



СОВМЕСТНОЕ СЖИГАНИЕ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ КАМЕННОГО УГЛЯ И ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ БИОТОПЛИВА

Е.С. Дремичева

Казанский государственный энергетический университет,
Казань, ул. Красносельская, 51,
тел.: 88435194253, факс 88435194254

doi: 10.15518/isjaee.2020.11.007

Заключение совета рецензентов: 25.10.20 Заключение совета экспертов: 25.10.20 Принято к публикации: 30.10.20

Предложено использовать на основе опыта развитых европейских стран и США технологию совместного сжигания в котлах малой и средней мощности. Рассмотрено сравнение перспектив использования традиционного каменного угля с твердотопливными композициями из местных видов топлива и отходами производства органической природы (биомассы). Показаны результаты экспериментальных исследований по изменению зольности, выхода летучих в зависимости от количества биомассы в общем балансе твердого топлива при их совместном сжигании. Проведены расчеты необходимого количества топлива для сжигания в котельной производительностью 400 000 Гкал/год. Большой выход летучих и относительно малая зольность, а также доступность по сравнению с углем в плане поставок от места добычи до потребителя делают торф и древесные опилки перспективным топливом для котельных малой и средней мощности в районах с низкой газификацией. При этом, торф и древесные опилки могут использоваться в качестве дополнительного топлива к основному, так и основным при моносжигании. Кроме того, перевод котельных с угля на торф или древесные опилки не всегда требуют реконструкции и существенных инвестиций, размеры которых могут быть оценены для каждой конкретной котельной, а в некоторых случаях такой перевод может быть вообще безинвестиционным. Торф и древесные опилки можно рассматривать как дополнительный ресурс при решении проблемы поиска доступного энергетического сырья.

Ключевые слова: биотопливо, выход летучих, зольность, совместное сжигание.

JOINT COMBUSTION AT HEAT POWER FACILITIES OF STONE COAL AND SOLID FUEL COMPOSITIONS BASED ON BIOFUELS

E.S. Dremicheva

Kazan State Power Engineering University; 420066, Kazan, str. Krasnoselskaya, 51,
tel.: 88435194253, f.: 88435194254

doi: 10.15518/isjaee.2020.11.007

Referred: 25.10.20

Received in revised form: 25.10.20

Accepted: 30.10.20

It is proposed to use, on the basis of the experience of developed European countries and the United States, the co-firing technology in boilers of small and medium power. A comparison of the prospects for using traditional coal with solid fuel compositions from local types of fuel and organic waste (biomass) is considered. The results of experi-



mental studies on the change in ash content, volatiles yield depending on the amount of biomass in the total balance of solid fuels during their co-combustion are shown. Calculations of the required amount of fuel for combustion in a boiler house with a capacity of 400,000 Gcal / year have been carried out. The high yield of volatiles and the relatively low ash content, as well as the availability compared to coal in terms of supply from the mining site to the consumer, make peat and sawdust a promising fuel for small and medium-sized boiler houses in areas with low gasification. At the same time, peat and sawdust can be used as an additional fuel to the main one, and the main one during mono-combustion. In addition, the conversion of boiler houses from coal to peat or sawdust does not always require reconstruction and significant investments, the size of which can be estimated for each specific boiler house, and in some cases such a transfer can be completely non-investment. Peat and sawdust can be considered as an additional resource in solving the problem of finding affordable energy raw materials.

Keywords: biofuels, volatile emissions, ash content, co-firing.



Дремичева Елена Сергеевна
Dremicheva Elena S.

Сведения об авторе: кандидат технических наук, доцент кафедры Технология воды и топлива ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Образование: Казанский государственный энергетический университет

Область научных интересов: энерго- и ресурсосбережение при очистке сточных вод от техногенных примесей; процессы массообмена, в частности метод адсорбции; утилизация отходов производства и биомассы на объектах энергетики, совместное сжигание твердотопливных композиций.

Публикации: 61.

Information about the author:

PHD in engineering, Associate Professor of the Department of Water and Fuel Technology, Kazan State Power Engineering University

Education: Kazan State Power Engineering University

Research interests: energy and resource saving when treating wastewater from technogenic impurities; mass transfer processes, in particular the adsorption method; utilization of production waste and biomass at energy facilities, co-incineration of solid fuel compositions

Publications: 61.

Введение

Биоэнергетика в России в настоящее время является одной из самых молодых, и перспективных отраслей экономики. К понятию «биоэнергетика» относят получение в промышленных масштабах энергии из различного возобновляемого сырья биологического происхождения. Биотопливо (твердое, жидкое или газообразное) получают из самого разного сырья: древесные отходы, отходы сельскохозяйственного производства (лузга, шелуха, солома, тростник), бытовые отходы, канализационные стоки и др.

Огромное преимущества биотоплива (БТ), как источника энергии заключается в том, что оно постоянно восполняется, в отличие от природных полезных ископаемых.

Однако прямое сжигание биомассы (БМ) не всегда является эффективным, в связи с чем широкое распространение получили технологии производства твердого биотоплива [1].

В лесозаготовках, в процессе переработки древесины остается большое количество отходов, обладающих ценным химическим составом, которые служат сырьем для топливных гранул (пеллеты) (англ. pellets). Топливные гранулы (ТГ) получают также из торфа и отходов сельского хозяйства [2, 3].

Буквы латинского алфавита	
<i>A</i>	зольность, %
Q_n^p	низшая теплота сгорания рабочей массы топлива, МДж/кг
<i>V</i>	выход летучих веществ, %
<i>W</i>	влажность, %

Буквы русского алфавита	
БМ	биомасса
БТ	биотопливо
ТГ	топливные гранулы
Индексы	
н	низшая
р	рабочая масса топлива

1. Теоретическая часть

В настоящее время в Европейском Союзе применяют два основных принципа использования пеллет для генерации энергии: тепловые электрические станции и котельные полностью переходят на пеллеты как топливо (моносжигание),

или пеллеты используются как дополнительное топливо к основному (совместное сжигание – Co-Firing) [4–7].

Совместное сжигание угля и биомассы на электрических станциях рассматривается в мире как наименее капиталоемкий путь использования биомассы для производства электрической энергии. Су-

ществующие угольные электростанции характеризуются высокими начальными параметрами пара, что обеспечивает достижение высокого коэффициента полезного действия по преобразованию тепловой энергии биомассы в электроэнергию. Дооснащение существующих электростанций под использование биомассы характеризуется значительно меньшими капитальными затратами по сравнению со строительством новых [8].

При совместном сжигании за счет замены части угля на биомассу, снижается выброс углекислого газа, серы и оксидов азота. Так как от совместного сжигания угля и биомассы можно без проблем перейти на сжигание только угля, то совместное сжигание может быть экономически и экологически целесообразным. В Европе, например, рынок производства индустриальных пеллет неуклонно растет.

Поэтому в настоящее время одним из перспективных направлений для использования растительных и древесных отходов для получения энергии является их совместное сжигание с ископаемым топливом в основном в кипящем и циркулирующем кипящем слое.

В статье более подробно рассмотрена возможность использования совместно каменного угля Кузнецкого угольного бассейна (ГОСТ 32356-2013) и биомассы, имеющей в своем составе торф, древесные опилки и шелухи от подсолнечника (жмых).

Научная новизна представленной работы заключается в следующем: были получены данные об изменении характеристик смеси традиционного топлива и биомассы в различном процентном ее содержа-

нии в смеси для последующего совместного сжигания топках энергетических котлов; рассмотрен мировой опыт применения совместного способа сжигания угля и биомассы и предложен наиболее предпочтительный для данной смеси.

Научная значимость заключается в отсутствии теоретического знания в данном вопросе. Ранее вопрос совместного сжигания каменного угля с биомассой в нашей стране не рассматривался в связи с повсеместной газификацией, а также с возникающими от применения твердого топлива экологическими проблемами на всех этапах его использования. Однако в последнее время в мире, в том числе и в РФ, наблюдается тенденция к росту потребления твердого топлива в котельных агрегатах и установках.

2. Практическая часть

Предложенная биомасса (торф, древесные опилки, подсолнечный жмых) по сравнению с углем имеют более низкую теплоту сгорания, которая является важнейшей теплотехнической характеристикой топлива любого вида.

В работе были проведены экспериментальные исследования в соответствии с действующими ГОСТ на рабочую массу влажность W (ГОСТ Р 52911-2013), зольность A (ГОСТ Р 55661-2013), и выход летучих веществ V (ГОСТ Р 55661-2013) образцов топлив.

Результаты исследований приведены в табл. 1.

Характеристики топлива

Таблица 1

Fuel characteristics

Table 1

Вид топлива	Низшая теплота сгорания рабочей массы топлива	Эквивалент к условному топливу	Влажность рабочей массы топлива	Зольность рабочей массы топлива	Выход летучих веществ рабочей массы топлива
	Мдж/кг	–	%	%	%
Условное топливо	29,33	1,0	–	–	–
Каменный уголь	26,66	0,91	30,0	9,0	45,0
Торф	11,5	0,39	67,05	3,0	93,3
Древесные опилки	19,63	0,67	9,95	0,7	89,09
Подсолнечный жмых	18,4	0,62	8,2	1	8,5

Для оценки изменения зольности и выхода летучих веществ в зависимости от количества биомассы в общем балансе твердого топлива при совместном

сжигании были проведены экспериментальные исследования. Результаты приведены на рисунке.



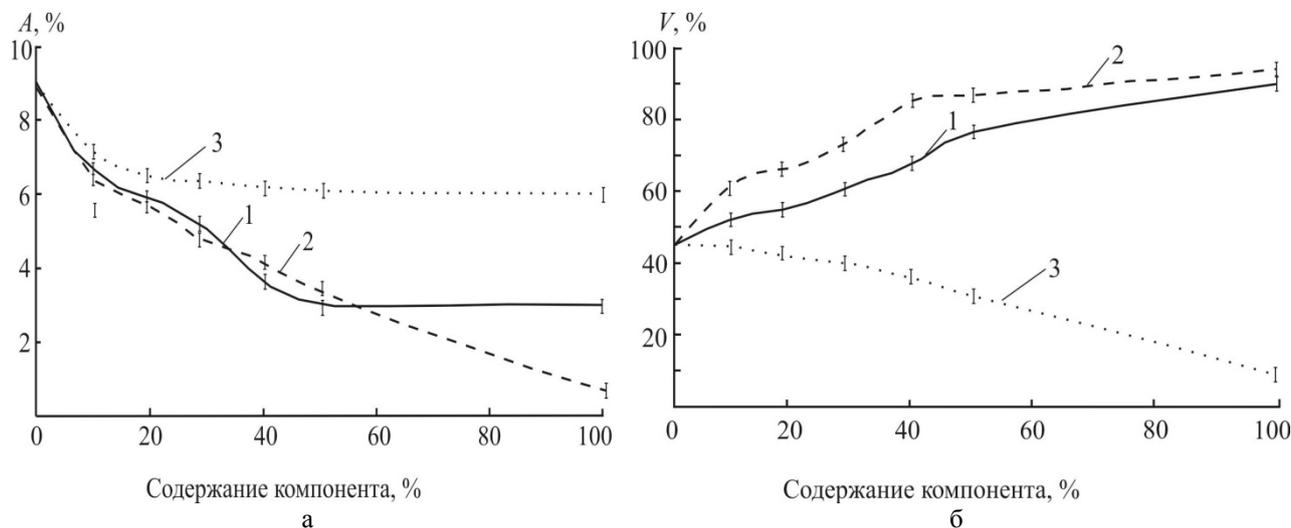


Рис. Изменение зольности на рабочую массу (а) и выхода летучих веществ (б) при совместном сжигании биомассы с каменным углем: 1 – торф, 2 – древесные опилки, 3 – подсолнечный жмых

Fig. Change in ash content per working mass (a) and the yield of volatile substances (b) during co-combustion of biomass with coal: 1 - peat, 2 - sawdust, 3 - sunflower cake

Из полученных результатов можно сделать вывод, что добавление 20% биомассы будет являться оптимальным.

Выполненные исследования позволяют перейти к разработке комплексной технологии использования местных ресурсов: от производства топлива до получения тепловой энергии.

3. Анализ технологий совместного сжигания топлива за рубежом

Проведенный анализ существующих электрических станции развитых стран Европы и США, осуществляющих смешивание угля и биомассы, показывает, что для совместного сжигания угля и биомассы могут быть реализованы следующие методы [8].

Смешивание угля и биомассы на топливном складе с подачей смеси топлив в систему пылеприготовления является простым и наиболее дешевым методом совместного сжигания. Метод осуществим в пылеугольных топках. При этом особое внимание должно уделяться размеру частиц биомассы, подаваемой в топку. При реализации этой технологии основные проблемы возникают в системе пылеприготовления. Добавление биомассы к углю увеличивает расход электроэнергии на размол. Уменьшается температура сушильного агента на выходе из мельницы. Однако такой метод ограничивается количеством биомассы, которое не должно превышать 5 % по массе топлива, иначе снижается производительность мельницы и, как следствие, к снижению производительности котла. Смешивание угля и биомассы на топливном складе более приемлемо для циклонных котлов, где применяется не размол угля, а только его измельчение до частиц размером менее 6 мм. В циклонных топках количество биомассы в топливной смеси может быть увеличено до 20 % по массе. Электрические станции, осуществляющие смешивание угля и биомассы: Maasvlakte (Нидерланды), Bay Front, Kettle Falls (США) [8].

В котлах со слоевыми топками также возможно сжигание смеси угля и биомассы, при этом доля биомассы может варьироваться от 0 до 100 %.

Совместное сжигание с отдельным вводом угля и биомассы предусматривает отдельные системы подготовки и подачи биомассы и угольной пыли в топку. Однако в данной технологии появляются дополнительные капитальные вложения в систему подготовки и подачи биомассы. Примером такой станции являлась Gelderland (Нидерланды), однако в настоящий момент они отказались от данной технологии [8].

Топки с циркулирующим кипящим слоем имеют более благоприятные характеристики для совместного сжигания угля и биомассы. Такие топки характеризуются топливной гибкостью, и их можно приспособлять для сжигания угля, топлива из бытовых отходов, биомассы или их смесей в широком диапазоне соотношений. Совместное сжигание угля и биомассы в топках с кипящим слоем осуществляется на станциях Tасoma, Colmac (США), Alholmens (Финляндия) [8].

Газификация биомассы с последующим сжиганием генераторного газа является наиболее капиталоемкой технологией совместного сжигания, но обеспечивает совместимость с энергетическими установками, работающими на различных видах традиционного топлива (уголь, мазут, природный газ). По такой технологии биомасса поступает в газификатор с целью производства генераторного газа, который затем используется вместо природного газа в газовых двигателях или турбинах, а также может сжигаться в паровом котле или котле-утилизаторе установок комбинированного цикла [8]. Электрические станции с газификацией биомассы с последующим сжиганием генераторного газа: KymiJarvi (Финляндия), McNeil (США), Amer-9 (Нидерланды), Zeltweg (Австрия) [8].

4. Расчетная часть

По полученным экспериментальным данным был произведен расчет необходимого количества топлива

при слоевом сжигании топливных гранул и торфа в котельной производительностью 400000 Гкал/год (табл. 2).

Необходимое количество топлива для котельной производительностью 400 000 Гкал/год

Таблица 2

Table 2

The required amount of fuel for a boiler house with a capacity of 400000 Gcal/year

Показатель	Вид топлива			
	уголь	опилки	торф	жмых
Расход т/год	48960	16960	29120	18220
Цена, руб./т	6500	7000	6500	16000
Стоимость млн. руб./год	318,24	118,72	189,28	291,52

Заключение

Таким образом, большой выход летучих и относительно малая зольность, а также доступность по сравнению с углем в плане поставок от места добычи до потребителя делают торф и древесные опилки перспективным топливом для котельных малой и средней мощности в районах с низкой газификацией. Причем торф и древесные опилки могут использоваться как дополнительное топливо к основному, так и основным при моносжигании. Кроме того, перевод котельных с угля на торф или древесные опилки не всегда требуют реконструкции и существенных инвестиций, размеры которых могут быть оценены для каждой конкретной котельной, а в некоторых случаях такой перевод может быть вообще безинвестиционным. Поэтому торф и древесные опилки можно рассматривать как дополнительный ресурс при решении проблемы поиска доступного энергетического сырья [9, 10].

Список литературы

1. Малыгин, П. В. Характеристики топливных гранул из различных видов древесных пород / П.В. Малыгин, В. К. Любов // Химия твердого топлива. – 2015. – №5. – С. 61–69.
2. Селеннов, В. Г. Торф в малой энергетике / В. Г. Селеннов, А. В. Михайлов // Академия Энергетики. – 2009. – №1 [27] февраль. С. 48–56.
3. Михайлов, А. В. Развитие глобального рынка торфа / А. В. Михайлов // Труды Инсторфа. – 2018. – 18 (71). – С. 3–7.
4. Holz – und Pellethandel GmbH: Совместное сжигание угля и биомассы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eko-pellethandel.de/index.php?id=6/>
5. Avedøre Power Station [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Aved%C3%B8re_Power_Station

6. Drax Power Station [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://en.wikipedia.org/wiki/Drax_Power_Station

7. Amercentrale [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Amercentrale>

8. Жовмир, Н. М. Обзор технологий совместного сжигания биомассы и угля на электрических станциях зарубежных стран / Н. М. Жовмир, Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная, М. В. Сленкин // Промышленная теплотехника. – 2006. – №2. – С. 75–85.

9. Дремичева, Е. С. Оценка потенциала биотоплива для генерации тепловой энергии на объектах топливно-энергетического комплекса / Е. С. Дремичева, А. С. Гаврилов, А. О. Маношин // Промышленная энергетика. – 2017. – №1. – С. 55–60.

10. Дремичева, Е. С. Перспективы использования отходов деревообработки и торфа в малой энергетике / Е. С. Дремичева, Н. К. Лаптедудльче, А. В. Шагиев // Промышленная энергетика. – 2015. – №1. – С. 60–62.

References

1. Malygin, P. V. Kharakteristiki toplivnykh granul iz razlichnykh vidov drevesnykh porod / P.V. Malygin, V. K. Lyubov // Khimiya tverdogo topliva. – 2015. – №5. – S. 61–69.
2. Selennov, V. G. Torf v maloi ehnergetike / V. G. Selennov, A. V. Mikhailov // Akademiya Ehnergetiki. – 2009. – №1 [27] fevral'. S. 48–56.
3. Mikhailov, A. V. Razvitie global'nogo rynka torfa / A. V. Mikhailov // Trudy Instorfa. – 2018. – 18 (71). –S. 3–7.
4. Holz – und Pellethandel GmbH: Sovmestnoe szhiganie uglya i biomassy [Ehlektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.eko-pellethandel.de/index.php?id=6/>
5. Avedøre Power Station [Ehlektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://en.wikipedia.org/wiki/Aved%C3%B8re_Power_Station



6. Drax Power Station [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa:

https://en.wikipedia.org/wiki/Drax_Power_Station

7. Amercentrale [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://en.wikipedia.org/wiki/Amercentrale>

8. Zhovmir, N. M. Obzor tekhnologii sovместnogo szhiganiya biomassy i uglya na ehlektricheskikh stantsiyakh zarubezhnykh stran / N. M. Zhovmir, G. G. Geletukha, T. A. Zheleznaya, M. V. Slenkin // Promyshlennaya teplotekhnika. – 2006. – №2. – S. 75–85.

9. Dremicheva, E. S. Otsenka potentsiala biotopli-va dlya generatsii teplovoi ehnergii na ob"ektakh top-livno-ehnergeticheskogo kompleksa / E. S. Dremicheva, A. S. Gavrilov, A. O. Manoshin // Promyshlennaya ehnergetika. – 2017. – №1. – S. 55–60.

10. Dremicheva, E. S. Perspektivy ispol'zovaniya ot-khodov derevoobrabotki i torfa v maloi ehnergeti-ke / E. S. Dremicheva, N. K. Lapedul'che, A. V. Shagiev // Promyshlennaya ehnergetika. – 2015. – №1. – S. 60–62.

Транслитерация по BSI



IV Международный симпозиум «Инженерные науки и науки о Земле: прикладные и фундаментальные исследования», посвященный 80-летию доктора химических наук, профессора, академика РАН Хаджиева Саламбека Наировича

Уважаемые коллеги!

19 — 21 марта 2021 года в городе Грозном на базе Комплексного научно-исследовательского института им. Х.И. Ибрагимова РАН проводится

IV Международный симпозиум «Инженерные науки и науки о Земле: прикладные и фундаментальные исследования»,

посвященный 80-летию доктора химических наук, профессора, академика РАН Хаджиева Саламбека Наировича. По итогам будет опубликован номер журнала, который индексируется в БД **Web of Science Core Collection/Scopus**.

В рамках Международного симпозиума будут проведены четыре конференции:

1. Международная научная конференция «Современные проблемы материаловедения и инженерных наук»;
2. Международная научная конференция «Науки о Земле и экология: фундаментальные и прикладные исследования»;
3. Международная научная конференция «Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях», посвященная 70-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика РАН Амерханова Харона Адиевича.

проконференции.рф

FIFTH INTERNATIONAL FORUM-SYMPOSIUM ON SAFETY AND ECONOMICS OF HYDROGEN TRANSPORT -WCAEE - IFSSEHT-2020 (DIGITAL)- CLARIFICATIONS AND EXPLANATIONS MARCH 18, 2021

В период с 24 мая по 27 мая 2021 года Международная Ассоциация "Альтернативная энергетика и экология" - IAAEE вместе с Институтом Водородной Экономии, Научно-Техническим Центром "ТАТА", Научно-Технологическим Центром "Саровские Лаборатории Сенсорики", Научно-Инновационным Центром "Лаборатории Технологий Безопасности", Научно-Инновационным Центром "КРИОС" в рамках мероприятий Четвёртого Всемирного Конгресса "Альтернативная энергетика и экология" - WCAEE -2020 проводят Пятый Международный Форум - Симпозиум по безопасности и экономике водородного транспорта - IFSSEHT-2020, посвященный памяти академика НАН Армении профессора, доктора физико-математических наук Мишика Айразатовича Казаряна.

<https://zen.yandex.ru/media/gusev/vyshel-v-svet-film-mishik-kazarian-put-iskatelia-60328d8ebd729c71d10785f7>

Тезисы докладов, презентации участников мероприятия размещаются на информационных ресурсах журнала, а также на teletype и на других сайтах и информационных сетях, включая и социальные сети.



ISJAE

№ 31-33
(353-355)
2020

Международный научный журнал
«Альтернативная энергетика и экология»
© Научно-технический центр «ТАТА», 2000-2020

International Scientific Journal for
Alternative Energy and Ecology
© Scientific Technical Centre «ТАТА», 2000-2020

