-частного партнерства. Этот выбор обусловлен необходимостью подготовки и комплектации проекта кадрами и подбором малых местных строительных фирм с низкими накладными расходами, а также обеспечения круглогодичной эксплуатации экодома как элемента учебных комплексов.

Все построенные объекты с их системами мониторинга должны быть объединены в единую систему, в открытом доступе для получения информации о действующих экодомах.

Роль государства обеспечить политическую и организационную поддержку, а также стимулирование выбранных для пилотной фазы населенных пунктов в виде распоряжения о строительстве учебных экодомов и проведения соответствующих административных мероприятий, на которых будет рассмотрен конкретный механизм выполнения это распоряжения.

Стоимость проекта для одного образца в регионе оценивается в 10 млн. руб. Затраты разделяются на две основные части.

Первая часть – затраты на экодом-образец площадью 150 м кв., включая предпроектные, проектные, строительные затраты, оснащение базовым комплектом инженерного оборудования, объединенной системой мониторинга. Принятая себестоимость 1 м. кв. такого экодома находиться в пределах 35 тыс. руб., а полная стоимость до 5.25 млн. руб. Строительство населением при квалифицированном самострое будет обходиться до 20 тыс. руб. за м. кв.

Вторая часть затрат связана с оснащением экодомов-учебников материалами и оборудованием, чтобы он мог выступать в качестве центра распространения технологий.

Эксплуатационные затраты, в соответствие с предлагаемым механизмом реализации, как учебных лабораторий включаются в соответствующие расходные статьи учебных заведений.

В качестве источников финансирования можно рассматривать средства областных программ строительства, соответствующих теме, средства программ

финансирования университетов (создание новых лабораторий), частные фирмы, заинтересованные в развитии строительного бизнеса по предлагаемым технологиям.

Литература

1. Российский статистический ежегодник. Выпуски с 2003 по 2013 гг.
2. Огородников И.А. Если строить, то экодом // ЭКО. – Новосибирск. – 1992. – №6.
3. – С. 35.
4. Огородников И. А., Макарова О. Н., Дубынина Е. С. Экодом в Сибири. – Новосибирск: ИСАР-Сибирь, 2001. – 86 с.
5. Огородников И.А., Григорьев В.А. Экологическое домостроение. Проблемы экологизации городов в Мире, России, Сибири. ГПНТБ СО РАН, 2001. – 152 с. – (Сер. Экология. Вып. 63).
6. Докучаев В.В. Дороже золота русский чернозем. М: Изд. МГУ. 1994.
7. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений. М: МСХА, 1990.
8. Шапиро В.А. Хомобионика как основа свободной и независимой жизни. Москва, ДеЛи плюс, 2013, -47 стр.
9. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры: Доклады и их обсуждения в Институте экономики. М., 1928.
10. Львов Д. С., Глазьев С. Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП. // Экономика и математические методы. 1986. No 5.
11. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВлаДар, 1993;

УДК: 2.01:711,551:509

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ИНФРАСТРУКТУРА КАК УСЛОВИЕ СОХРАНЕНИЯ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНЫХ КАТАКЛИЗМОВ И ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ УГРОЗ

Велицко В.В.
ООО «ОЦР Технологии», г. Москва

Аннотация

В статье отмечена взаимосвязь между энергосбережением и безопасностью населённых пунктов, как минимум частично имеющих централизованную структуру ресурсоснабжения. Системы автономного ресурсоснабжения населённых пунктов являются не только системами минимизации негативного экологического воздействия на окружающую среду, но и помимо этого позволяют, при учёте потенциальных угроз, как природного, так и техногенного и террористического характера сохранить на приемлемом уровне жизнедеятельность населённых пунктов от деревни до мегаполиса.

Существующие населённые пункты, такие как города и мегаполисы при всей их обоснованной критике, как вредных для проживания населения мест, обеспечивают населению ряд ключевых преимуществ. Наличие высокой удельной концентрации объектов человеческой культуры, обеспечивающих продуктивное обеспечение жизни населения в бытовой, производственной, и социальной сферах, является тем фактором, который заставляет население мириться с присущими городам недостатками. При этом города являются теми центрами жизнедеятельности общества, которые обеспечивают существующие уровень, тенденции и динамику его развития, а возможное поражение городов, в зависимости от его величины и интенсивности, может как ограничить, так и свернуть развитие общества и его существование на достигнутом уровне культуры.

Указанные причины ключевым условием существования общества ставят сохранение городов и обеспечение их безопасности. Высокая удельная концентрация указанных объектов культуры, к которым относятся коммунальные, производственные, административные и художественные объекты со своей стороны требует их бесперебойного функционирования, которое, в свою очередь, должно обеспечивается необходимыми ресурсами. В соответствии с [1 - 3] к ресурсам относятся как любые материальные проявления, так и нематериальные объекты, такие как информация, финансовые инструменты, умения, а также любые их комбинации, которые могут быть использованы для совершения полезных действий. Это означает, что практически все материальные и информационные потоки, входящие и исходящие из городов, являются ресурсами, как обеспечивающими их функционирование, так и потребляемыми вовне, например - производственная продукция, информация, услуги.

Вопрос гарантированного ресурсоснабжения населённых пунктов был поднят в результате выполнения работ по выявлению и разработке механизмов нейтрализации угроз государственной безопасности [4], выполняющихся автором в рамках соответствующих контрактов.

Бесперебойность функционирования населённых пунктов с высокой концентрацией объектов культуры обеспечивается путём своевременной подачи необходимых ресурсов и удаления продуктов функционирования населённого пункта (здесь как система удаления, так и продукт жизнедеятельности являются соответствующими ресурсами). К необходимым ресурсам, напрямую необходимым для стабильного функционирования населённого пункта, ограничение которых незамедлительно приводит к нарушению его функционирования (Рис. 1) можно отнести следующие ресурсы:

- пищевые (вода, продовольствие);
- топливно-энергетические (ТЭР) (горючее для энергоснабжения теплоэлектростанций (ТЭЦ), котельных, локального энергоснабжения городских объектов и приготовления пищи, а также электроэнергия);
- водоснабжение и водоотведение (коммунальное и производственное);
- логистические (разнообразность, функциональность и доступность транспортной и складской инфраструктуры, позволяющая эффективно перемещать население , а также эффективно перемещать и складировать сырьё и производственную продукцию). Для нашей задачи достаточно рассмотреть логистику в части транспорта;
- информационные (телекоммуникационные сети и средства оповещения всех видов);
- экологические (способность окружающей среды эффективно компенсировать негативное воздействие населённого пункта);
- человеческие (квалифицированный персонал, обеспечивающий функционирование города). Также к ресурсам комплексного характера можно отнести регенеративный потенциал мегаполиса, преимущественно базирующийся на человеческом потенциале, характеризующий живучесть города и способность к самовосстановлению в случае любых нарушений функционирования, вызванных природными, социальными, технологическими и террористическими факторами, а также любой их комбинацией. В данном случае рассмотрение человеческих ресурсов сузим до служб обеспечения жизнедеятельности города (службы обеспечения).



Рис. 1. Ресурсы города, необходимые для его жизнеобеспечения и самовосстановления.

Красным цветом (рис. 1) отмечены приоритетные ресурсы, нарушение или прекращение подачи которых обеспечит автоматическое нарушение иных видов ресурсоснабжения (отмечены жёлтым цветом). Зелёным цветом отмечены ресурсы, малозависимые от прекращения подачи иных ресурсов. Это мы можем наблюдать, например, в зонах межнациональных и прочих конфликтов когда, например, на территории Ливана, бывшей Югославии, на Украине, системы жизнеобеспечения городов функциони-

ровали (и функционируют: г. Донецк, г. Луганск) достаточно продолжительное время, что позволило даже в условиях гуманитарных катастроф обеспечить относительное сохранение городов и возможность их дальнейшего (что показали Ливан и экс-Югославия) восстановления.

В этой связи детально рассмотрим структуру ключевых ресурсов, нарушение поставки которых нанесёт приоритетный ущерб как мегаполису, так и практически любому населённому пункту. К этим ресурсам относятся (Табл. 1): пищевые ресурсы, ТЭР, производные ТЭР – тепловая энергия и холод для коммунальных и промышленных нужд, а также производные ТЭР более узкого применения (сжатый воздух, технологические газы и т.п., которые здесь не рассматриваются), коммунальное и промышленное водоснабжение и водоотведение.

Таблица 1. Перечень и способы доставки ключевых ресурсов, а также ресурсы, критически важные для производства, накопления или распределения ключевых ресурсов (критические вспомогательные или исходные ресурсы).

Ключевой ресурс	**Способы доставки / распределения ресурса**	**Критические вспомогательные или исходные ресурсы**
Пищевые ресурсы		
Вода	Трубопроводный (Т), автомобильный (А), железнодорожный (Ж), авиационный (Ав) транспорт, мускульная сила (Мс).	ТЭР (ЭЭ, моторные горючие).
Продовольствие	А, Ж, Ав, Мс.	ТЭР (моторные горючие, ЭЭ).
ТЭР		
Электроэнергия (ЭЭ)	Электрические сети (Эс), локально (резервные электростанции, работающие на моторных горючих и ИПГ).	Энергетические, моторные горючие.
- **Энергетические горючие**		
Ископаемый природный газ (ИПГ)	Т	ЭЭ (вне нас. пунктов).
Мазут	Ж, А.	ЭЭ, моторные горючие.
Уголь	Ж	ЭЭ, моторные горючие.
- **Моторные горючие**		
Бензин	Т, Ж, А, Ав	ЭЭ, моторные горючие.
Дизельное топливо	Т, Ж, А, Ав	ЭЭ, моторные горючие.
Реактивное топливо	Ж, А, Ав	ЭЭ, моторные горючие.
Сжиженный пропан-бутан технический (СПБТ), пропан-бутановая смесь.	Ж, А, Ав	ЭЭ, моторные горючие.
Компримированный природный газ (КПГ) высокого давления.	Т (производится непосредственно у трубопроводов ИПГ).	ЭЭ, ИПГ.
Производные ТЭР		
Тепловая энергия для коммунальных нужд.	Т	Энергетические, горючие, ЭЭ, моторные горючие.
Кондиционированный (по температуре и влажности) воздух.	Эс (вырабатывается на месте потребления практически всегда только с использованием ЭЭ).	ЭЭ
Водоснабжение		
Коммунальное и промышленное водоснабжение.	Т	ЭЭ
Коммунальное и промышленное водоотведение.	Т	ЭЭ

Абсолютное большинство ключевых ресурсов (табл. 1) имеют возможности многовариантной поставки, а также несколько вариантов использования для своего производства, накопления или распределения вспомогательных ресурсов. В этой связи

ресурсы, зарезервированные как по способам логистики, так и по вспомогательным ресурсам (без оценки экономической эффективности такого аварийного резервирования), отбросим из рассмотрения, как более надёжные в плане поставки или производства и сконцентрируем внимание на ресурсах, безальтернативных по способам поставки или производства (табл. 2).

Таблица 2. Безальтернативные ресурсы.

Ключевой ресурс	Способы доставки / распределения ресурса	Замещающий ресурс или альтернативный способ доставки
- **Энергетические горючие**		
Природный газ	Т	Мазут (ограниченно на части объектов энергетики, где сохранилось мазутное хозяйство). Пропан-бутановая смесь в быту (ограниченно).
- **Моторные горючие**		
КПГ высокого давления.	Т	Бензин
Производные ТЭР		
Тепловая энергия для коммунальных нужд.	Т	ЭЭ (крайне ограниченно и на непродолжительное время).
Водоснабжение		
Коммунальное и промышленное водоснабжение.	Т	А
Коммунальное и промышленное водоотведение.	Т	Нет (для коммунального сектора). Да (преимущественно с помощью собственных промышленных очистных сооружений там, где они существуют).

Все ресурсы (табл. 2), являющиеся безальтернативными, объединяются тем, что доставляются с помощью трубопроводов при штатном режиме работы города. Действительно, часть данных ресурсов может быть замещена, например в отопительных или производственно-отопительных котельных, где сохранились мазутные хозяйства. Не затрагивая их состояния и крайнюю сложность сжигания длительное время хранящегося мазута, необходимость наличия парового котла и т.п. можно сразу отметить, что, например, в г. Москве и других крупных городах, при перспективной невозможности использования природного газа (причины рассмотрим далее), в отопительный сезон, особенно при отрицательных температурах наружного воздуха, население окажется полностью без теплоснабжения. Алгоритм прекращения теплоснабжения будет следующим:

1. прекращение сжигания газа в котельных (отопительные, производственно-отопительные, индивидуальные, например, крышные, в том числе мини-ТЭЦ), поквартирные (в том числе перспективные поквартирные микро-ТЭЦ);
2. прекращение подачи тепла коммунальным потребителям, снабжаемым от котельных, а не от угольных ТЭЦ, котельных или ТЭЦ и котельных с резервным горючим (мазут, дизельное топливо). Потребители, снабжаемые от указанных ТЭЦ и котельных некоторое, непродолжительное время, будут снабжаться теплом;
3. потребители, расположенные в новой жилой застройке, в основной массе необорудованной бытовыми газораспределительными сетями, включают электрические обогреватели;
4. потребители, расположенные в старой жилой застройке, оснащённой бытовыми газовыми сетями, после прекращения использования газа для нужд отопления кухни и прилегающей части квартиры, также включают электрические обогреватели;
5. далее следует развал энергосистемы. В лучшем случае – веерные отключения с ис-

пользованием автоматической частотной разгрузки (АЧР), обеспечивающей отключение групп потребителей при критическом снижении частоты в сети [5 - 7]. Примером веерных отключений только при недостатке природного газа, а не при его полном отсутствии может служить г. Киев [8], где производятся длительные отключения энергии у коммунальных и промышленных потребителей в часы максимумов энергосистемы;

6. после срабатывания АЧР или же после развала энергосистемы произойдёт остановка котельных и ТЭЦ, имеющих резервные источники топлива. ТЭЦ и котельные остановятся в связи с тем, что без внешней электрической сети паротурбинные (ПТУ) и газотурбинные установки (ГТУ) неработоспособны. Запустить турбины большинства ТЭЦ после развала системы не удастся - ПТУ и ГТУ выйдут из строя и будут требовать капитального ремонта, а у абсолютного большинства котельных отсутствуют собственные источники электроснабжения. Результатом этого станет полное прекращение подачи тепла и электроэнергии любым потребителям, вне зависимости от того, к каким источникам тепла они подключены и принудительный переход на системы теплоснабжения с использованием возобновляемых ресурсов (Рис. 2).



Рис. 2. Результат прекращения централизованного теплоснабжения [9].

Учитывая, что вариант теплоснабжения, представленный на Рис. 2 не является ни приемлемым для городов, ни допустимым с точки зрения экологии [10, 11], т.к. влечёт полную вырубку деревьев в городах и их окрестностях, например, «...в условиях энергетического кризиса или просто в темные и холодные 1991-95 годы в [г.] Ереван были вырублены деревья на территории примерно в 470 га» [12], только одна задача гарантированного газоснабжения, не говоря о коммунальном водоснабжении и водоотведении, является критически важной как гуманитарной, так и с экологической точек зрения.

Отдельно рассмотрим водоснабжение и водоотведение как в коммунальном секторе, так и в промышленности. Для коммунальных нужд (личная гигиена, стирка одежды, мытьё посуды, уборка жилья,), в зонах многоэтажной застройки, вода может подвозиться, как указано в Табл. 2, автотранспортом. Также ограниченно вода может поступать на предприятия. При этом санитарно-безопасное водоотведение из многоэтажного жилого сектора будет исключено по следующим причинам:

1. для работы систем городской канализации, особенно самотёчного типа, необходимо достаточно низкое содержание твёрдых компонентов стоков в жидкой части. При превышении данного соотношения, например, при отсутствии доступа населения к достаточным объёмам воды, канализационные трубопроводы будут забиты, а чистить их будет бессмысленно, т.к. они сразу же будут забиты повторно;
2. современные вакуумные системы канализации требуют меньшего содержания жидкой части в стоках и, теоретически, могут быть работоспособны, однако для их работы будет требоваться электроэнергия, которая, как показано выше, в ряде случаев может отсутствовать.

В случае неработоспособности системы канализации, особенно в тёплое время года, возрастает вероятность эпидемической угрозы, способной привести к причинению недопустимого ущерба населённым пунктам, а особенно - мегаполисам.

Канализация сточных вод в промышленном секторе, вероятно, будет возможна, т.к. большинство отраслей промышленности имеют достаточно низкое удельное содержание твёрдых или вязких включений в сточных водах, а также часть предприятий оборудована собственными очистными сооружениями. В этой связи проблема водоотведения в промышленности будет стоять не столь остро, как в коммунальном секторе.

Из показанного выше видим, что критически важно обеспечить гарантированную подачу следующих видов ресурсов:

1. тепловую энергию в коммунальный сектор или ископаемый природный газ - для нужд теплоснабжения;
2. водоотведение в коммунальном секторе или водоснабжение коммунальных потребителей как средство для обеспечения водоотведения.

Остановимся более подробно на том, зачем и как могут быть прекращены подача тепловой энергии, а также прекращена работа водопроводов и, например, канализации в современном населённом пункте.

Отвечая на первый вопрос – «зачем» можно сказать, что целью таких действий будет являться целенаправленная дестабилизация государства, для достижения заданных политических целей, религиозных, экономических, в частности - дестабилизация государства посредством дестабилизации общества. Учитывая, что с момента появления терроризма как системного явления, он изначально, в акциях, ориентировался на представителей государственной власти [13 - 15], по мере развития методов и идеологии применения, террористические акты, особенно в демократических государствах, где население обладает, по крайней мере, некоторой иллюзией политических свобод, акты стали распространяться непосредственно на население, с целю обеспечения смены или коррекции существующего политического курса в пользу заказчиков терактов [16 - 19]. Также, не только за последний век, но и за последнее десятилетие, произошли кардинальные изменения в структуре и методах работы террористических организаций, появились крупные террористические организации, такие как террористическая сеть «Аль-Каида», а также значительно более опасные, такие как «Исламское государство Ирака и Леванта» (ИГИЛ) и её наследник – «Исламское государство» (ИГ). ИГ (как и ИГИЛ) уже, к слову, действующее на территории России, отличается принципиально иным подходом к террористической деятельности, базирующимся на построении именно государства, в связи с чем активно вовлекает в свою деятельность высококвалифицированных специалистов: военных, инженеров, учёных как с целью создания и реализации эффективных методов войны и террора, так и с целью построения именно государства с соответствующими ему (на доступном им в настоящее время уровне) институтами. В частности ИГ активно привлекает в свои ряды офицеров - БААСистов [20], многие из которых получили образование в СССР и имеют высокий уровень военной и технической квалификации. Также ИГ активно и в очень больших количествах привлекает граждан России, отнюдь не все из которых являются низкоквалифицированными фанатиками [21]. При этом идеология ИГ является интернациональной (национализм - грех), за счёт чего привлекает большое количество пассионарных людей, часть из которых, ранее поглощало международное коммунистическое движение.

В этой связи необходимо уделить особое внимание опасности от современных высокодинамичных структур, таких как ИГ, которые несут крайнюю угрозу существующим государствам с их консервативной инфраструктурой и медлительной системой парирования угроз [4].

В ходе исполнения работ по вышеуказанным контрактам [4] были выявлены критические уязвимости существующей трубопроводной инфраструктуры всех типов, начиная от нефте,- продуктопроводов, газопроводов и заканчивая водопроводами и канализацией. Не вдаваясь в детали указанных уязвимостей в данном материале можно отметить, что развитие технологий, например таких как технологии создания автономных интеллектуальных мобильных платформ, оснащённых, например, программно-аппаратными комплексами и системами распознавания образов, например, на базе микрокомпьютеров «пуговичного» размера [22], современных смартфонов, например, оснащённых 3D-видеокамерами, имеющими открытую программную платформу типа Android и т.п. позволяют в рамках незначительных бюджетов создавать многофункциональные платформы, базирующиеся на компонентах, выполненных на системах трёхмерного быстрого прототипирования, развитие которых идёт высокими темпами, а прочность производимых ими компонентов превышает прочность равномассных элементов, выполненных из алюминия [23].

При этом не следует упускать из вида, что интеллектуальные мобильные платформы, оснащённые, например, системами глобального позиционирования (GPS, Глонасс, BeiDou, Galileo и тп.), использующие Интернет или I2P для обеспечения коммуникаций и несущие средства поражения, являются единственными угрозами инфраструктуре населённых пунктов. Проблема заключается в том, что вообще вся трубопроводная инфраструктура является концептуальной наследницей ближневосточных Вавилон, Египет) и латиноамериканских (цивилизация Майя) акведуков. За прошедшие тысячелетия безопасность систем трубопроводного транспорта не изменилась при значительном усложнении применяемого оборудования. Например, при ознакомлении с современными правовыми и нормативными документами, касающимися, в частности, безопасности систем централизованного водоснабжения [24 - 27], складывается впечатление, что они писались по рекомендациям и в период угроз, свойственных времени работы «Отделения по охранению общественной безопасности и порядка» работавшего в Российской Империи, а не в настоящее время. В этой связи ожидать, что государственные институты в реальном масштабе времени пересмотрят подходы с инфраструктурной безопасности, модернизируют необходимым образом газопроводы, нефтепроводы, водопроводы и системы канализации не представляется адекватным.

Для решения задачи стратегической безопасности населённых пунктов, которым, как показано выше, критически важны два ресурса: тепло и канализация, был разработан ряд технических, технологических и организационных мероприятий, в настоящее время находящихся в стадии патентования. В частности для решения задачи теплоснабжения можно рекомендовать установку солнечных коллекторов, которые в зависимости от конструкции здания и инсоляции, способны покрыть некоторую потребность жителей в тепловой энергии, что позволит минимизировать риск развала системы электроснабжения при прекращении использования газа потребителями. Также, в зависимости от инсоляции, может быть целесообразным использование мини-ТЭЦ по технологии «Heat-El», работающей по органическому циклу Ренкина (ОЦР) [29], ОЦР-электростанции [29] или комбинированной энергоустановки с использованием комбинации фотоэлементов и паросилового цикла [30].

Установка локальной системы переработки отходов, таких как бытовые стоки, стоки объектов общепита, а также биодеградирующих компонентов бытовых отходов, в частности - твёрдых бытовых отходов (ТБО) позволят не только снизить нагрузку на существующие очистные сооружения, повысить экологическую безопасность населённого пункта, но и стратегически увеличить надёжность его ресурсоснабжения в случае нештатной инфраструктурной ситуации. Установка кластеров, состоящих из биогазовых комплексов, например поквартального типа, позволит вырабатывать биогаз, кото-

рый может быть использован для покрытия части потребности в энергии при штатном функционировании коммуникаций и для нужд автономного энергоснабжения в случае прекращения подачи ресурсов (Рис. 3, 4).

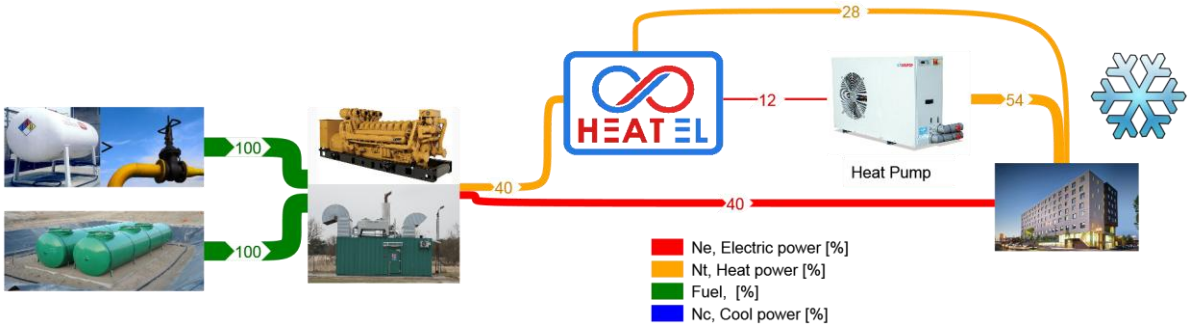


Рис. 3. Работа мини-ТЭЦ, оснащенной ОЦР-установкой с использованием биогаза в отопительный сезон, где 100% потребляемое горючее, 40% - ЭЭ, 82% (28+54) - тепло, вырабатываемое тепловым насосом.

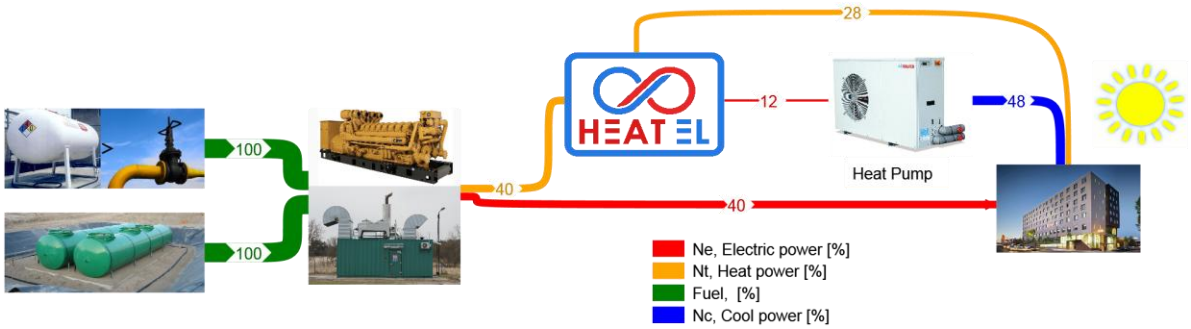


Рис. 4. Работа мини-ТЭЦ по Рис. 3 во внеотопительный сезон, где 100% потребляемое горючее, 40% - ЭЭ, 28% - горячее водоснабжение (ГВС), 48% - холод.

Задача функционирования системы канализации, а заодно обеспечения технической и питьевой водой может быть решена установкой подомовых или поквартальных биогазовых установок, которые позволят осуществлять сток в минимальном объёме в централизованные сети при прекращении водоснабжения, а также позволят вырабатывать воду, которая может быть очищена до воды питьевого качества.

Выводы

В современном мире, в условиях роста неопределённости, распространения военных конфликтов низкой интенсивности и гибридных войн там [31], где такие конфликты прогнозировались только гипотетически, вопрос установки энергосберегающего оборудования, обеспечивающего автономное ресурсоснабжение, переходит из плоскости экологии в плоскость выживания государства. Игнорирование данного вопроса, как показано выше, в кратко,- или среднесрочной перспективе может привести к нанесению неприемлемого ущерба населённым пунктам, базирующимся на существующих технологиях централизованной поставки ресурсов. Наибольший ущерб, естественно, будет причинён мегаполисам. Для парирования указанных угроз необходимо при проектировании любых населённых пунктов, осуществлении точечной или массовой застройки любой этажности, закладывать как минимум системы автономного теплоснабжения, биогазовые установки, а также установки по использованию солнечной энергии. Критерием для использования указанных решений должна служить не экономическая

эффективность в сравнении их с централизованной подачей ресурсов, а их сравнение со стоимостью ущерба от гуманитарной катастрофы при одномоментном разрушении существующей ресурсоснабжающей инфраструктуры.

Литература

1. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка // Российская академия наук. и-т Русского языка им. В.В. Виноградова, 4-е изд. дополненное, М., ООО «А ТЕМП», 2006, 944 с.
2. Дмитриев Д.В. (ред.) Толковый словарь русского языка // М., ООО «Изд-во Астрель»: ООО «Изд-во АСТ», 2003, 1582 с.
3. Альтшуллер Г.С. Найти идею // М. «Альпина Бизнес Букс», 2007, 400 с.
4. Велицко В.В. Выявление и нейтрализация угроз государственной безопасности с применением инструментария ТРИЗ на примере угроз инфраструктурного, технологического и юридического характера // Сборник докладов международной конференции «Инструменты создания инноваций для развития предпринимательства», Москва, 14-15.11.2014, с.102-108.
5. Герасимов В.Г. , Дьяков А.Ф., Ильинский Н.Ф., Лабунцов В.А., Морозкин В.П., Орлов И.Н. (гл. ред.), Попов А.И., Строев В.А. Электротехнический справочник. В 4 томах. т 3. Производство, передача и распределение электрической энергии, 9-е издание, стереотипное // М., изд-во МЭИ, 2004, 964 с.
6. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем // М., Энергоатомиздат, 1998, 800 с.
7. Павлов Г.М., Меркурьев А.Г. (ред.) Аварийная частотная разгрузка энергосистем. Учебное пособие. // СПб., Северо-Западный филиал ГВЦ энергетики, 1998, 52 с.
8. «Укрэнерго» обнародовало графики отключения электроэнергии в Киеве // ФГУП РАМИ «РИА Новости», 04.12.2014, Интернет: http://ria.ru/world/20141204/1036626380.html
9. Какая альтернатива газовым котлам в квартирах и частных домах? // Интернет: http://www.bolshoyvopros.ru/questions/1123507-kakaja-alternativa-gazovym-kotlam-v-kvartirah-i-chastnyh-domah.html
10. Жители таджикского Чкаловска возмущены варварской вырубкой деревьев (обращение) // 18.04.2009, Интернет: http://www.centrasia.ru/newsA.php?st=1240048560
11. Строительство газопровода Дзаурикау-Цхинвал завершено на 80 процентов // «Кавказский узел», 24.02.2009, Интернет: http://www.kavkaz-uzel.ru/articles/149997
12. Кюрклян. К. Недышащий Ереван: Зеленые территории только на генплане города // PanARMENIAN.Net, 04.10.2014, Интернет: http://www.panarmenian.net/rus/details/183087/
13. Веножинскій В.І. Смертная казнь и терроръ. (доклад В.І. Веножинскаго въ Русскомъ Собраніи 22 февр. 1908 г.) // СПб., «Отечественная Типографія», 1908., 34 с.
14. Гредескулъ Н.А. (бывшій товарищъ предсъдателя первой государственной думы) Терроръ и охрана // СПб, типогр. т-ва. «Общественная Польза», 1912, 35 с.
15. Будницкий О.В. Терроризм: история и современность // Электронный журнал «Полемика», Выпуск 10, Интернет: http://www.webcitation.org/65Adf1vW3
16. Гейфман А. Революционный террор в России, 1894 - 1917. Пер. с англ. Е. Дорман // М., : КРОН-ПРЕСС, 1997, 448 с.
17. Лунгу В.Н. Политика террора и грабежа в Бессарабии // Кишинёв, изд-во «КАРТЯ МОЛДОВЯНСКЭ», 1979, 216 с.
18. Брасс А. Кто есть кто в мире террора // М., «Русь-Олимп»: «Астрель»: «АСТ», 2007, 344 с.

19. Лемуткина М. Испания поминает жертв теракта // ГАЗЕТА.RU, 11.03.2005, Интернет: http://www.gazeta.ru/2005/03/10/oa_150739.shtml
20. Другой ИГИЛ // 22.10.2014, Интернет: http://cont.ws/post/59697
21. Бортников: около 1,7 тыс. россиян сражаются в Ираке // ГАЗЕТА.RU, 20.02.2015, Интернет: http://www.gazeta.ru/social/news/2015/02/20/n_6943149.shtml
22. Intel CEO Outlines Future of Computing. Announces Wearable Collaboration with Oakley* and Intel® Curie™, a Tiny, Button-Sized Product to Enable Wearable Solutions. Intel Plans to Invest $300 Million to Encourage More Diversity at Intel and within the Tech Industry, Announces Hiring and Retention Goal // Intel Corporation, 06.01.2015, Интернет: http://newsroom.intel.com/community/intel_newsroom/blog/2015/01/06/intel-ceo-outlines-future-of-computing
23. Первый в России композитный 3D-принтер создали в «Сколково» // LENTA.RU, 23.01.2015, http://lenta.ru/news/2015/02/23/3dscolkovo/
24. Федеральный закон от 07.12.2011 N 416-ФЗ (редакция от 21.07.2014) «О водоснабжении и водоотведении»
25. «Типовая инструкция по организации защиты объектов социальной защиты населения на территории Краснодарского края от террористических угроз и иных посягательств экстремистского характера», Антитеррористическая комиссия Краснодарского края, 2007 г.
26. «Типовая инструкция по организации защиты объектов на территории городского округа – город Камышин от террористических угроз и иных посягательств экстремистского характера», Антитеррористическая комиссия городского округа – город Камышин, 21.05.2009 г.
27. Типовая инструкция по организации работы и оценке антитеррористической защищенности объектов особой важности, повышенной опасности, жизнеобеспечения и с массовым пребыванием людей в Томской области, «Утверждено» на заседании Антитеррористической комиссии Томской области 28.10.2009 Протокол №5, Томск, 2009.
28. Велицко В.В. Автономные энергоустановки на местных видах горючих и возобновляемых источниках энергии, базирующиеся на адаптивном термодинамическом цикле и системе безнагнетательной циркуляции рабочего тела // в этом же сборнике материалов конференции.
29. Navarro-Esbrí J., Peris1 B., Collado R., Molés F. Micro-generation and micro combined heat and power generation using «free» low temperature heat sources through Organic Rankine Cycles // International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'13) Bilbao (Spain), 20-22.03.2013, Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ), №11, 03.2013.
30. Кукушкин С.А., Велицко В.В., Краснов А.Г. Организация производства концентраторных солнечных электростанций, комбинированных с паросиловым циклом // Содействуя экономическому развитию России. Проекты международного общественного фонда «Фонд содействия экономическому развитию им. Байбакова Н.К.» за 1996-2011 гг., М., Нефть и газ, 2011, с.144-146.
31. Арзуманян Р. Кромка хаоса Сложное мышление и сеть: парадигма нелинейности с среда безопасности XXI века. Серия SELECTA, под ред. Колерова М.А. // ИД Регнум, М., 2012, 599 с.

УДК.72+69

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ СЕМЕЙСТВО ОДНОЭТАЖНОГО ЦЕХА

Беленький И.А, Буров И.О..
ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск

Известно, что у проектировщиков всегда возникает довольно много рутинной работы по весьма похожим (типовым) объектам, отличающимся лишь общими размерами и некоторыми другими количественными характеристиками (количество и расположение окон и дверей, разновидности внешней обшивки и т.п.), но требующими выдачи полной проектной информации. Такую работу никто не любит, поскольку она «не творческая» и отнимает много времени, но делать её приходится.

Конечно, можно иметь запас типовых чертежей (компьютерных файлов), в которые каждый раз вносятся необходимые корректировки (фактически происходит перечерчивание), а затем проект передается заказчику. Это, безусловно, облегчает работу проектировщиков (и они так и делают), уменьшая объем рутинного труда, но не освобождает от него полностью. Однако в современных условиях наиболее естественным решением такой проблемы стало бы создание в полном соответствии с принципами BIM [1] модели такого сооружения, восприимчивой к изменению основных параметров, из которой в автоматическом режиме можно получать нужную проектную информацию и оформленную документацию. И такая многопараметрическая модель была создана для типового здания одноэтажного цеха (рис. 1).

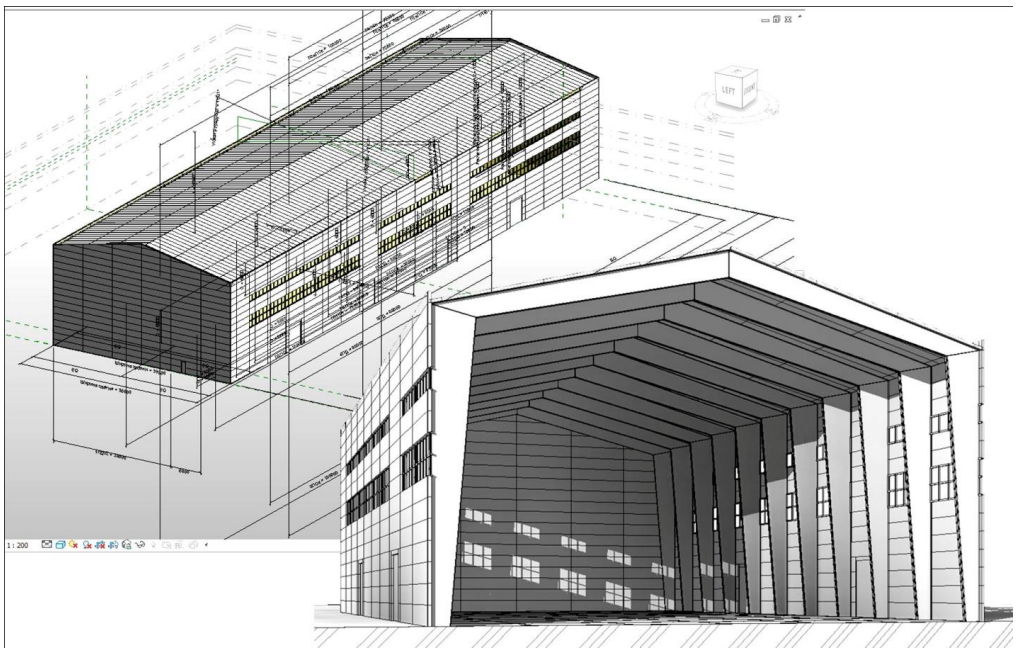


Рис. 1. Параметрическая модель типового цеха выполнена в программе Autodesk Revit, 2014.

Всего созданная модель имеет более ста параметров, из которых основными являются длина, ширина, высота, уклон кровли и положение оконных и дверных проемов. После задания необходимых значений модель регенерируется в промышленный однопролетный цех с несущими конструктивными рамами переменного сечения, отвечающий всем предварительно введенным значениям (рис. 2).

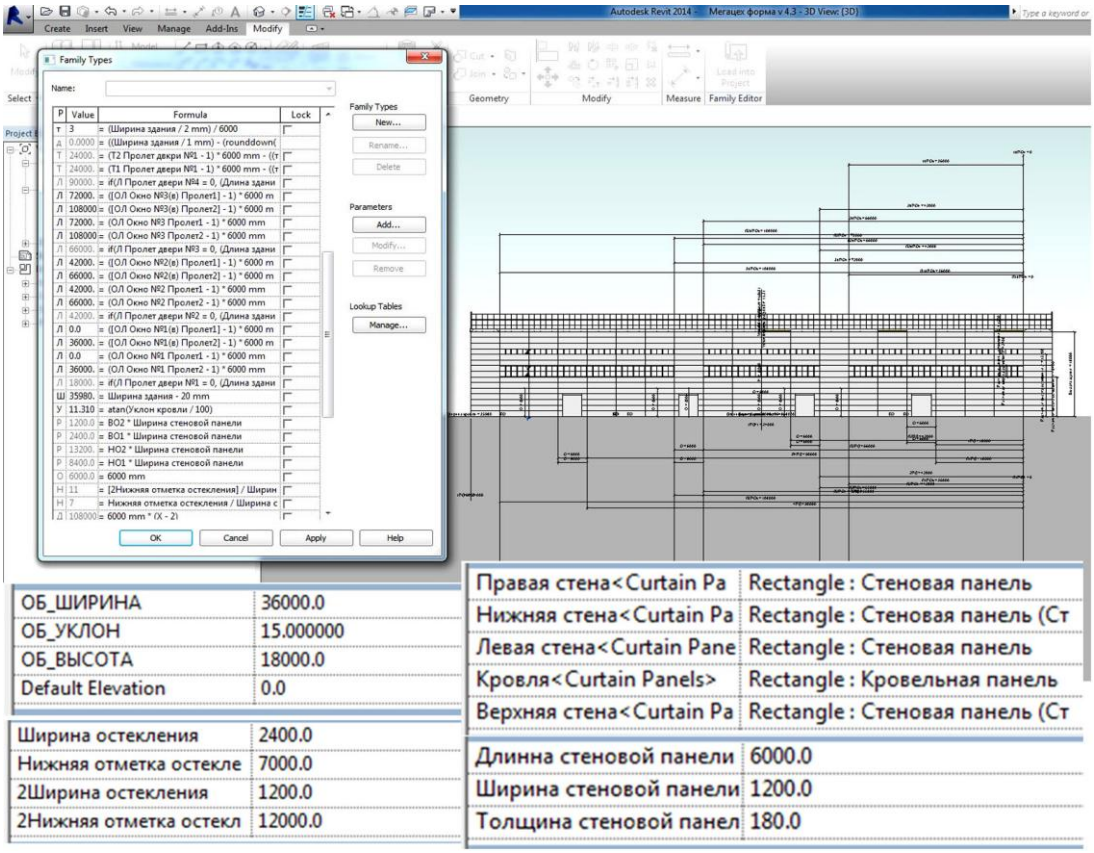


Рис. 2. Некоторые таблицы параметров модели типового цеха.

В модели имеются дополнительные подмодели, в том числе рам несущих конструкций и фундаментов, которые представляют самостоятельный интерес и могут использоваться как при создании моделей других типовых зданий, так и при конструктивных расчетах (рис. 3).

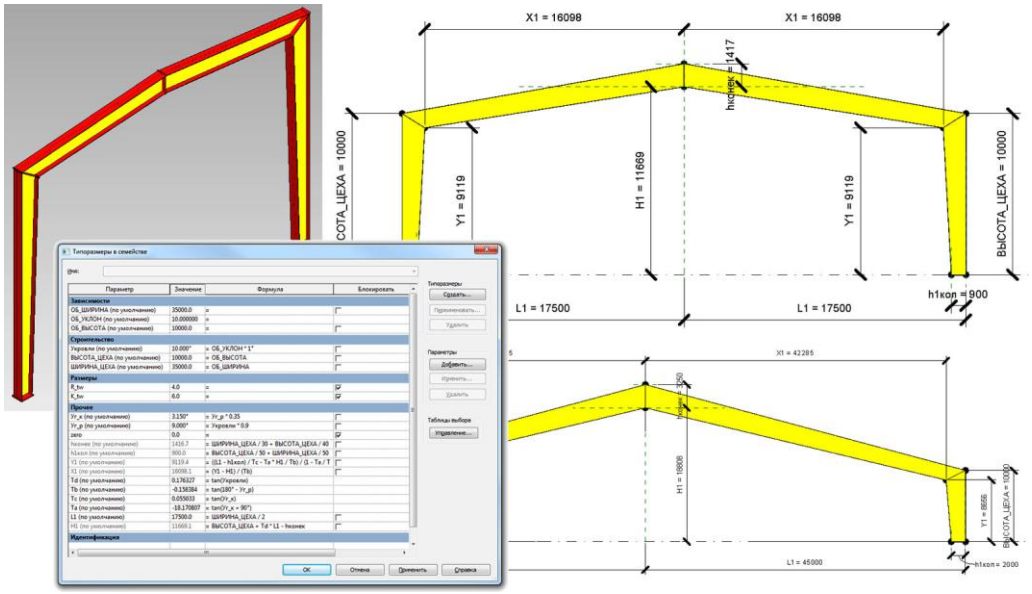
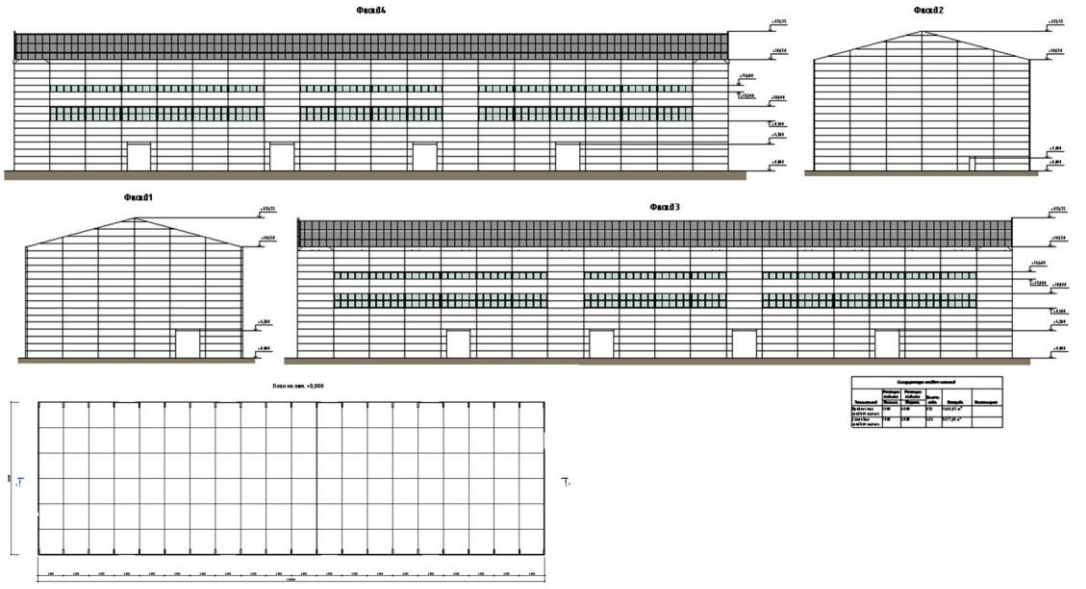


Рис. 3. Параметрическое семейство несущих рам.

На практике после задания всех параметров на генерацию нового здания цеха уходит несколько минут. При этом генерируемая модель вставлена в специальный

шаблон проекта, который позволяет систематизировать и вывести на листы необходимую графическую информацию: планы, планы кровли, фасады, разрезы, ведомости заполнения оконных проемов, специальные виды, а также спецификации для качественной оценки проекта: технико-экономические показатели, спецификации сэндвич-панелей, заполнения дверных проемов, заполнения оконных проемов, расхода металла на основные несущие конструкции и многое другое. Фактически, из модели можно выводить всё, что требуется для оформления проекта (рис. 4).



Технико-экономические показатели

Строительный объем	88160 m^3
Общая площадь	4320 m^2

Спецификация заполнения дверных проемов

Тип остекления	Количество	Комментарии
Дверь 2200x900	1	
Раздвижные ворота 4500*4000	9	

Спецификация заполнения оконных проемов

Тип остекления	Площадь	Комментарии
B02	14,40 m^2	
B08	7,20 m^2	
B03	86,40 m^2	
B09	43,20 m^2	
B05	14,40 m^2	
B011	7,20 m^2	
B06	86,40 m^2	
B012	43,20 m^2	

Спецификация сендвич панелей

Тип панелей	Размеры изделия Высота	Размеры изделия Ширина	Количество	Площадь	Комментарии
Кровельная сендвич панель	1200	6000	252	1480,85 m^2	
Стеновая сендвич панель	1200	6000	426	2617,62 m^2	

Расход металла на основные несущие конструкции

Объем, $м^2$	Вес конструкций, кг
130,81	1026882

Рис. 4. Некоторая информация, получаемая из параметрической модели цеха после ее генерации.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.

УДК.72+69

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭКОДОМОВ

Гришина Н.А., Захаров А.А., Сычева Н.С., Талапов В.В., Тюлюпина Д.В.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

Технология BIM позволяет при проектировании новых зданий уже на эскизной стадии определять и корректировать экологические свойства будущего объекта и оптимизировать будущие расходы на его эксплуатацию [1]. Для проверки этого тезиса на практике в рамках дипломного проектирования по специальности «Проектирование зданий» было выполнено многовариантное моделирование четырёх объектов: гостиницы и трёх двухэтажных домов для небольшой семьи (рис. 1).



Рис. 1. Сычева Н.С. Проект эко-здания гостиницы в новосибирском Академгородке.

Основные требования, которые предъявлялись к проектируемым объектам:

1) Здание должно было обладать всеми (или основными) качествами эко-дома.
2) Внешне оно не должно было ничем отличаться от обычного здания с хорошей архитектурой.
3) Надо было минимизировать его эксплуатационные расходы.
4) В случае жилых домов надо было предусмотреть конструктивную возможность в дальнейшем увеличения здания путем пристройки дополнительных помещений.
5) По возможности не выходить за рамки среднерыночных цен.
6) Все работы должны были вестись с использованием технологии информационного моделирования (рис. 2).



Рис. 2. Захаров А.А. Эко-дом для небольшой семьи, выполненный в стиле «шале».

Минимизация эксплуатационных расходов начиналась на эскизной стадии с подбора в рамках выбранного архитектурного стиля более «правильного» (ближе к единице) коэффициента компактности, что технология BIM позволяет делать (рис. 3).



Рис. 3. Гришина Н.А. Эскизный поиск формы эко-дома и его окончательный вариант.

Возможное в дальнейшем расширение дома предполагало как заложенные для этого конструктивные решения (фундамент, несущие конструкции и т.п.), так и изначально оптимальное размещение оборудования, минимизирующее все переделки внутренних инженерных систем (рис. 4).

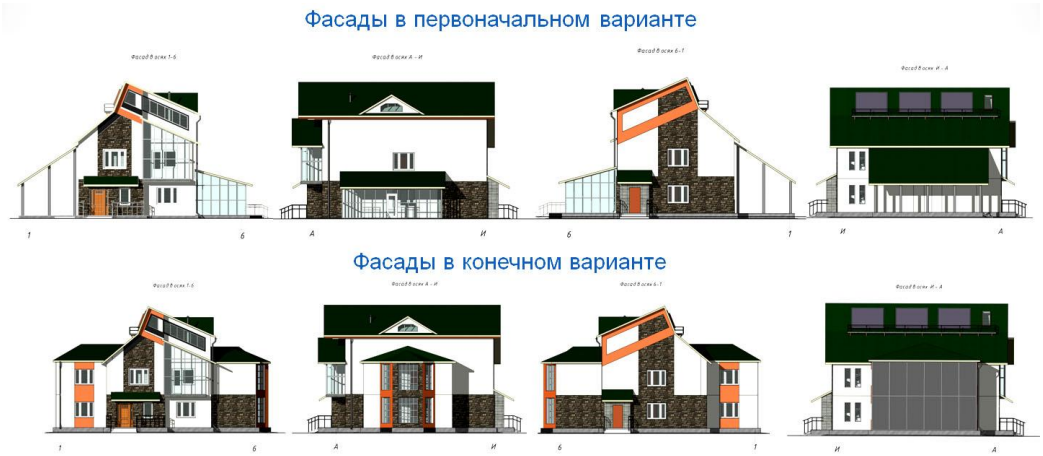


Рис. 4. Тюлюпина Д. В. Варианты развития эко-дома.

В результате использования технологии информационного моделирования удалось получить проекты, удовлетворяющие всем сформулированным ранее требованиям. При этом себестоимость квадратного метра такого дома для небольшой семьи не превышала среднего показателя по пригородам Новосибирска.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.

УДК.72+69

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ

Ивановский А.В., Кулаков Д.С., Савватеев А.С, Тюмин М.П.
ОАО «Иркутскжелдорпроект», г. Иркутск,
ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск

Информационное моделирование зданий – это процесс, в результате которого получается информационная модель здания. И если процесс может продолжаться сколько угодно, то модель должна в конце каждого этапа принимать некоторые совершенно конкретные очертания. В этом суть технологии BIM [1].

В процессе информационного моделирования здания задействованы специалисты разных направлений: архитекторы, конструкторы, инженеры по оборудованию, BIM-менеджеры. При классическом проектировании они работают последовательно и практически независимо друг от друга.

В информационном моделировании их работа идёт почти одновременно и согласованно. Это требует новых методик проектирования и совершенно иных подходов в организации взаимодействия при работе с единой моделью здания.

Специфика такой работы заключается:

1). В различных формах объединения данных в единую модель. Это, в свою очередь, предполагает различные виды связей «сервер – пользователь», из которых надо выбирать оптимальную для реализации конкретного проекта.

2). В различной настройке шаблонов файлов, учитывающих специфику конкретных специалистов.

3). В организации построения согласованной модели и пошаговой проверки коллизий при её создании.

Авторами такая методика отработана при моделировании одноэтажного здания, выполненной в рамках пилотного проекта по внедрению BIM в ОАО «Иркутскжелдорпроект» (рис. 1).

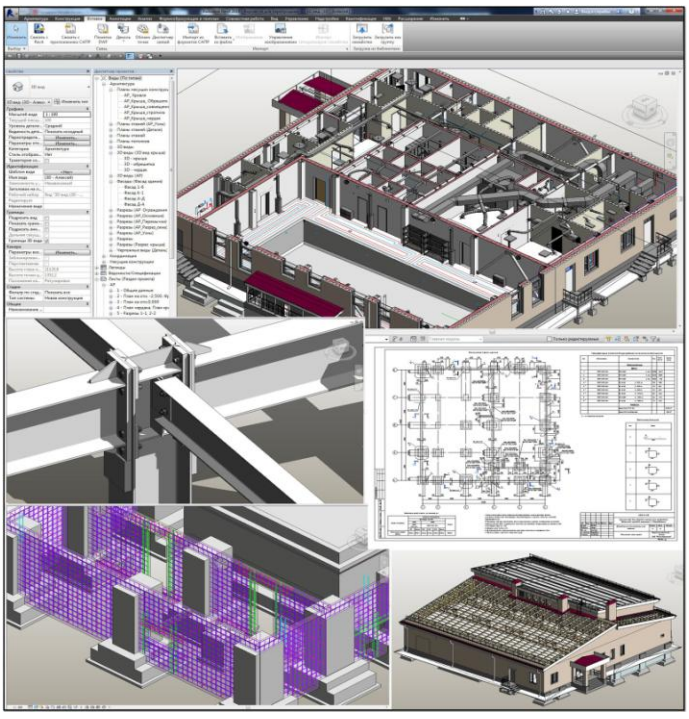


Рис. 1. Комплексная информационная модель здания оздоровительно-восстановительного комплекса. Работа выполнена в Autodesk Revit, 2014.

Модель выполнена в программе Autodesk Revit 2014. Особенности её создания, функциональное наполнение и предназначение будут реально продемонстрированы авторами во время доклада в рамках конференции.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.

УДК. 004.384

ДОМАШНЯЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЛИ ЕЩЕ РАЗ ПРО «УМНЫЙ ДОМ»

Козлов И.М.
г. Новосибирск

Цели автоматизации

Домашняя автоматизация предназначена для:

а) исключения человеческого фактора в тех процессах, где это может повлиять на качество результата, вплоть до его экономического выражения (выдержка во времени, процесс регулирования, контроль аварийных ситуаций);

б) избавления человека от рутинного труда. Отнюдь, не для того, чтобы сделать из него лентяя, а для того, чтобы высвободить время и внимание человека на более интересные задачи.

Обязательные (критические) функции

Прежде всего, это функции, связанные с обеспечением безопасности работы энергоснабжения, такие как автоматика котла, автоматика системы отопления и горячего водоснабжения, бесперебойное электропитание чувствительного к перебоям электрооборудования.

Далее, функции, обеспечивающие безопасность жизнедеятельности человека: контроль загазованности, пожарная сигнализация, охранная сигнализация.

Наконец, функции, обеспечивающие защиту от материального ущерба в случае аварийной ситуации, такие как контроль протечек (тут степень критичности определяется заказчиком по соотношению между стоимостью системы контроля, надежностью инженерных систем и величиной возможного ущерба).

Предпочтительные функции

Это функции контроля микроклимата в помещениях (температура, освещенность, влажность и качество воздуха (CO2 + VOC[1])). Предпочтительность этих функций в том, что процесс ручного регулирования требует постоянного внимания, а несовершенство органов чувств человека может привести к эффекту перерегулирования.

Автоматическое включение освещения в жилых помещениях для некоторых маломобильных групп может быть жизненно необходимой вещью.

Сюда же можно отнести удобство интерфейса, ибо его отсутствие способно превратить удовольствие от использования автоматики в муку по его настройке и управлению.

Желательные функции

Эти функции не являются необходимыми, но являются возможными, поскольку в результате реализации предыдущих двух пунктов уже формируется требуемая инфраструктура (то есть, база есть, ее можно дополнить). Функции можно отнести к желательным, поскольку могут повысить ощущение комфортности.

Это функции, связанные с мультимедиа и домофонией. К ним относятся совмещение в одной панели управление аудио-видео аппаратурой с управлением

[1] Volatile organic compounds — летучие органические вещества.

инженерным оборудованием, приглушение музыки во время звонка в домофон, а так же традиционное «кино с проектора одной кнопкой». Здесь стоит отметить, что совмещение идет исключительно на уровне интерфейса. Физически системы не пересекаются.

Ненужные функции

Это функции, которые становятся возможными благодаря свойствам оборудования, но являются бессмысленными с практической точки зрения. Упомянуть о них стоит лишь потому, что именно они зачастую преподносятся как главные в рекламе «умного дома».

Позвонить своему чайнику (в смысле, включить чайник командой с телефона). В чайнике должна быть вода. Да и закипает он совсем недолго. Из той же серии: *наполнить ванну, подъезжая к дому*, и *включить микроволновку дистанционно для приготовления ужина*. Продукты в микроволновку еще заложить надо, да и испортятся они к ужину. А *голосовой доступ к холодильнику* вообще, кроме проблем, никаких преимуществ не дает.

Средства

Оборудование на рынке домашней автоматизации существует давно. Лет двадцать как активно продается на Российском рынке. Причем, речь идет не только об отдельных компонентах. Вот наиболее значимые системы, позиционируемые на рынке как системы «Умного дома»:

KNX (http://www.konnex-russia.ru/knx-technology/, http://www.iknx.ru/)
AMX (http://www.amx.ru/, http://www.amx.com/)
Lon (http://www.lon.ru/, http://www.echelon-lon.ru/)
Clipsal C-bus (http://www.c-bus.ru/, http://www.clipsal.ru/)
HDL-BUS (Smart-BUS) (http://www.smart-bus.ru/, http://www.hdlbus.pro/)
iNELS от ELKO EP (http://www.inels.com/, http://www.elkoep.ru/reshenija/, http://kip.su/smart-home/)

Преимущества таких систем в том, что предлагаются взаимосвязанные комплекты оборудования, объединенные одним (или несколькими) протоколом (протоколами), имеющие высокий дизайн. Недостатки — высокая стоимость и сложность реализации нестандартных решений (не у всех систем есть свободно программируемые контроллеры).

Но для построения системы домашней автоматизации не обязательно приобретать один из перечисленных комплектов. Систему можно собрать из представленного на рынке широчайшего ассортимента компонентов автоматизации. А программирование системы необходимо в любом случае.

Требуемый набор компонентов

Групп компонентов три: так называемые «сенсоры», «актуаторы[2]», и контроллеры.

К группе «сенсоров» относится все, что является источниками информации для принятия решения к действию: выключатели, переключатели, кнопки, сенсорные панели управления, а так же всевозможные датчики: движения, температуры, влажности, положения, освещения и другие.

[2] от англ. *act* — действовать, *actuator* — силовой привод

В качестве «актуаторов» выступают ПРА источников света, соленоидные клапаны и моторизованные приводы.

Про контроллеры следует сказать чуть подробнее. Дело в том, что бытовых и промышленных контроллеров существует огромное количество. Делятся они на параметризуемые и свободно программируемые. Программируемые могут быть моноблочные, наборные и распределенные (в зависимости от конфигурации и места расположения портов ввода-вывода). Системы управления могут быть централизованные, с одним головным контроллером (например, AMX), или децентрализованные (как KNX), где каждое устройство, будь то выключатель или привод, имеет свой маленький контроллер со своей программой и все друг с другом общаются. У обеих систем есть свои преимущества и недостатки. У централизованной — протяженность проводов от центра, у распределенной — высокая стоимость каждого отдельного компонента системы (рис. 1). Гибридные системы (к которым можно отнести HDL-BUS) строятся по принципу промышленной автоматизации: имеют группу контроллеров, связанных между собой одним протоколом и отвечающих каждый за свой функциональный сектор.

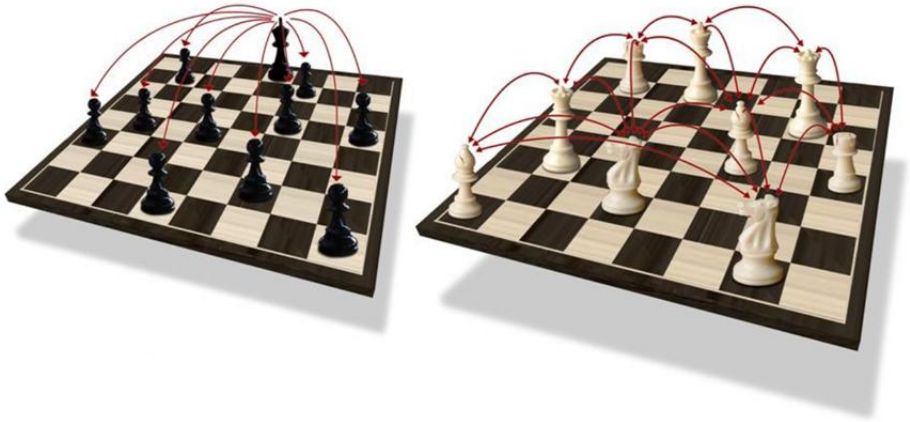


Рис. 1. Иллюстрация взаимодействия компонентов
в централизованной и децентрализованной системах управления.

Широкий класс параметризуемых контроллеров, к которым относятся термостаты (в том числе – комнатные), выключатели освещения с датчиками движения и освещенности, различные таймеры находят свое применение в тех местах, где не требуется особо хитрый алгоритм, и являются прекрасной недорогой альтернативой компонентам единой системы автоматизации. Так, например, в узком темном коридоре или лестнице в подвал достаточно поставить выключатель освещения с датчиком движения за 300 рублей. Нужно только настроить требуемую задержку отключения и в обязательном порядке соблюсти правило (см. ниже).

Свободно программируемые контроллеры применяются в случаях, когда может меняться набор оборудования или алгоритм поведения. Сложные алгоритмы возникают, когда требуется учитывать взаимовлияющие факторы. Например, управление нагревом и охлаждением воздуха в помещении, обеспечение заданной температуры воздуха в помещении при вентиляции, управление естественным (посредством моторизованных карнизов) и искусственным освещением. И все это с учетом присутствия или отсутствия людей в помещении, с учетом времени суток.

Выработка типового решения для таких ситуаций затрудняется тем, что набор периферийного оборудования хоть и органичен, но все равно достаточно велик в разнообразии. Есть отдельные решения для некоторых частных случаев.

Главная особенность для жилого сектора заключается в том, что в каждой

комнате набор функций и оборудования практически идентичен (естественно внутри класса жилая комната/вспомогательное помещение), а для отдельно взятой комнаты можно применить централизованную систему с одним контроллером. В этом случае типовое решение для комнаты тиражируется на остальные комнаты (возможно с небольшой корректировкой). Для реализации общих команд управления и диспетчеризации все контроллеры объединяются в сеть по какому-либо распространенному протоколу. В результате получается оптимальная гибридная система управления (рис. 2).

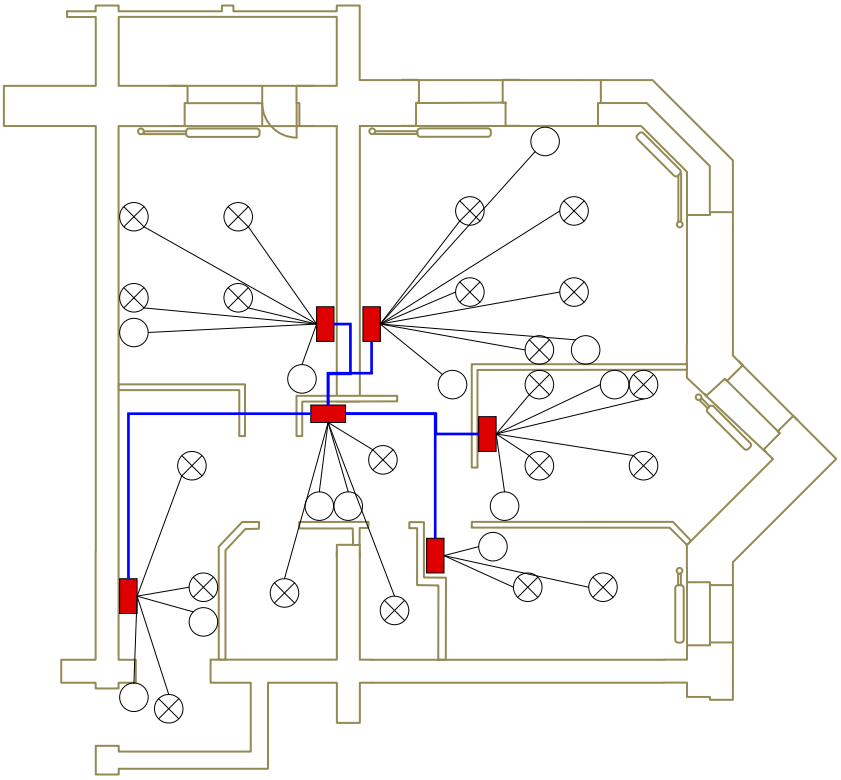


Рис. 2. Схема взаимодействия комнатных контроллеров.

Управление и диспетчеризация

Для управления оборудованием одной комнаты подойдет небольшая графическая сенсорная панель управления, связанная с контроллером простой витой парой. В обычном режиме она может отображать заливку одним цветом, выполняя роль обычного кнопочного выключателя. При необходимости ее можно перевести в режим меню и выполнять настройку, контроль параметров и управление оборудованием.

В настоящее время беспроводной интернет в доме уже не редкость, а многие промышленные контроллеры поддерживают протокол Ethernet и подключение к интернету. Это дает возможность устанавливать на мобильные устройства приложения для управления оборудованием жилых помещений.

Алгоритмы управления отрабатывают только типовые ситуации. Все нестандартные ситуации реализуются ручным управлением. Это правило применимо даже для неуправляемых датчиков движения (рис. 3). Помимо ручного режима управления, устанавливаемого в меню панели управления, в каждой комнате необходимо иметь обычный выключатель, позволяющий включать/отключать освещение в обход автоматики. Как минимум на время возможного ремонта оборудования.

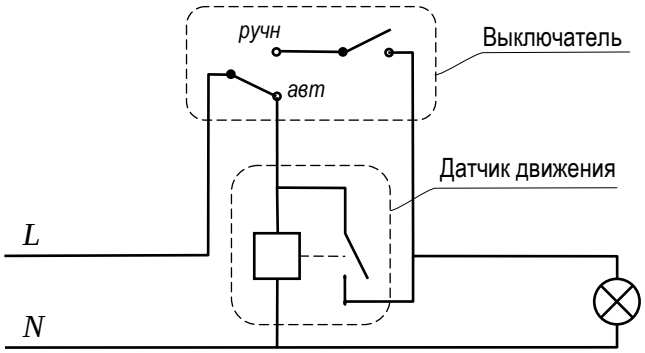


Рис. 3. Подключение датчика движения.
Схема электрическая принципиальная.

Персонал

Все оборудование домашней автоматизации изготавливается промышленно, а значит, имеет гарантию и сеть гарантийного и послегарантийного сервисного обслуживания. Фирма-инсталлятор обязана осуществлять сопровождение разработанного программного обеспечения.

В случае с многоквартирными домами, возникает необходимость следить за работой общедомовой автоматики и другого оборудования. Управляющим компаниям нужно будет для этих целей ввести в штат дополнительный персонал, имеющий соответствующий уровень подготовки.

Дополнительные расходы на содержание оборудование автоматизации в структуре затрат никто не показывает, дабы не портить привлекательность и без того недешевого товара. Впрочем, надежность оборудования достаточно высокая. А в случае массового применения можно несколько снизить стоимость обслуживания организацией специализированной сервисной фирмы.

Домашняя автоматизация и информационное моделирование

Как отмечено еще в [1], эффективность системы автоматизации максимальна, если эта система закладывается в проект при строительстве здания. Противоположное мнение, что в проекте нельзя заранее предусмотреть все, справедливо лишь отчасти по двум причинам.

Во-первых, наиболее «тяжелое» на переделку оборудование отопления и вентиляции при периодических перестановках в жилых помещениях (семья — живой организм), как правило, не затрагивается. Наиболее уязвимым местом становятся розетки (в том числе — информационные). Но здесь есть способ заранее предусмотреть возможность их переноса.

Во-вторых, такая ситуация возникает в случае неполного проекта, когда уточнение расположения оборудования и коммуникаций выполняется на месте после оценки собственного восприятия помещения. В этом случае, моделирование с детальной проработкой мебели и оборудования позволяет избежать большого количества проблем и переделок.

Другой случай, когда может возникнуть такая ситуация, это растянутый во времени (на годы) процесс реализации проекта, прежде всего, из-за ограниченности в средствах. Заложенное в проект оборудование с годами устаревает морально, появляется новый функционал, предусмотреть который заранее бывает невозможно. В этом случае главной проблемой становятся каналы для коммуникаций (информацию по радиоканалу передать можно, энергию — нет). Здесь опять-таки на помощь приходит моделирование. Систему кабельных каналов можно выполнить таким образом, чтобы

иметь к ним полный доступ после завершения строительства. А модель поможет проверить возможность их устройства и удобство в использовании.

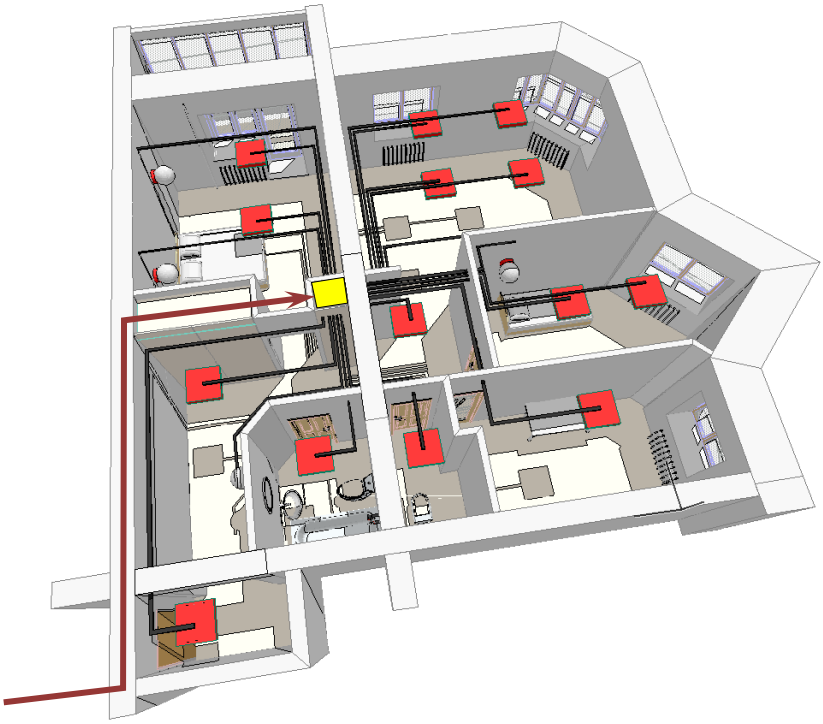


Рис. 4. Модель системы управления освещением.

Заключение

В [2] приводится вариант оснащения квартиры энергосберегающим оборудованием и пример его информационного моделирования. В [3] приводится вариант бюджетного решения «следящего» света.

Литература

1. Королев Ю.Ю. Умный дом для среднего класса // Летопись интеллектуального зодчества. — 2006 — №4.
2. Козлов И.М., Талапов В.В. BIM и инженерное обеспечение квартиры энергоэффективного здания // isicad.ru: электронный ресурс. — 2012. — URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15659
3. Козлов И.М. Автоматическое управление освещением квартиры. // Светотехника. — М., 2011. — №4. — с.16-19.

УДК 004.942; 691.327.32; 691-431; 721.021.23

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КОТТЕДЖА ИЗ БЛОКОВ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ

Козлов И.М.
г. Новосибирск

Стремление снизить стоимость строительства многоэтажных зданий по распространенной технологии монолитного каркаса с кирпичным заполнением привело к разработке комплекта блоков несъемной опалубки [1], являющегося развитием прототипов, положенных в его основу — строительных систем Симпролит [2], Дюрисол [3] и МАРКО [4]. Снижение стоимости строительства происходит за счет снижения трудоемкости путем исключения операций распалубки, использования крупных блоков и совмещения в одном материале и конструктивных и теплоизоляционных свойств (рис. 1).



Рис. 1. Объединение средств снижения трудоемкости.

Суть всех перечисленных строительных систем сводится к тому, что из блоков с вертикальными отверстиями выкладываются стены, в отверстия помещаются арматурные каркасы, связанные горизонтально, и все пустоты заполняются бетоном. Каждый этаж заканчивается монолитным поясом, связывающим в единое целое колонны и перекрытие. Таким образом формируется несущий каркас, а блоки играют роль заполнения, опалубки и утеплителя одновременно (рис. 2).

Отличительными особенностями разработанного комплекта блоков являются:

– возможность возведения многоэтажных зданий в климатических условиях Сибири;

– применяемый материал — фибропенобетон [5] — негорючий материал, без органических примесей, с низким водопоглощением, высокой паропроницаемостью, неавтоклавного твердения;

– шпоночное соединение, вместо пазогребневого, сокращает номенклатуру

блоков и убирает неровности в проемах;

– соединение смежных колонн П-образной арматурой исключает отверстия в торцах блоков в проемах;

– возможность соединения стен под углом 135° с сохранением шага сетки;

– исключение необходимости пиления блоков опалубки;

– наличие специализированых блоков для формирования вентиляционных шахт.

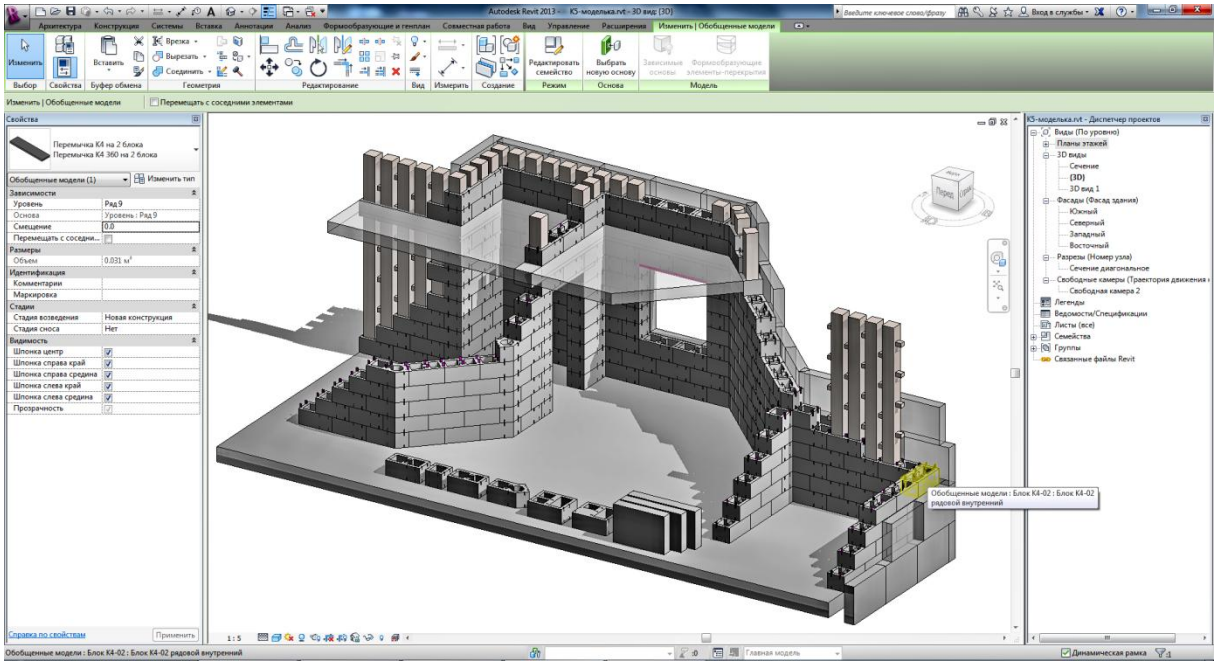


Рис. 2. Иллюстрация кладки из блоков;
формирование колонн, проемов, утепление фасада.

Кладка опалубки несущих наружных и внутренних стен осуществляется блоками одного типа с применением доборного блока (половина от рядового). Для утепления фасадов применяются блоки из фибропенобетона пониженной плотности (D250) трех типовых размеров в длину и перекрывающие по вертикали две с половиной высоты рядовых блоков. Аналогами утепления фасадов блоками из фибропенобетона являются Multipor (Xella) [6] или изоплита СОТИМ [7]. Основное отличие от аналогов — в размерах блоков.

В отличие от рассматриваемых ранее блоков со встроенным теплоизоляционным слоем [1], такой подход позволяет решить три задачи. Во-первых, существенно сокращается номенклатура блоков. Во-вторых, габариты теплоизоляционных блоков выбраны такими, чтобы перекрыть возможные сквозные щели в кладке рядовых блоков. В-третьих, автоматически решается проблема утепления монолитного пояса.

Форма и геометрические размеры блоков были оптимизированы по ряду параметров (табл. 1). Поскольку параметры являются противоречивыми, процесс оптимизации осуществлялся по совокупному результату.

Таблица 1. Требования, которым должны удовлетворять блоки несъемной опалубки:

Группа параметров		**Формулировка**
Группа требований, определяемых формируемым каркасом здания		Сечение колонн несущего каркаса, формируемых с помощью блоков несъемной опалубки, должно обеспечивать восприятие нагрузки от многоэтажного здания, при условии применения бетона класса В20
		Блоки должны обеспечивать формирование горизонтальной связи между колоннами для увеличения жесткости каркаса
Технологичность процесса строительства		Применение блоков должно максимально повысить производительность труда при строительстве здания за счет того, что ряд технологических процессов учитывается в геометрии блоков
		Геометрия блоков должна обеспечивать возможность формирования каркаса здания с максимальной равномерностью нагрузки на колонны
		Набор форм блоков должен сводить к минимуму процесс ручной доводки и подгонки блоков (пиление)
Инженерные системы		Геометрия блоков должна обеспечивать возможность формирования вертикальных шахт для вентиляции и других инженерных коммуникаций
		Промежутки между колоннами формируемого каркаса должны позволять выполнять сквозные отверстия в стенах сечением, достаточным для образования вентиляционных каналов и прокладки других инженерных коммуникаций
Технологичность изготовления блоков		Количество типоразмеров блоков должно быть минимальным. Не должно быть блоков разных типоразмеров с незначительными отличиями
		Затраты на оборудование для изготовления блоков должно быть минимальным (минимум единиц пресс-форм для изготовления форм для блоков)
Группа требований на основе архитектурных требований к объекту строительства	0	Блоки должны позволять возводить несущие стены и перегородки с образованием помещений, форма и площадь которых оптимальны для проживания и эксплуатации. Геометрия блоков должна позволять формировать в стенах проемы для окон и дверей общепринятых габаритов
	1	Геометрия блоков должна позволять формировать выразительный архитектурный облик здания
Энергосбережение, экология и экономика	2	Геометрия блоков и материал, из которого они изготавливаются, должны обеспечивать требуемые теплотехнические характеристики. В конструкции стены из блоков не должно быть мостиков холода
	3	Блоки должны изготавливаться из экологичного, негорючего и долговечного материала

Возможность реализовать удобные планировки квартир при обеспечении несущей способности каркаса и относительно равномерной загрузке колонн проверена на исследовательской информационной модели многоэтажного жилого здания [8] (рис. 3, 4). Кроме этого, на информационной модели проверена возможность сочетания данной технологии строительства с оснащением квартир инженерным оборудованием, обеспечивающим высокий уровень энергосбережения и комфорта [9].



Рис. 3. Внешний вид проектируемого многоэтажного здания.

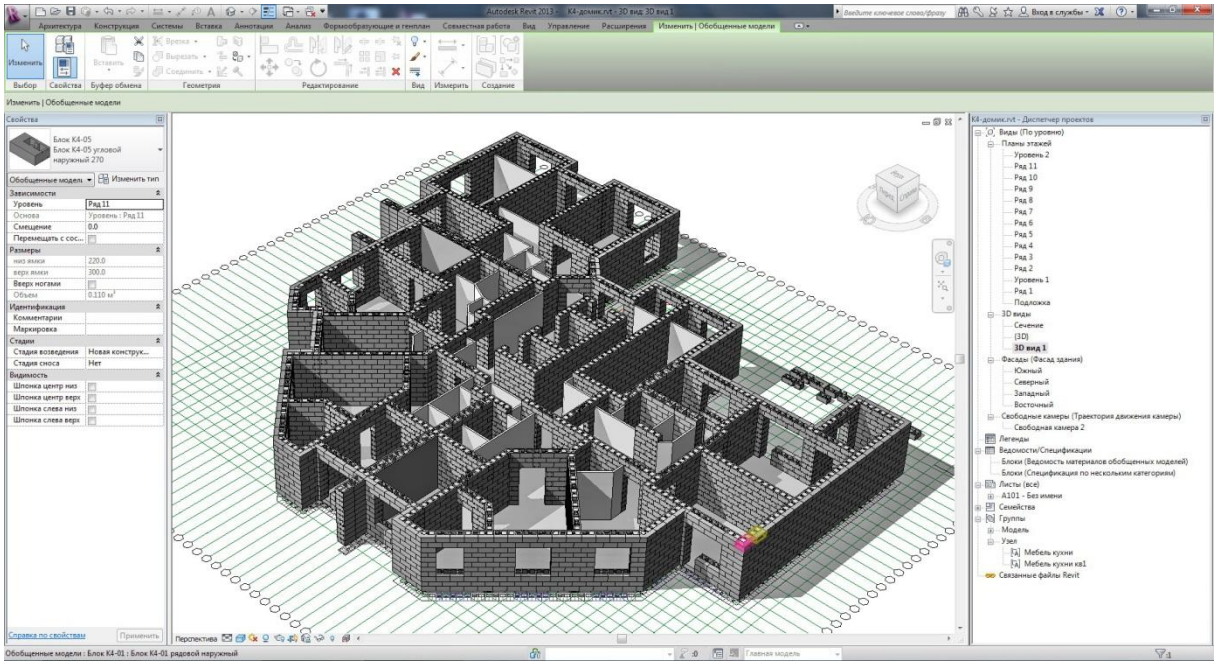


Рис. 4. Модель кладки из блоков одной секции типового этажа многоэтажного жилого здания.

Использование блоков для малоэтажного строительства

Модель коттеджа из блоков была создана с целью проверки возможности реализации принятых объемно-планировочных решений с использованием разработанной технологии строительства. Процесс создания модели проиллюстрирован на рис. 5. Основанием для раскладки блоков являлась архитектурная модель, подготовленная ранее.

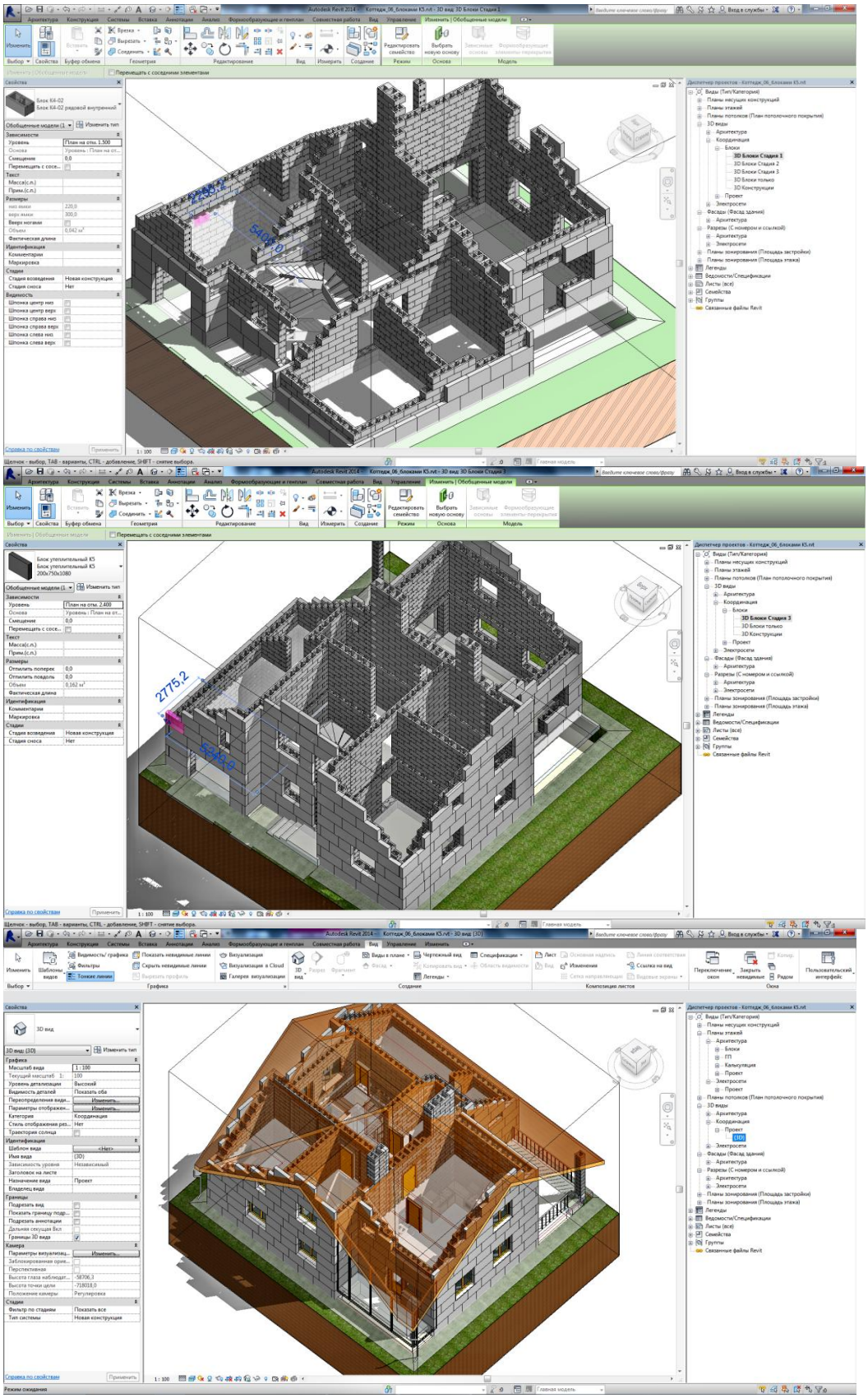


Рис. 5. Этапы создания модели коттеджа из блоков.

Для малоэтажного строительства от каркаса не требуется такой несущей способности, как для многоэтажного. Поэтому колонны можно выполнять из бетона с классом прочности ниже, и расставлять их реже, прежде всего — в местах сопряжения стен и по бокам проемов (рис. 6). Оставшиеся вертикальные каналы следует заполнить монолитным фибропенобетоном. Частично или полностью эти каналы можно использовать для прокладки инженерных коммуникаций.

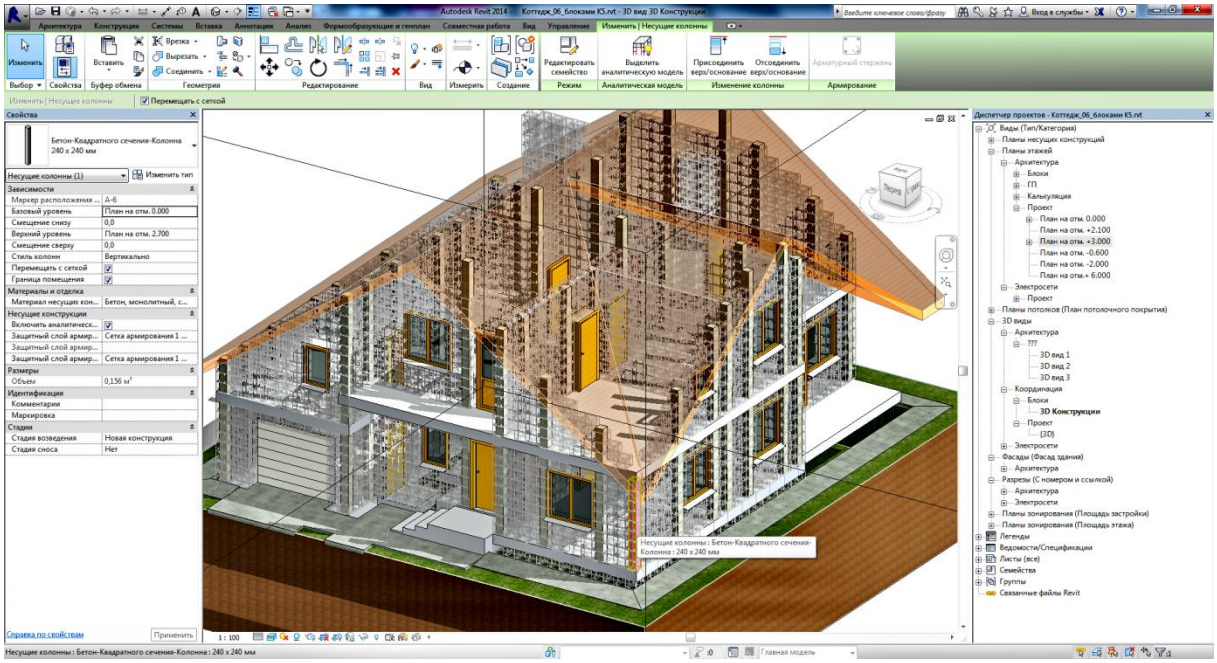


Рис. 6. Расположение несущих колонн.

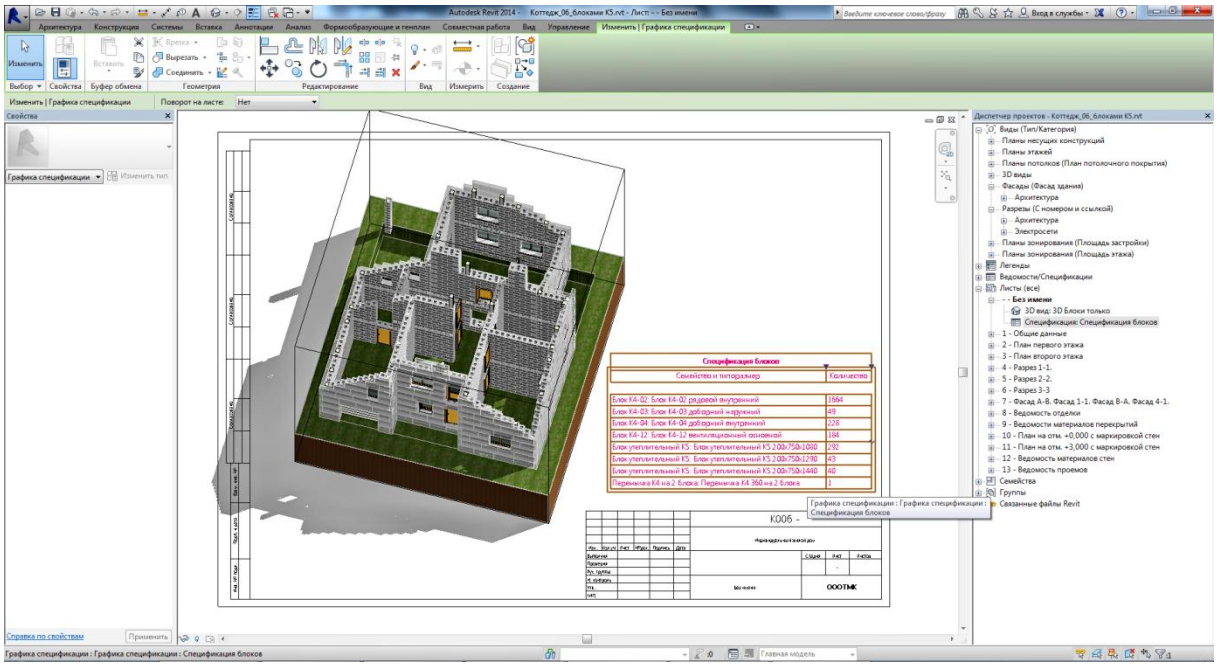


Рис. 7. Формирование спецификаций по наличию объектов в модели.

Сочетание блоков несъемной опалубки с монолитным бетоном сохраняет преимущества обеих технологий в отдельности (стена из блоков и монолитная стена), и устраняет их недостатки. Блоки позволяют быстро и точно выстроить геометрию несущих стен (как наружных, так и внутренних — одновременно), являясь для заливаемого фибропенобетона опалубкой термостатичной. Монолит же, в отличие от полнотелых блоков, позволяет укладывать в стены инженерные коммуникации в момент их возведения.

Применение информационного моделирования при проектировании позволяет формировать спецификации, осуществляя выборку данных из модели, группировку и подсчет итоговых значений (рис. 7). Спецификация может помочь учесть точное количество блоков (для теплоизоляционных блоков — с учетом отпиливаемых от них кусочков). Раскладка блоков может быть оформлена в виде кладочных планов.

Информационное моделирование инженерного обеспечения

Помимо ставшего уже привычным объемного моделирования систем отопления, вентиляции, водоснабжения и электроснабжения, по технологии информационного моделирования выполняются так же и плоские чертежи, такие как принципиальные и функциональные схемы технологические, электрические, автоматизации, охранной и пожарной сигнализации.

На рис. 8 представлен один из листов функциональной схемы автоматизации отопительного котла. На рис. 9 показан фрагмент вида со свойствами компонента схемы, используемые в спецификациях (локальной на листе и общей).

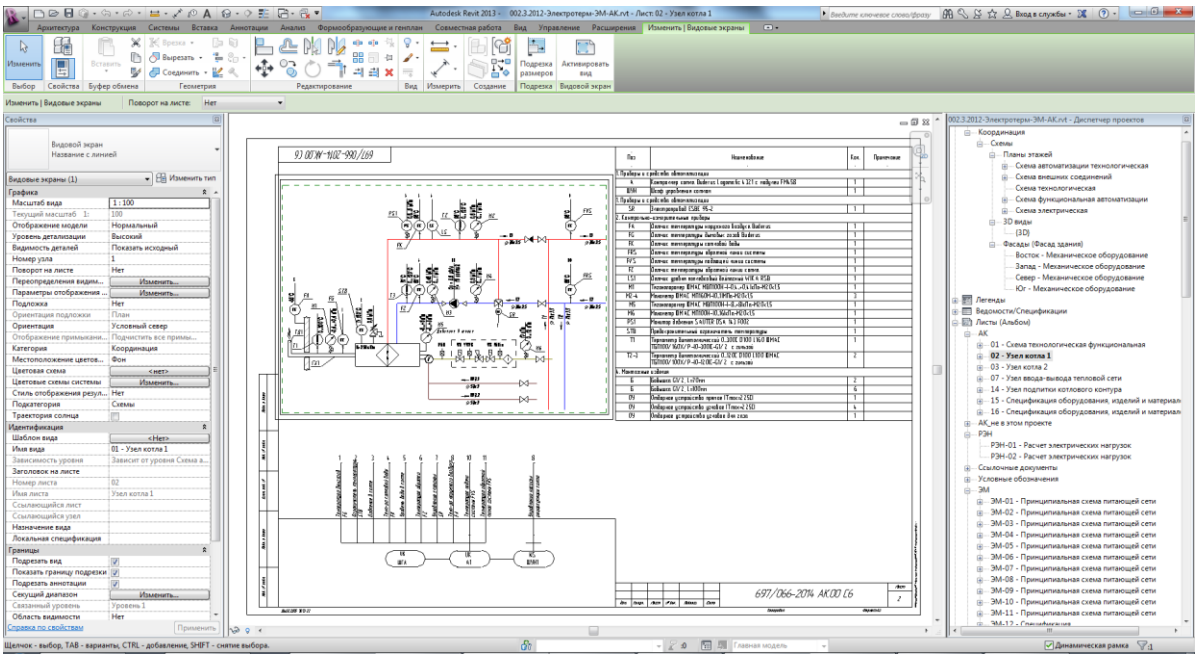


Рис. 8. Схема автоматизации газового котла с применением технологии информационного моделирования. Общий вид листа со спецификацией.

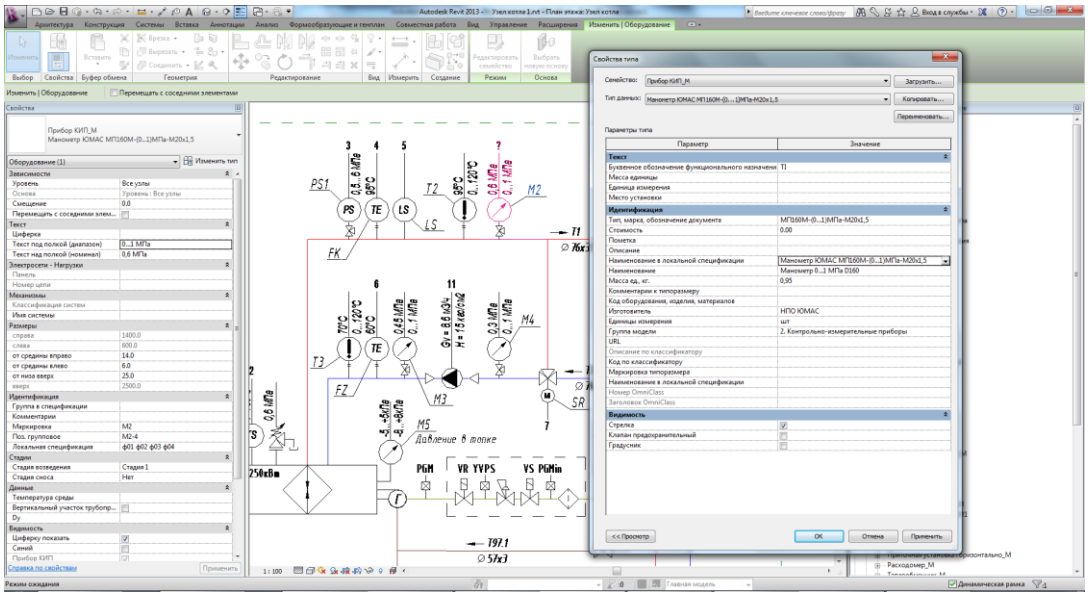


Рис. 9. Фрагмент схемы автоматизации газового котла с применением технологии информационного моделирования. Свойства прибора.

Заключение

Как показало моделирование, разработанная технология строительства пригодна для возведения как малоэтажных, так и многоэтажных зданий. Технология предполагает снижение трудоемкости, а значит, сроков и стоимости строительства.

Литература

1. Козлов И. М. Информационное моделирование при создании блоков несъемной опалубки // САПР и графика. — 2010. — №4. — с.4-10.
2. Симпролит Система // www.simprolit.ru
3. Несъёмная опалубка DURISOL - строительные блоки на основе природных материалов // www.durisol.ru — 2011. — url: http://www.durisol.ru
4. МАРКО - система монолитного строительства // www.kolumb.ru — 2008-2015. — url: http://www.kolumb.ru/marko.php
5. Пахтусов Д.Б., Огородников И.А., Бородулин В.Ю. Диспергированный фибропенобетон оптимальный материал для малоэтажного строительства// Материалы Научно-практической конференции «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 19–20 марта 2013 г. — Новосибирск. — 2013. url: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz/files/S03_Pakhtusov.pdf
6. Наружная теплоизоляция Multipor // www.ytong.ru — декабрь 2013. — url: http://www.ytong.ru/ru/content/multipor_outside_2346.php
7. Изоплита СОТИМ – теплоизоляция из поризованного камня. — ООО «Технологии СОТИМ» г. Старый Оскол, Белгородская обл. — 2009. — url: http://www.fconcrete.com/files/fconcr/useable.doc
8. Козлов И.М. Информационная модель многоэтажного жилого дома. // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ. Тезисы докладов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов 12–16 апреля 2010г.: В 2 томах. Том 2. – МАРХИ, «Архитектура-С», 2010
9. Козлов И.М., Талапов В.В. Применение BIM в исследовании вопросов инженерного оборудования зданий // Сборник трудов международной конференции в Честохове "Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym (Buildings on optymaliset use of energetics potential)" — Изд-во Честоховского политехнического университета, Честохов, Польша — 2011. — С.114–119.

УДК.721+72.02

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАШИВЕРСКОЙ ЦЕРКВИ

Козлова Т.И.
ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск

Требования, предъявляемые к компьютерной реконструкции уникальных исторических объектов, предполагают индивидуальный подход к информационному моделированию в каждом конкретном случае [1]. И всё же существуют общие правила и методики, которые удалось определить, работая с этим конкретным примером.

В качестве непосредственного объекта для моделирования была взята находящаяся ныне в музее под Новосибирском Спасская церковь Нерукотворного образа из Зашиверского острога. Сегодня Зашиверская церковь - единственный сохранившийся в Сибири пример подлинной архитектуры шатровых церквей Московской Руси [2].

Информационная модель церкви создавалась по инициативе автора для дальнейшего использования при исследовании объекта, а также для выполнения текущих работ по ее содержанию, реставрации и реконструкции. Поэтому главной целью моделирования стало не стремление к максимально реалистичному изображению модели и её элементов (визуализации «до каждого сучка»), а в первую очередь разработка конструктивно и содержательно достоверного электронного «дубликата» памятника архитектуры. При этом максимальная реалистичность модели здания тоже достигалась, но она становилась одним из многих результатов проделанной работы – создания информационной модели Зашиверской церкви.

Другими словами, в полном соответствии с концепцией BIM, готовая модель должна содержать не только комплексную исследовательскую информацию об архитектурно-художественных особенностях объекта, но и его количественные характеристики, описывающие состояние здания вплоть до каждого конкретного элемента, и допускающие возможность их всестороннего наполнения с оследующей корректировкой в результате регулярно проводимых обследований.

Компьютерное моделирование памятников архитектуры давно уже вызывает повышенный интерес у историков, архитекторов и реставраторов. Но прежние методы, в значительной степени определяемые «визуализационной» идеологией и возможностями программного обеспечения, фактически были компьютерным макетированием, воссоздающим лишь форму (геометрию) исследуемого объекта. Информационная же модель – это в первую очередь контейнер для хранения, накопления и обработки информации о памятнике.

Вся история Зашиверской церкви, включая ее появление, существование и переезд, а также планы по дальнейшему использованию, показывали, что надо создавать не просто модель здания, а информационную модель объекта музейного хранения. Точнее, информационную модель здания и объекта хранения одновременно. Такое понимание главным образом и определило методику моделирования. Пришлось отбросить те применявшиеся нами ранее для памятников каменной архитектуры подходы, которые больше подходили для возведения (проектирования) зданий, и рассматривать это сооружение двояко: и как единое здание, и как «множество элементов» — набор должным образом расположенных маркированных брёвен, брусков и досок, из которых оно было собрано [3].

Маркировка производилась в соответствии с уже имевшимися маркировочными чертежами, выполненными второй экспедицией 1971 года, и проекта реставрации здания 1981 года, содержащем новые вставки [4]. Причём эти два совершенно разных

подхода надо было реализовывать одновременно! Исходя из такой необходимости, мы посчитали единственно правильным при информационном моделировании Зашиверской церкви повторить путь восстановления здания после его перевозки на новое место в Академгородке.

Такой подход к моделированию памятников архитектуры дает дополнительные и весьма существенные преимущества перед «обычным» компьютерным макетированием — он позволяет паспортизовать все элементы, из которых состоит здание, индивидуально отслеживая затем их состояние.

Итак, при моделировании был полностью повторен путь сборки памятника на месте хранения после его перевозки из Якутии. В частности, заложенная в модели этапность соответствует очередности произведённых реставрационных работ по сборке памятника в точности до каждого бревна и элемента (рис. 1, 2).

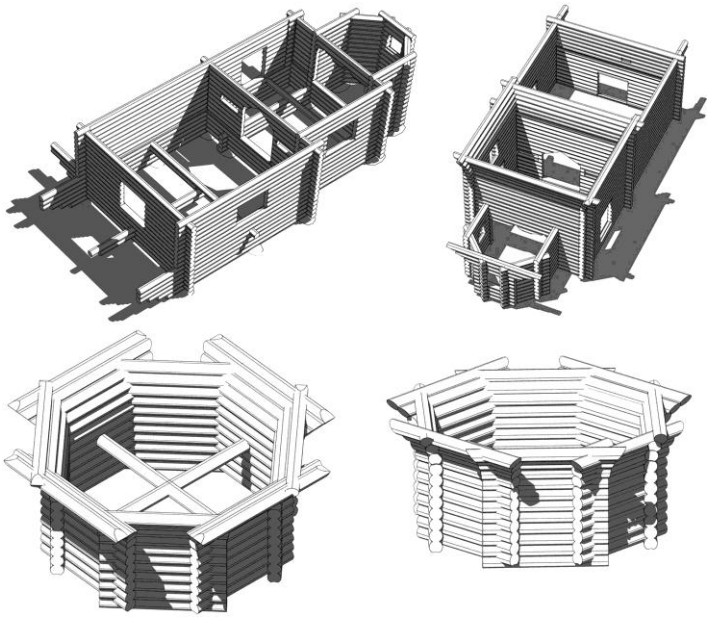


Рис. 1. Конструктивные виды сруба церкви от пола до перекрытия, от перекрытий до повала, восьмерик сруба.

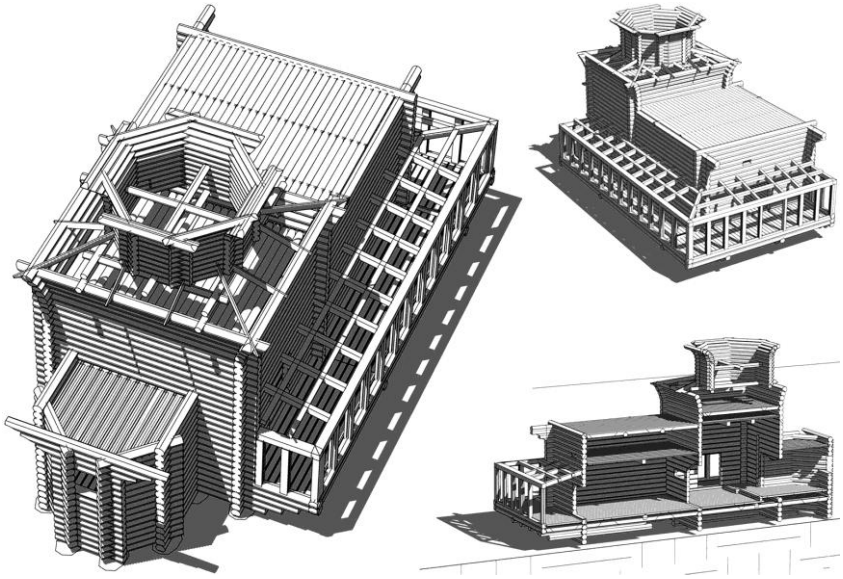


Рис. 2. Конструктивные виды сруба церкви с установленным восьмериком.

Для создания окон и дверей использовалась разработанные заранее на основе обмеров библиотечные элементы, которые связывались с фрагментами окружающего декора. Таким образом, например, при установке окна одновременно в модель вносятся и связанные с ним подоконники, наличники,

Моделирование главок и шеек с крестами шатра и алтарного прируба было определено как отдельный этап работ, к которому пришлось подойти особенно скрупулезно. Во-первых, необходимо было всё сделать конструктивно правильно (хотя это замечание относится и ко всей модели). Во-вторых, эта часть модели получилась самой сложной из-за особенно большого числа декоративных элементов (рис. 3).

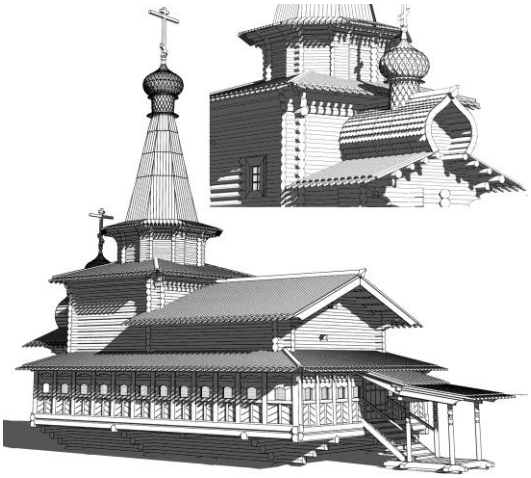


Рис. 3. Общий вид модели Зашиверской церкви.

Выполненное постадийно моделирование процесса реставрационных работ и полученная при этом модель дают возможность не только отслеживать и управлять изменениями состояния конструкций, множеством связей и отношений в модели, но также проектировать дальнейшие работы с объектом и комплексно управлять их ходом (рис. 4).

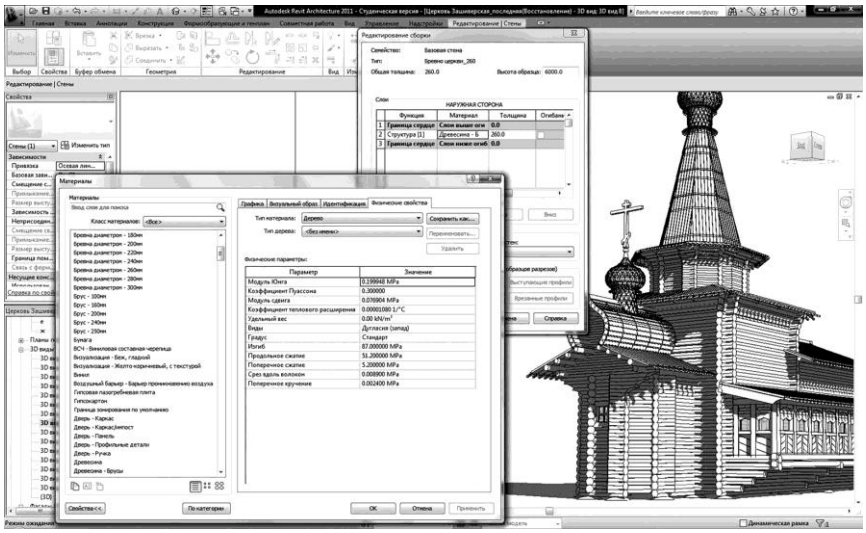


Рис. 4. Таблица свойств материалов для каждого элемента модели Зашиверской церкви, в которую заносятся данные натурных обследований.

Проведенная работа показала, что моделирование памятников архитектуры с использованием технологии BIM - задача вполне выполнимая, а получающиеся при этом модели весьма удобны для хранения, обновления и использования актуальной и исторической информации об объекте. Даже с учётом того обстоятельства, что современные программы информационного моделирования не рассчитаны первоначально на работу с такими объектами, а больше приспособлены к проектированию новых зданий и сооружений.

Также становится понятным, что эффективное информационное моделирование исторических зданий уже сегодня должно иметь как минимум две разные методики

работы, которые условно можно назвать «традиционной» (главным образом для кирпичных и каменных зданий) и «дискретной» (для деревянных и других «разборных» сооружений). Выбор и применение этих методик зависит прежде всего как от характера решаемых задач, так и от самого памятника архитектуры и технологии работы с ним (особенностей его обслуживания и хранения).

Применение «традиционной» методики моделирования весьма близко к обычному проектированию. «Дискретная» же методика является более сложной и ресурсоёмкой, но даёт лучшие результаты, позволяя индивидуально отслеживать каждый составной элемент здания.

Модели Зашиверской церкви крупно повезло – практически сразу после создания основной части она стала своеобразным «культурным мостиком» между эпохами. Дело в том, что примерно в то же время, когда шли наши опыты по моделированию, в Новосибирске началось строительство деревянной Церкви в честь иконы Спаса Нерукотворного образа, которая по замыслу авторов должна стать церковью-памятником сибирским первопроходцам. Вполне естественно, что многие её внешние формы, хотя и в других пропорциях и размерах, были позаимствованы у Зашиверской церкви.

Но информационная модель Зашиверской церкви стала не только источником стилевых элементов для нового храма. С её помощью (после некоторой доработки) был проведён анализа конструкций устройства шатровой части новостройки для последующего её воспроизведения строителями. Результатом проведённой работы стала также возможность наглядного представления стыковки брёвен в прочную самонесущую конструкцию, что оказалось весьма полезным для работающих на возведении церкви строителей-добровольцев, не имеющих должного опыта создания деревянных объектов (рис. 5).

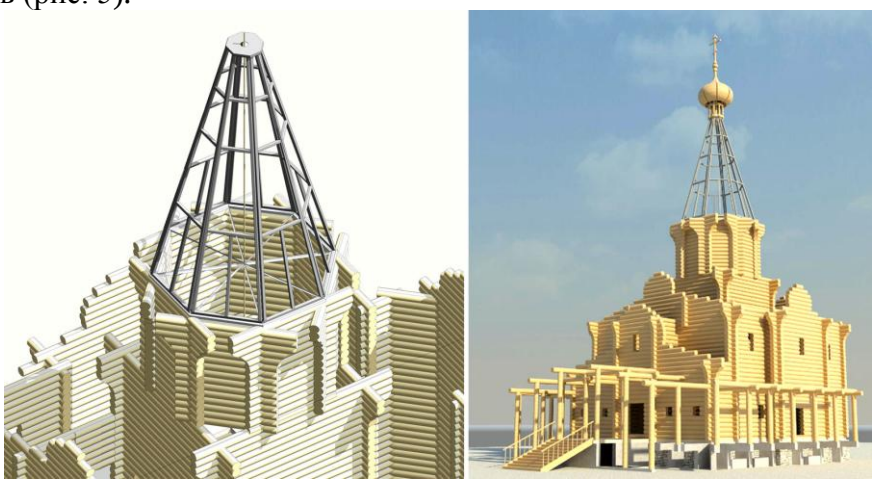


Рис. 5. Модель металлического каркаса купола строящейся церкви.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.
2. Окладников А.П., Гоголев З.В., Ащепков Е.А. Древний Зашиверск. М.: «Наука». 1977.
3. Козлова Т.И. Информационная модель недвижимого объекта культурного наследия как новый инструмент работы в музеефикационной практике.// Вестник Томского государственного университета. История. 2013, 3(23), с. 33-37.
4. Материалы архива НПЦ г. Новосибирска по сохранению историко-культурного наследия. № П-156. Проект реставрации «Спецпроектреставрация». Шифр 605-1. Историко-архитектурный музей под открытым небом СО АН СССР в городе Новосибирске. Памятник архитектуры XVII века Спасо-Зашиверская церковь.

УДК.721+72.02

«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ» ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА

Куликова С.О.
ООО «Интеграл Консалтинг», г. Новосибирск

В России за её многовековую историю деревянное зодчество было доминирующим, так что при исследовании памятников архитектуры неизбежно встаёт задача повышения технологичности информационного моделирования [1] деревянных сооружений. Поскольку все деревянные строения имеют в своей основе некоторый протяженный элемент «бревно», то решение задачи повышения технологичности моделирования предполагает создание библиотеки многопараметрических («интеллектуальных») брёвен, наиболее подходящих для тех или иных конструктивных ситуаций и позволяющих быстро получать конкретный деревянный элемент памятника архитектуры.

При этом надо отметить, что проблема, требующая для своего решения из-за большого объема работы именно наличия «интеллектуальной» библиотеки элементов, уже давно встала «в полный рост». Например, при массовой обработке через моделирование сохранённой информации о памятниках деревянного зодчества из зоны затопления Богучанской ГЭС [2].

Конечно, было бы весьма заманчиво просто создать одно «интеллектуальное» бревно, в которое затем вводить в качестве параметров диаметры на концах, геометрию сечения, размеры и положение всевозможных врезок, другие характеристики, и получать итоговый элемент правильной геометрии.

Но пользоваться таким «умным» элементом, рассчитанным на все случаи жизни, было бы крайне неудобно. Более разумным представляется создать библиотеку специализированных «интеллектуальных» элементов. Но для этого надо основательно изучить технологию самого деревянного строительства в России в разные периоды, а также определить разумный уровень этой самой специализации (рис. 1).

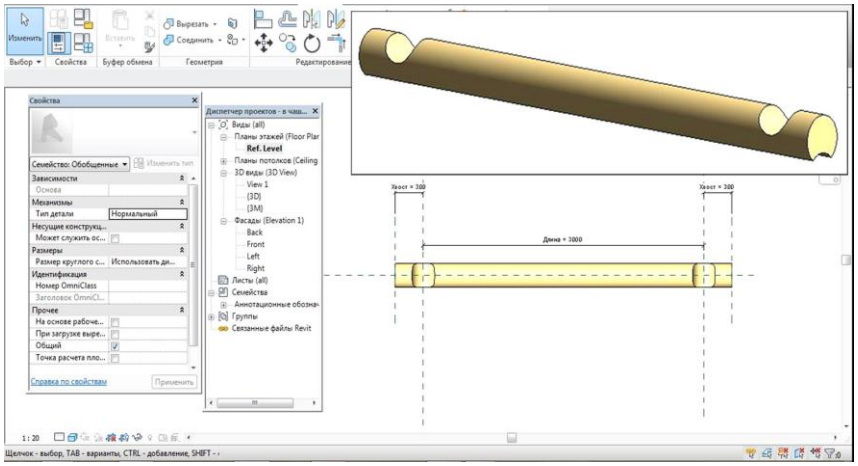


Рис. 1. Моделирование «специализированного» бревна в программе Autodesk Revit.

Деревянное зодчество Восточной Сибири представляет собой огромный пласт архитектурно-исторического наследия, хранящего традиции и отражающего народную культуру России, и исследования этого удивительного региона в разное время планомерно велись многими учеными. Однако во второй половине XX века ситуация резко

обострилась: по берегам Нижней и Средней Ангары началось проектирование и строительство целого каскада гидроэлектростанций.

При строительстве первых трех из семи предполагаемых ГЭС ангарского каскада из зоны затопления был вывезен ряд памятников деревянной архитектуры: жилые и хозяйственные постройки, а также уникальные культовые и оборонительные сооружения. На основе этих объектов были созданы архитектурно-этнографические музеи: «Ангарская деревня» в Братске и «Тальцы» в Иркутской области.

В 2012 году завершилось строительство четвертой, Богучанской ГЭС, что привело к безвозвратной потере огромного количества образцов деревянного зодчества, поскольку в зону затопления, подтопления и берегопереработки попало 29 населенных пунктов.

Конечно, перед этим несколько лет в меру сил проводились исследовательские экспедиции в район будущего затопления, в том числе силами Института археологии и этнографии СО РАН и кафедры Истории архитектуры и основ проектирования ИрГТУ, целью которых было натурное обследование объектов застройки, выявление ценных объектов деревянного зодчества и их научная фиксация для последующего спасения посредством переноса [3].

Особый интерес для исследования представляла деревня Ёдарма - достаточно крупное поселение Приангарья, основанное в первой половине XVIII века, сохранившее на момент экспедиций планировочную структуру. Наиболее интересным объектом здесь был усадебный комплекс Зарубина, состоявший из десяти различных построек: амбара, бани, жилого дома и зимовья, двух навесов, скотника-сеновала, собачника, уборной и ворот.

В настоящий момент почти все постройки из зоны последнего затопления утрачены, у нас остались лишь обмерные чертежи работавших экспедиций и небольшое количество материалов с разборов.

Поэтому довольно остро встаёт задача дальнейшего хранения, исследования и визуализации этих материалов, в том числе в форме создания виртуального музея, а также физического воссоздания (в основном в виде новоделов), деревянной строений из зоны затопления Богучанской ГЭС.

Главной задачей настоящей работы было информационное моделирование строений из зоны затопления Богучанской ГЭС по приведенной ниже схеме (рис. 2).

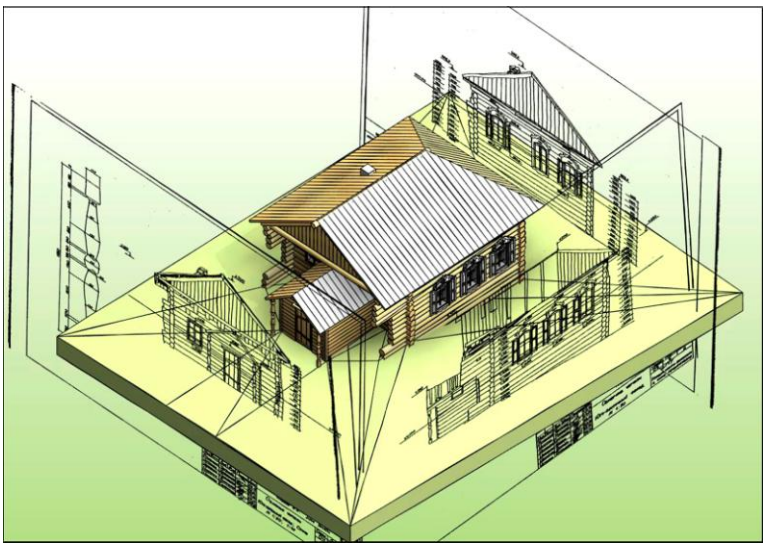


Рис. 2. Построение модели жилого дома из усадьбы Зарубина на основе обмерных чертежей. Работа выполнена в программе Autodesk Revit, 2014.

Однако главным в этой работе было предварительное проведение исследований и создание «интеллектуальных» элементов для моделирования. Например, в разработанных для этого случая библиотечных элементах предусмотрена возможность изменять длину бревна, радиус, расстояние от края бревна до чаши. В зависимости от введенных данных также меняются размер чаши, размер вырубки нижней части бревна, местоположение и размер отверстий для шипов, скрепляющих верхнее и нижнее бревно по длине (рис. 3).

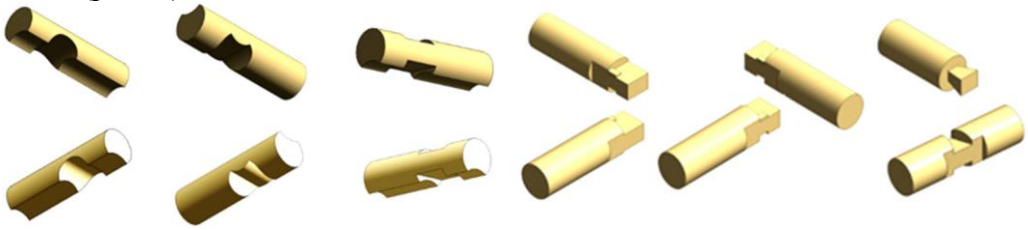


Рис. 3. Моделирование различных видов соединений сруба, слева направо: охлоп в полдерева, охлоп с заоваленным гребнем, в охряп, простая «лапа», «лапа с присеком», соединение внутренней стены с наружной «в полдерева».

Бревна для оконных венцов смоделированы с чашей только с одной стороны, поскольку другой конец бревна крепят на шип. Это сделано для того, чтобы впоследствии располагать информацией о типах и количестве брёвен с их точными габаритами (важность такой информации для восстановления памятника архитектуры трудно переоценить).

Отдельно моделируются простенки. А заполнение оконных проемов представляет из себя сложносоставной элемент библиотеки, в который вложен другой элемент – ставни.

Таким образом, разработанные «интеллектуальные» элементы позволяют получать широкий набор типоразмеров в зависимости от множества параметров. А наличие различных декоративных элементов позволяет создать некую библиотечную базу определенного стиля, которая может быть широко использована как при физическом воссоздании объекта, так и для изучения самого этого стиля. В совокупности же это всё составляет основу для создания информационной модели памятника деревянного зодчества (рис. 4).



Рис. 4. Информационная модель усадьбы Зарубина. Объемный разрез амбара.

В результате мы получаем возможность не только воссоздавать (виртуально или в виде новоделов) постройки старых сибирских мастеров, но и использовать с помощью технологии BIM их веками накопленные знания и навыки в современном деревянном строительстве (рис. 5).

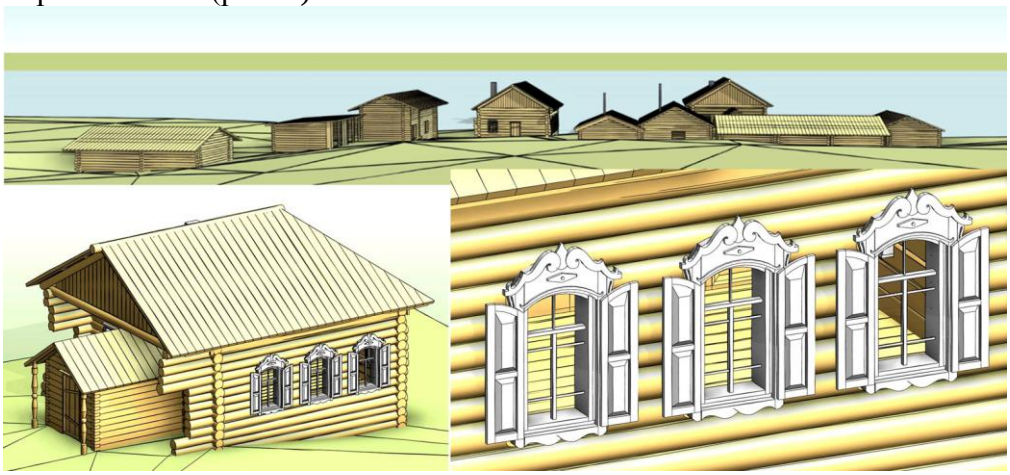


Рис. 5. Общая модель усадьбы Зарубина состоит из информационных моделей отдельных её элементов.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.
2. Аникеева С.О. Об опыте использования технологии BIM для музеефикации деревянных памятников архитектуры / Аникеева С.О. // Вестник ТГУ. Культурология и искусствоведение. – 2014. – №1 (13). – С. 31–36.
3. Чертилов А. К. Объекты народного деревянного зодчества в зоне затопления ложа водохранилища Богучанской ГЭС. Иркутская область, Усть-Илимский район, деревня Ёдарма // Проект Байкал. Архитектурный журнал. 2012. 15 мая. URL: http://www.pribaikal.ru/ architecture-item/article/14588.html

УДК.621.31:728

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Оселедец Е.Ю., Беспалов М.С., Петрова Е.А.
ООО Проектное бюро "Центр Экологических Инициатив", г. Москва

ООО Проектное бюро "Центр Экологических Инициатив" более 16 лет занимает одну из лидирующих позиций на российском рынке услуг экологического проектирования.

В связи с интенсивным развитием в России информационного моделирования специалисты компании поставили перед собой задачу: поднять процесс разработки экологической документации на новый уровень, а именно, по скорости и точности расчетов. Ранее все расчеты проводились вручную, с помощью Microsoft Excel, либо с помощью малоэффективных сторонних прикладных утилит. В связи с этим процесс затягивался во времени и требовал постоянного скрупулезного контроля рутинных математических расчетов со стороны наших специалистов. Теперь предполагается брать исходные данные из информационной модели, что значительно упрощает и ускоряет подготовку экологической документации.

В рамках этой статьи мы рассмотрим решение специалистами компании задачи моделирования теплообмена в здании типового деревообрабатывающего цеха для расчета потерь энергии в строительных конструкциях и соответствующих инженерных сетях. При этом основной целью являлось изучение возможности применения BIM-программ для расчета по российским методикам. Специалисты ООО ПБ ЦЭИ для исследований применяли Autodesk Revit.

Таким образом, в рамках эксперимента проведен расчет потерь тепла в вытяжной вентиляционной системе местного отсоса от деревообрабатывающих станков в зимний (отопительный) период. Пылегазовоздушная смесь от источника выделения подается в воздуховод соответствующей производительности и далее на газоочистную установку типа «Циклон».

При такой схеме работы потери тепла помещения определяются разностью удельных энергий воздуха внутри помещения и наружного воздуха, который неизбежно подается через приточную вентиляцию. При этом часть энергии теряется за счет потока тепла через стенки воздуховода.

Величина потерь энергии рассчитывалась по формуле:

$$\Delta Q = W \times \rho_{возд} \times C \times t_{раб} \left(T_{\text{int}} - T_{out}\right), \text{ Дж} \quad (1)$$

W - объемный расход воздуха, м^3/с

$\rho_{возд}$ - плотность воздуха, кг/м^3

C - теплоемкость воздуха, Дж/(кг · ºС)

$t_{раб}$ - время работы, с

T_{int} - температура воздуха в помещении или на входе в вентиляционный канал, ºС

T_{out} - температура наружного воздуха (атмосфера), ºС

Потери тепла за счет утечки тепла через стенки вентиляционной системы оценивались по приближенной формуле:

$$\Delta Q_{ТП} = \alpha \times S \times (T_{средн} - T_{out}) \times t_{раб} \qquad (2)$$

α - коэффициент теплопередачи между потоком газа в воздуховоде и атмосферой, Вт/(м^2 · ºС);

S - площадь стенок воздуховодов, вне здания, м^2;

$T_{средн}$ - средняя температура в воздуховоде, ºС.

Коэффициент теплопередачи через стенку воздуховода рассчитывался известным методом на основе теории подобия, подробно изложенным, например, в книге [1]. Формула (2) может применяться для тонкостенных воздуховодов. Использованный расчет теплопередачи в принципе соответствует формулам раздела 4 документа [2].

Затем был проведен расчет для аналогичной вентиляционной системы с рециркуляцией, которая организована путем отбора воздуха на выходе из «Циклона» и подачей его обратно внутрь помещения на фильтры типа УВП. Эти фильтры предназначены для установки непосредственно около деревообрабатывающих станков и обеспечивают соблюдение санитарных норм на рабочих местах.



Рис.1. Визуализация внутреннего пространства типового деревообрабатывающего цеха

Такая система позволяет минимизировать затраты на тепловую энергию, одновременно сохраняя удобство по сбору стружки и опилок в бункеры для последующего вывоза автотранспортом. При этом энергосбережение сопровождается решением экологической задачи по уменьшению выбросов пыли в атмосферу. Кроме того, отделение мелких фракций дает возможность уменьшить загрязнение атмосферного воздуха при перевозке и дальнейшей утилизации древесных отходов.

В ходе эксперимента были предварительно построены и прилинкованы архитектурная и МЕР модели исследуемого здания деревообрабатывающего цеха.

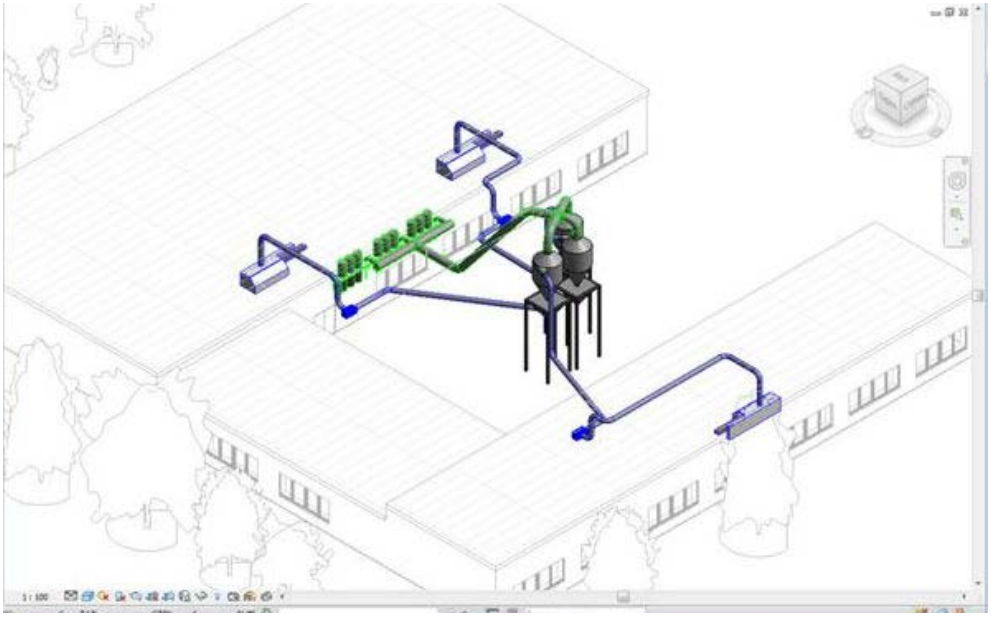


Рис.2. Инженерная информационная модель (MEP)

Для оценки потерь тепла оказалось нецелесообразным использование Autodesk Revit MEP, так как при этом ограничиваются возможности моделирования нестандартного оборудования, несоответствующего базе данных системы ASHRAE. Поэтому для решения поставленной задачи в ООО ПБ ЦЭИ была разработана специализированная программа - модуль расчета потерь тепла в воздуховодах, реализованная на C#, которая в качестве исходника берет данные MEP-модели Autodesk Revit и проводит расчеты потерь тепла по российской методике. Также можно прочитать данные MEP-модели любой BIM- программы.

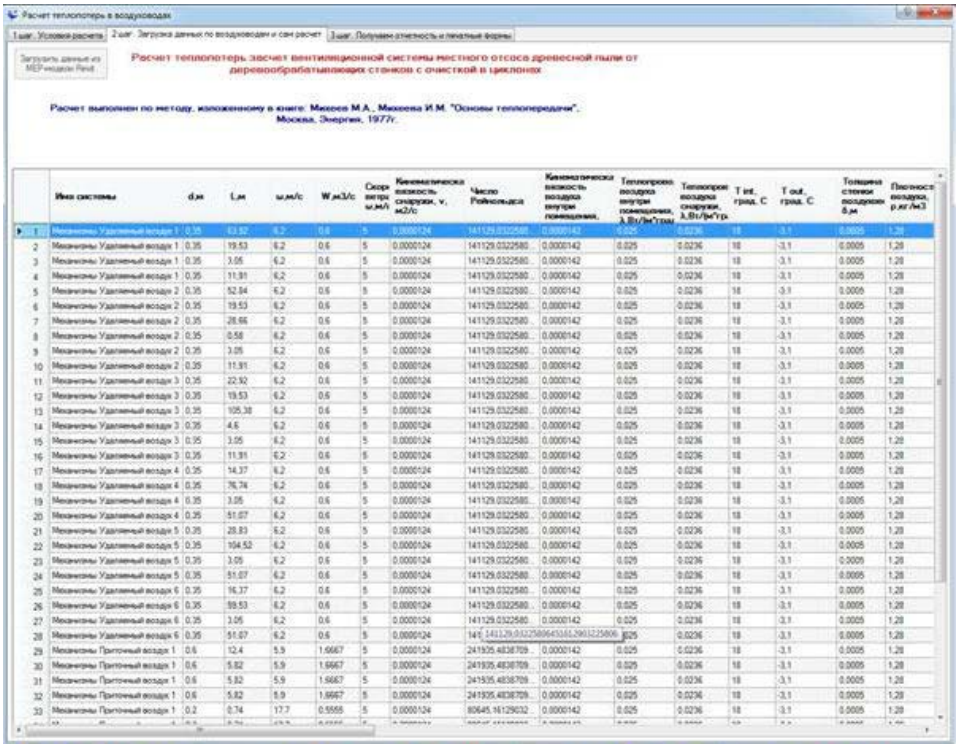


Рис. 3. Исходные данные из MEP-модели для модуля расчета потерь тепла в воздуховодах.

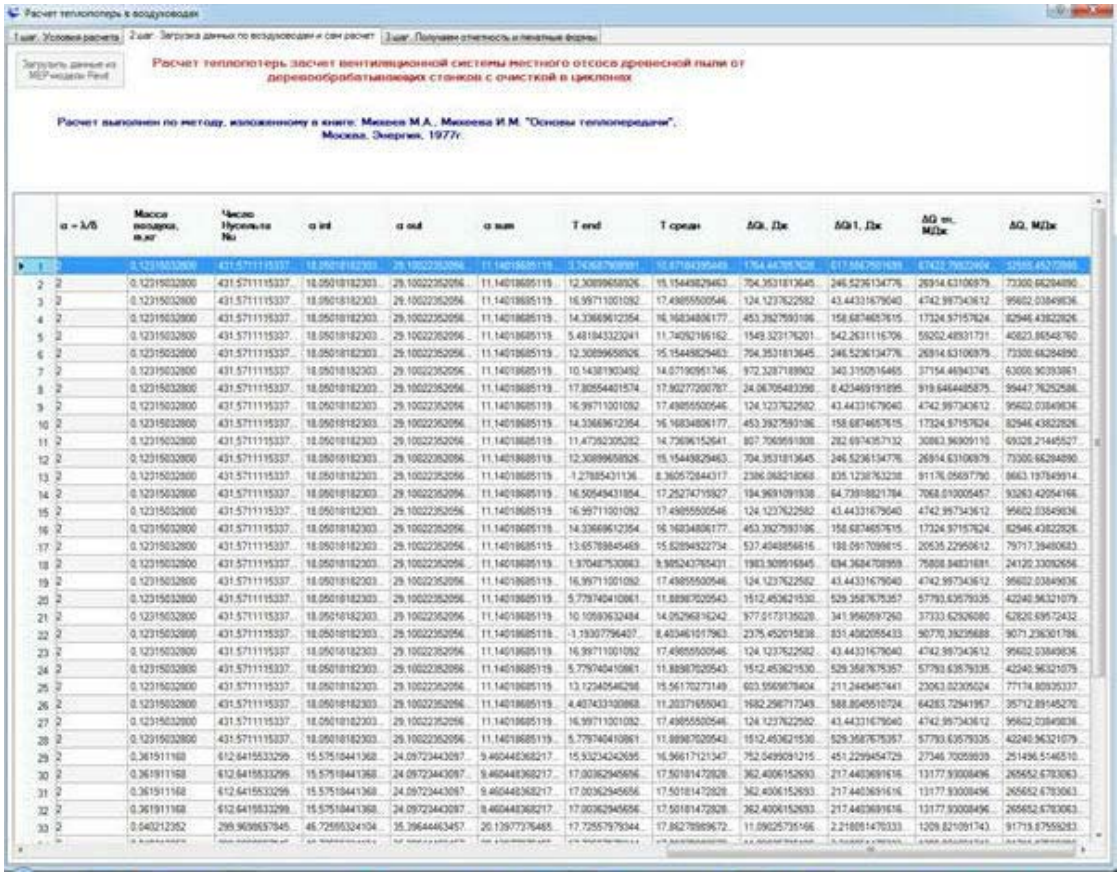


Рис. 4. Некоторые расчеты по МЕР-модели.

Таким образом, расчет, проведенный с помощью модуля расчета потерь тепла в воздуховодах (44 участка), был получен за несколько секунд и показал, что организация рециркуляции позволяет снизить затраты на отопление на заметную величину. Для старых плохо утепленных зданий не менее, чем на 11%. Для современных энергоэффективных зданий экономия может составить более 20%.

Литература

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. - Москва.: «Энергия», 1977.
2. ASHRAE® HANDBOOK FUNDAMENTALS. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2009.

УДК 657.471:693

СМЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Палкин О.А.
ООО "ГосСтройСмета-Алтай", г. Барнаул

Говоря о возможностях и подходах при составлении сметной документации с использованием технологий информационного моделирования необходимо обозначить, с чем мы имеем дело. Общая информационная модель несет в себе две независимые модели. Одна, назовем её аналитической, это та часть информационной модели, которая считывается каким-либо иным программными приложениями и позволяет получать нужную нам информацию, независимо от того, сметные это данные или физические характеристики, например, теплоэффективность, которая зависит от множества факторов. К этим факторам относятся: нагрев объекта от солнца, обтекание его потоком воздуха, охлаждающее и деформирующее здание и т.д. От совокупного их влияния принимается решение о рациональности использования тех или иных материалов и конструктивных решений. При учете всех влияний не обойтись без модели для проектируемого объекта, учитывающей параметры здания, особенности топографии и ландшафта, поскольку деревья оказывают порой даже большее влияние, чем здания. Другую часть модели можно назвать физической, фактически это ее визуальная часть.

От того, какая из этих частей модели выбирается за основу, определяется метод, который будет использоваться при выгрузки объемов работ для составления сметы. Рассмотрим самый простой случай в виде визуальной модели объекта, для которого делается расчет стоимости работ вне зависимости от того, новое это строительство или ремонт.

Самый простой способ это сформировать ведомость материалов, или спецификацию с площадями и объемами. Возможно, этого будет достаточно. Наибольший интерес представляет модель, в которой при ее разработке все необходимые элементы помечены для выноски и обеспечены информацией по спецификации для составления сметы. Речь идет о пометках чисто сметного характера. Эту часть можно обозначить, как ТЕР. Информация должна быть организована так, чтобы её можно было считать несколькими сметными программами. В ближайшее время планируется каждому элементу модели и каждому семейству присвоить так называемый код классификации, который будет считываться другими программными приложениями, причем они будут даваться как шаблоны.

Рассмотрим, что собой представляет алгоритм и для чего он нужен. Представим здание из четырех стен 10х10м. с толщиной стены 640мм, т.е. 2,5 кирпича. Попробуем представить смету на это здание. Объем кладки стен вычисляется стандартно. Теперь возьмем площадь стен для покраски. Площадь фасада всегда больше площади внутренней поверхности стен. В квадратном здании все просто и понятно, но если необходимо добавить несколько примыкающих перегородок с различными комбинациями расценок, то расчет усложняется и существенно возрастает вероятность ошибок. Например, стена частично окрашена, частично оклеена плиткой или обоями. Некоторые расценки, например огрунтовка, попадают и в обе части работ, а может в одной из частей огрунтовка делается на 2 раза, или уже содержится внутри расценки. Вот для этих комбинаций и разработаны эффективные алгоритмы для выгрузки сметных данных.

Из практики известно, что гораздо чаще требуется нарисовать модель уже под какую-то конкретно поставленную задачу. В этом случае все гораздо проще. В этом случае делается, так называемая, «серая» модель. Это модель упрощенная и содержит только то, что необходимо для поставленной задачи. В данном случае это объемы работ и расценки. Такую работу нам приходилось выполнять при расчетах ремонтных работ на краевом театре драмы им. В.М.Шукшина. Здание имеет сложную архитектуру с криволинейными формами, всевозможными рустами и художественными формами. Даже для просто наклонных переходов в разных уровнях составить смету не просто. Задача, как правило, усложняется ограниченным наличием средств и желанием использовать их наиболее оптимально. Для информационного проектирования все просто. Делается «серая» модель и составляется перечень того, что необходимо отремонтировать.

При использовании физической модели возникает «ручной» ввод данных по объемам при выборе участков ремонта. Если разработатна динамичная модель, сделанная специально под задачу, то выбрать помещения которые вы можете, допустим, побелить на 300 тысяч, для вас труда не составит. И еще не маловажный момент, проверяющие очень любят видеть не просто голую дефектную смету из цифр, а дополнительно графическое отображение объемов и места работ.

Переходя к теме малоэтажного домостроения, хочется отметить следующее. Большинство основополагающих положений о малоэтажном строительстве были разработаны десятилетия назад, когда застройщик строил дом для своей семьи и не мог его продать, пока не проживал в нем определенное количество лет. Сегодня малоэтажное домостроение вполне солидная коммерческая отрасль. По экспертным оценкам не меньше половины малоэтажных домов строят из коммерческих интересов. Причём строят все: и строители, прошедшие обучение, получившие допуск и необходимые виды страховок, и просто думающие, что умеют строить, и просто вкладывающие свободные на сегодня деньги, которым строят не понятно кто. Для того, чтобы получить разрешение на строительство малоэтажного дома сегодня не нужно проекта в форме рабочей документации, но часто не нужно даже эскизного проекта. Достаточно на плане обозначить границы строения.

Между тем, малоэтажные дома становятся все выше, замысловатее, все чаще используются монолитные перекрытия, несущие элементы не заводского изготовления, а изготовленные на месте, например лестницы. А лестница относится к 1 и 2-му уровням ответственности. На ее изготовление и монтаж нужен допуск. Часто обследование частных домов выявляет грубейшие нарушения, которые могут привести к обрушениям. Причем часто бывает, что хозяин сам не строил, а просто купил, забыв спросить, а есть ли проект, а был ли на стройке вообще прораб, и вообще, кто-нибудь эту стройку контролировал?

Предложения, как улучшить ситуацию. Если сложно обеспечить двойной контроль, как это делается на подконтрольных технадзору объектах, то возможно обеспечить авторский надзор. Проектная организация в полной мере может и должна контролировать и отвечать за конструктивные решения, их надежность и работоспособность, а также за их правильную реализацию в процессе строительства. Проектная организация обязана приложить к проекту перечень актов, а у застройщика не принимать объект без подписей на актах проектировщика, прораба и заказчика. Как положено. А если эти акты еще будут привязаны к проекту в формате информационной модели, это вообще замечательно. Здесь будет все. И гарантия, и ответственность.

УДК.72+69

О ПРИМЕНЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С СОТОВОЙ СТРУКТУРОЙ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Панчуков Н.А.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

Структуры являются одним из самых интересных видов конструкций. Это обусловлено их внешним видом, формой и механизмами работы сил в ее стержнях, универсальностью, возможностью изготовления на поточных высокотехнологичных линиях, легкостью транспортировки и простотой монтажа [1]. Они могут найти применение в любой области строительства, в том числе и при возведении малоэтажных жилых домов.

Основным достоинством разрабатываемых автором пространственных конструкций с сотовой структурой является возможность придать им любую форму без потери несущей способности. Сама конструкция состоит из двух поясов, нижнего и верхнего. Между поясами, в пространстве, образованном раскосами, достаточно места для прокладки инженерных сетей здания. При отделке обоих поясов они приобретают вид оболочек, что создает эффект термоса.

Рассмотрим несколько вариантов форм таких конструкции и приведем примеры их возможного использования:

Структурная плита. Эта форма является самым простым примером использования конструкции (рис. 1). Она позволяет перекрывать достаточно большие площади, её элементы имеют всего несколько вариантов, что позволяет значительно ускорить и удешевить процесс изготовления и монтажа. Усилия, возникающие в стержнях, предсказуемы и равномерно распределяются от центра конструкции к местам закрепления.

Такую плиту можно использовать не только как перекрытие, но и в качестве основания для здания, например, в районах вечномерзлых грунтов, для предотвращения чрезмерного оттаивания. При этом её важной особенностью является возможность наращивания в любых направлениях.

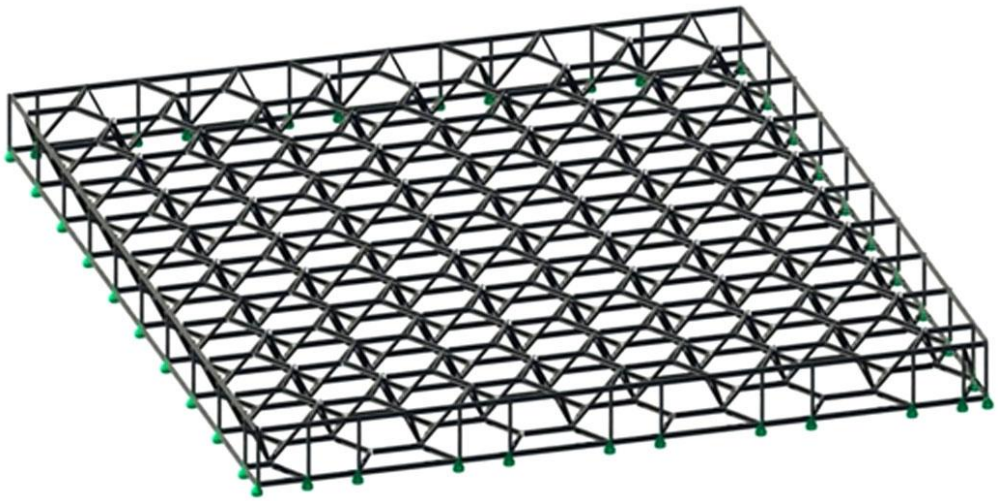


Рис. 1. Модель структурной плиты.

Арочная конструкция. Применение конструкции такой формы значительно экономит материалы и обладает плюсами структурной плиты (рис. 2). Она также может рассчитываться по упрощенной схеме и имеет несколько типоразмеров стержней. Данная форма структуры обладает неплохой энергоэффективностью за счет минимизации площади поверхностей к перекрываемому объему. При покрытии также получается эффект термоса, описанный выше. Как и в первом примере, использование подобной схемы допускает наращивание конструкции, но только в двух направлениях.

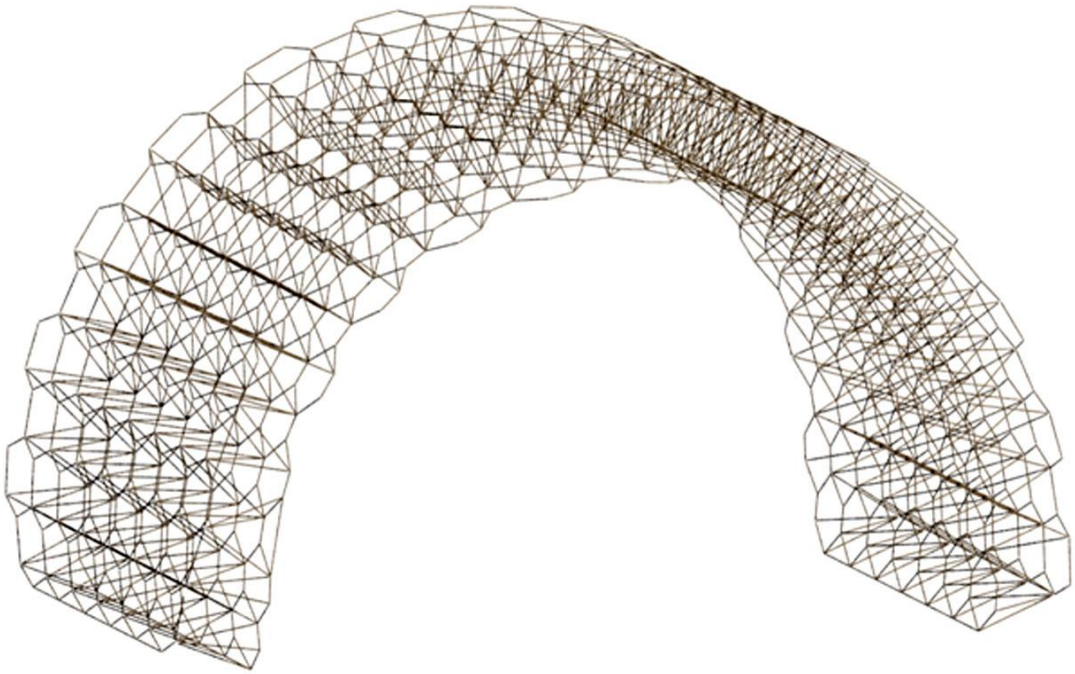


Рис. 2. Модель арочной конструкции.

Обе эти схемы можно адаптировать для применения в малоэтажном жилом строительстве.

Теперь рассмотрим пример, когда необходимо создать модель жилого дома с высоким показателем энергоэффективности для районов с суровыми климатическими условиями и высокими снеговой и ветровой нагрузками. В этом случае:

1) В качестве основания здания можно использовать структурную плиту. Это позволит сэкономить на тяжелых строительных материалах, например, на бетоне. Количество фундаментов для основания будет минимально, изготовление их можно выполнить на заводах и доставить на место, если район строительства не позволяет вести бетонные работы по температурным показателям. Саму плиту также можно изготовить на заводе, доставить по частям и собрать на месте.

2) Ограждающие конструкции здания также можно собрать из структур. Для экономии времени будем использовать четверть **купола**. Такое решение позволяет минимизировать количество типоразмеров элементов и упрощает процесс монтажа конструкции в сборе на посадочные места из-за её относительно небольших размеров. После сборки ограждающих конструкций и обшивки их теплоизолирующими материалами можно приступать к внутренним работам (рис 3).

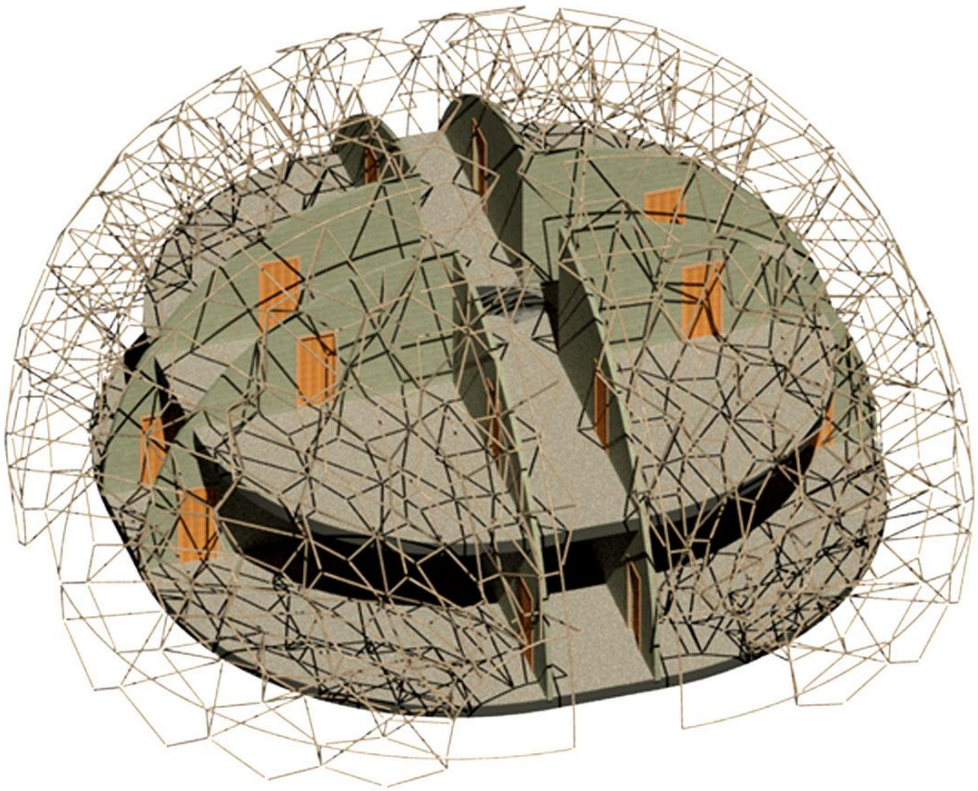


Рис. 3. Модель жилого дома, собранного из четвертей купола.

Основные преимущества данного решения:

1) Экономия временных и материальных затрат на строительство, так как ограждающие и несущие конструкции дома изготавливаются на заводах и собираются на месте.

2) Экономия затрат на обогрев и снижение внешнего воздействия на конструкции здания из-за его формы.

3) Подобные решения, с куполообразной формой, обладают наилучшим показателем компактности.

4) Возможность перекомпоновки и расширения здания в любом направлении за счет добавления арочных секций между двумя половинами здания.

5) Возможность строительства лишь одной половины на начальном этапе с последующим расширением.

6) Замена элементов ограждающих конструкций в любых местах на элементы с оконными проемами или технологическим оборудованием вплоть до элементов с солнечными панелями.

7) Легкость внутренней планировки и перепланировки здания.

Описанная пространственная конструкция с сотовой структурой смоделирована в программе Autodesk Revit и может быть использована при информационном моделировании создаваемых зданий [2].

Литература

1. ЦНИИСК им. Кучеренко ГОСТРОЯ СССР, Рекомендации по проектированию структурных конструкций [обзорный материал] - Москва, 1984 - 416 с.
2. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.

УДК.721+72.02

ТЕХНОЛОГИЯ BIM – МОСТИК МЕЖДУ КУЛЬТУРАМИ РАЗНЫХ ЭПОХ

Талапов В.В.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

Любой памятник архитектуры – это фактически музейный экспонат, только находится он не в закрытом помещении со специальными условиями хранения, а под открытым небом, то есть в агрессивной природной среде, да ещё и может довольно активно эксплуатироваться. И с этими факторами надо считаться, к ним надо приспосабливаться, ими надо научиться управлять. Альтернатива – мы можем остаться без памятников архитектуры вообще (рис. 1).



Рис. 1. Богоявленская церковь в селе Полтога Вологодской области. Построена в 1773 году. Судьба этого сооружения могла быть гораздо лучше, особенно в наш век космических технологий. Фото 2014 года.

Существует наука о музеях – музеология, причем мировая история музеологии насчитывает уже более полутора веков. Для нас же эта наука довольно новая, хотя степени развития музейного дела и работы с памятниками истории и культуры определяют способность нации хранить свою историю и характеризуют культурный уровень страны в целом. Ввиду некоторых «особенностей» финансирования музеев и исторических исследований в нашей стране новейшие компьютерные технологии только сейчас, причём постепенно, начинают приходить в эту область научно-культурной деятельности, но, что очень радует, все они встречаются специалистами с большим энтузиазмом.

Информационное моделирование недвижимых объектов культурного наследия [1] можно упрощенно охарактеризовать как новый подход к вопросу фиксации памятников. Хотя на самом деле BIM здесь даёт намного больше. Фактически информационная модель становится местом и средством не только хранения сведений о памятнике, но и серьезным инструментом при исследовательской работе с этой информацией, а также в учебно-просветительской и коммуникационной деятельности. Эта модель также тесно связана с мониторингом состояния объекта и его возможным использованием (эксплуатацией). Таким образом, информационная модель памятника архитектуры – это не просто его виртуальная копия, а «интеллектуальный контейнер» с взаимосвязанной информацией об этом объекте, объем которого практически не ограничен (рис. 2).

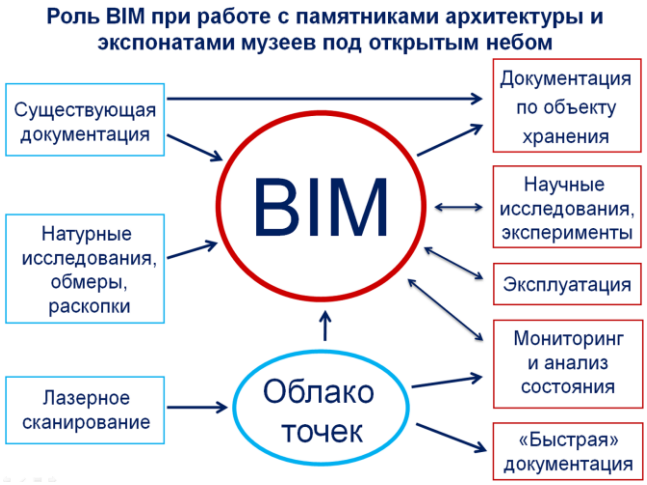


Рис. 2. Общая схема участия BIM в работе с историческими памятниками.

При этом надо помнить, что в современных условиях лучшей технологией получения реальной формы (геометрии) здания является лазерное сканирование, которое становится неотъемлемой частью процесса информационного моделирования памятника архитектуры.

При работе с памятниками архитектуры, особенно если они уже получили статус или становятся экспонатами музеев под открытым небом, появляется ещё одна дополнительная задача – музеефикация, то есть подробное описание этих памятников (вплоть до всех компонентов), с целью как научного исследования, так и поддержания в стабильном состоянии хранения. В этом случае модель памятника архитектуры должна выстраиваться практически поэлементно («по бревнышкам») с подробным описанием свойств каждого такого элемента.

Более того, в дополнение к основным требованиям, предъявляемым к информационным моделям, для памятников истории и архитектуры появляется еще необходимость привязки к объекту целиком или его составным частям исторических документов и ресурсов. Такая добавочная информация может реализовываться либо через атрибуты элементов, либо через добавление в модель текстовых или 2D документов, либо подключением ссылок на интернет-порталы.

Таким образом, информационная модель памятника архитектуры имеет полное право считаться гибридной, объединяющей как фактические геометрические и физические характеристики объекта, так и оцифрованные документально-исторические свидетельства.

При обсуждении роли BIM для исторических объектов очень важным будет и напоминание о том, что в этой области информационное моделирование в явном виде показывает своё «двойное предназначение»: при создании модели памятника архитектуры обязательно появляются библиотечные элементы, которые затем могут использоваться и в современном проектировании и строительстве. А это даёт возможность с гораздо меньшими усилиями объединять стили разных эпох в едином временном промежутке современного строительства, добавляя также в нашу современную практику многовековые наработки прежних поколений, особенно в области деревянного строительства.

Благодаря этому BIM становится уникальным технологическим мостиком между культурой прежних веков и нашей жизнью. Раньше такого сильного инструмента в руках архитекторов и историков не было.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.

УДК.721+72.02

ТЕХНОЛОГИЯ BIM И ПАМЯТНИКИ АРХИТЕКТУРЫ ДРЕВНЕГО КИТАЯ

Чжан Гуаньин (Zhang Guanying)
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

При информационном моделировании [1] памятников архитектуры буддийского Востока, в частности Древнего Китая, возникает необходимость создать библиотеку элементов системы доугун.

Доугун (или доу-гун) – это консольная капитель, переходящая в карниз (в дословном переводе означает «выступ» или «карниз»), является чрезвычайно важным элементом в древней китайской архитектуре (а также в зодчестве Кореи, Японии, многих других азиатских стран, нашего Дальнего Востока). Главная задача доугуна – поддерживать вынос кровли здания, соединяя опорные столбы и балки обвязки ярусов, а также передавать нагрузку от балок и крыши на колонну. Благодаря своему сложному составу и веками отработанной геометрии такие элементы образовывали довольно эластичную конструкцию и существенно снижали вероятность разрушения здания в результате сильного ветра или землетрясения. При этом доугуны ещё и являлись несомненным украшением всех построек того времени.

К началу XII века система доугун уже была хорошо описана и стала даже основой для определения размеров и пропорций зданий. Более того, на её основе появилось руководство по расчёту прочности несущих конструкций.

В основном доугуны выполнялись из дерева, хотя этот материал считался в Китае весьма дефицитным. Последнее обстоятельство определило применение доугунов главным образом для дворцов и храмов и сделало их в дальнейшем не только конструктивно необходимыми, но и высокопрестижными элементами здания.

В более поздние периоды китайская архитектура была ориентирована уже на каменные и кирпичные постройки с черепичными крышами, так что большинство элементов системы доугун из дерева перешло в эти новые материалы, сохраняя стиль и красоту, но частично потеряв функциональность. При этом система продолжала развиваться и совершенствоваться вплоть до начала XX века.

В результате сегодня доугуны – неотъемлемая часть практически всех архитектурных памятников Китая, в стилизованной форме ставшие и модными элементами современного строительства.

Древнекитайская система доугун по своей сути явила миру параметрическую библиотеку базовых элементов, использующихся в объектно-ориентированном проектировании. Поэтому, следуя логике развития доугун, вполне естественным было наше желание:

1). Сделать эту систему древнекитайского зодчества интегрированной в современную технологию BIM.

2). Создать задел для информационного моделирования с целью музеефикации, исследования и управления обслуживанием памятников древнекитайской архитектуры (даже шире – памятников всего буддийского Востока).

3). Адаптировать систему доугун для современной проектно-строительной индустрии.

В результате проделанной работы фактически была создана библиотека параметрических семейств, содержащая все (основные) элементы системы доугун (рис. 1).

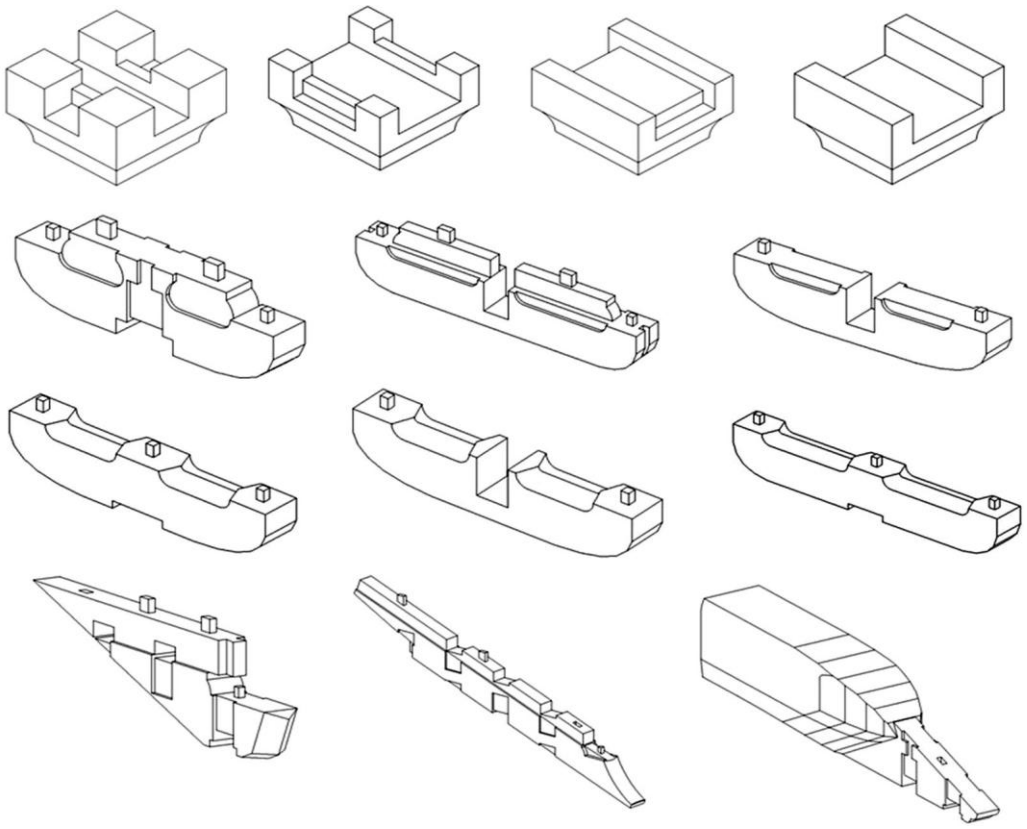


Рис. 1. Некоторые из основных элементов доугун: общий вид.

Основные проблемы, возникавшие при выполнении этой работы, можно условно разбить на две части, но не этапа, поскольку их выполнение шло одновременно:

1) **Изучение первоисточников**. Во-первых, старокитайския язык – на самый простой для чтения. Во-вторых, дошедшие до нас описания элементов системы доугун часто состояли из одного плоского чертежа весьма неважного качества и текстового разъяснения к нему. В третьих, советоваться было практически не с кем.

2) **Создание библиотечных элементов**. Оно требовало хорошо разработанной стратегии моделирования, полного понимания взаимодействия элементов системы и хорошего владения компьютерным инструментарием. При этом объём работы был не только очень большой, но и возрастал по мере нашего понимания.

Для выполнения задуманной работы оставался единственно возможный путь – делать всё одновременно. В этом случае трёхмерное моделирование помогало нам понять взаимодействие элементов системы доугун, а каждый успех в прочтении первоисточников добавлял осмысления в моделирование.

В результате на сегодняшний день основная часть работы уже проделана – создано несколько сотен параметрических семейств элементов системы доугун, содержащих более 50 000 типоразмеров, и пополнение библиотеки продолжается. Но самое главное – создана некая схема, по которой теперь могут работать уже многие специалисты.

По понятным причинам основным языком, на котором выполнялась эта работа, стал китайский. Но библиотечные элементы можно напрямую использовать в любой локализованной версии Autodesk Revit.

Следующим и вполне логичным шагом после создания библиотеки элементов стала проверка этих параметрических семейств на практике. Для моделирования было решено взять храм Шенмудянь – действующий памятник деревянного зодчества Китая,

имеющий возраст более 900 лет. На выбор именно этого объекта повлияла не только его историческая значимость, но ещё и то обстоятельство, что при его построении использовались доугуны разных типов (двух уровней цай) в зависимости от яруса здания (рис. 2).

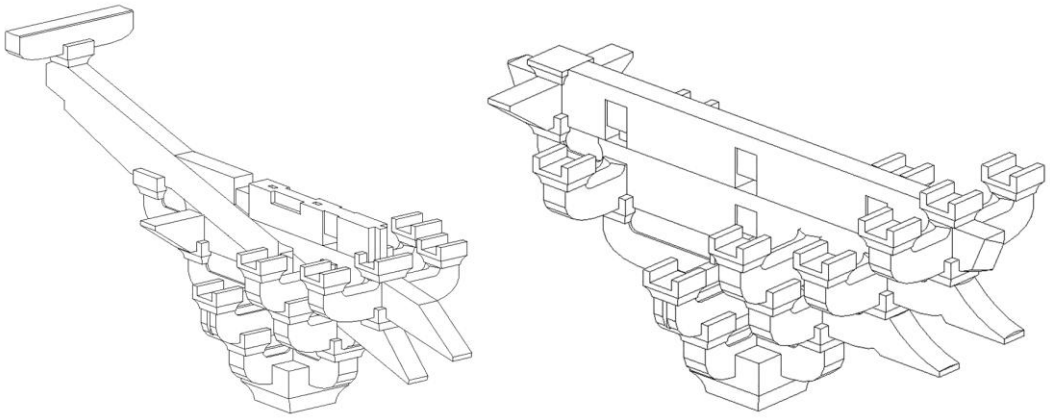


Рис. 2. Различные типы доугунов на балках под нижней и верхней крышами храма Шенмудянь.

Естественно, здание храма Шенмудянь состоит не только из доугунов, так что при его моделировании пришлось создавать семейства и других конструктивных элементов. Последнее, впрочем, после работы с доугунами большого труда уже не представляет, но всё равно дополнительно обогатило библиотеку элементов древнекитайского зодчества (рис. 3).

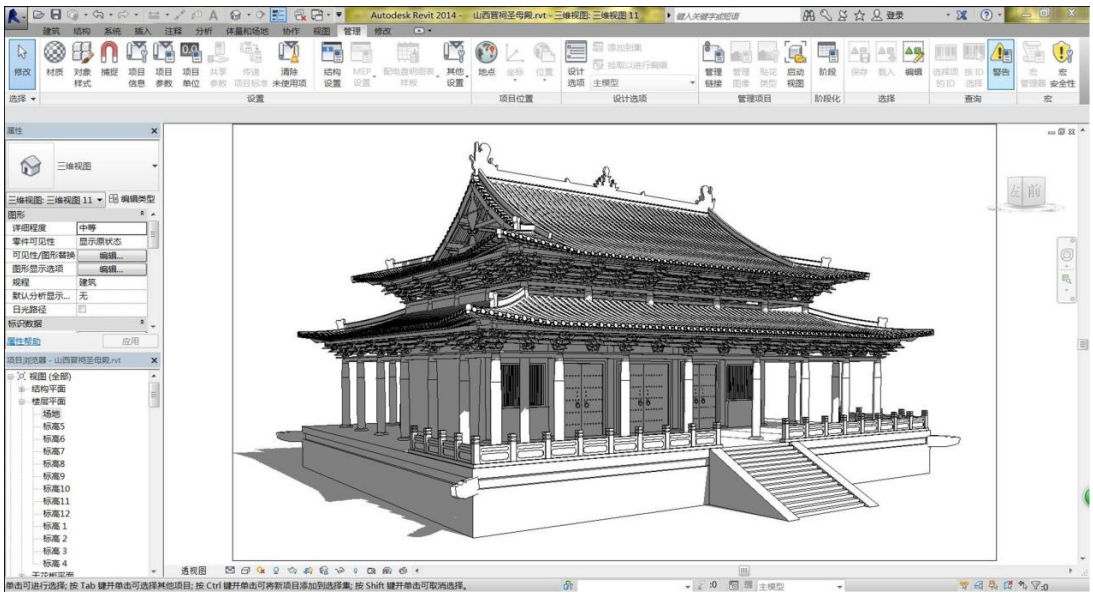


Рис. 3. Модель храма Шенмудянь в интерфейсе Autodesk Revit 2014.

Использование библиотечных элементов системы доугун при моделировании храма Шенмудянь себя полностью оправдало. На создание объекта столь высокого уровня сложности при «минимальной» (это ещё мягко сказано) документации по зданию ушло около двух недель. Конечно, огромное значение имело также общее понимание и умение работать с компонентами системы доугун, появившееся в процессе создания библиотеки элементов.

В результате разработанная библиотека элементов системы доугун [2], адаптированная для технологии BIM:

1) Позволяет создавать информационные модели памятников архитектуры древнего Китая для их компьютерной паспортизации (фиксации), исследования, реставрации и обслуживания;

2) Создаёт технологические условия для «возвращения» системы доугун в современное строительство.

Литература

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011.
1. Чжан Гуаньин. Технология BIM и моделирование системы доугун для памятников архитектуры Древнего Китая// Вестник ТГУ. Культурология и искусствоведение. – 2014. – №1 (13). – С. 44–55.