

### Часть 1. Особенности испарительного охлаждения оборотной воды

**В статье рассмотрены основные технологические функции воды на промышленных предприятиях, способы ее использования, представлен анализ систем охлаждения оборотной воды.**

**В** современном мире с его высокоразвитыми технологиями все большее значение приобретает качество исходного сырья и сопутствующих технологическому процессу продуктов. Наиболее часто в производственных процессах используется вода. Поэтому на предприятиях различных отраслей промышленности стоит задача получить воду, соответствующую определенным требованиям.

На промышленных предприятиях вода расходуется на хозяйственно-бытовые и технологические нужды.

Среди технологических функций воды следует отметить следующие:

- ♦ вода может быть теплоносителем при охлаждении продукта или при защите конструкций агрегата от разрушения (прогара);
- ♦ может быть средой, поглощающей и транспортирующей механические или растворенные примеси;
- ♦ может быть растворителем реагентов, используемых при приготовлении сред;
- ♦ может использоваться комплексно – быть средой, поглощающей и транспортирующей механические и растворенные примеси, и одновременно служить теплоносителем [1].

Использование воды для охлаждения по масштабам значительно превосходит все остальные виды потребления, причем удельный вес этой категории в общем объеме производственного водоснабжения продолжает расти. К этой категории относится расходование воды для конденсации пара, отходящего от паровых турбин электростанций, для охлаждения различных печей, машин и аппаратуры в металлургической, нефтеперерабатывающей, химической и др. отраслях

**Е.В. Боев\***,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование нефтехимических заводов», филиал ГОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Стерлитамак

промышленности. Вода для промывки и замочки расходуется в больших количествах на нужды целлюлозно-бумажной, шерстеобрабатывающей, текстильной промышленности, производстве искусственного волокна и др. На гидротранспорт различных материалов вода расходуется в самых разнообразных отраслях промышленности (в том числе шлако- и золоудаление на тепловых станциях, при транспортировании шлака в доменных цехах отходов обогатительных фабрик и т.д.) [2].

По данным государственного учета использования воды промышленностью Российской Федерации расходуется в год более 40 млрд. м<sup>3</sup> свежей воды (т.е. воды, забираемой из природных источников для компенсации водопотерь и водоуноса, выражение «Свежая вода» введено Шабалиным А.Ф. и Пономаренко В.С.), что составляет 50 % общего количества забираемого для нужд народного хозяйства из источников водоснабжения. Это равняется примерно 20 % потребности промышленных предприятий в воде. Недостающее количество (160 млрд. м<sup>3</sup>) обеспечивается за счет повторного использования воды после охлаждения и (или) очистки. Такая вода называется оборотной или циркуляционной.

В целом по всем видам промышленности 70-75 % общего расхода воды используется преимущественно в качестве теплоносителя. Требования, предъявляемые к температуре оборотной воды различными промышленными предприятиями, диктуются технологическим процессом и эксплуатационными свойствами оборудования. При выборе типа градирен для обеспечения этой температуры следует учитывать возможность загрязнения воды продуктами производства в водооборотном цикле.

\* Адрес для корреспонденции: boev\_UGNTU@fromru.com

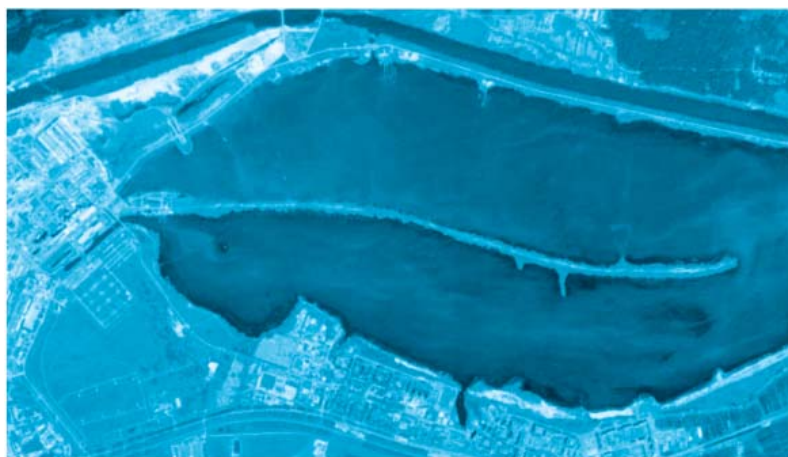
Предприятия теплоэнергетической отрасли потребляют две трети свежей воды, забираемой на промышленные нужды из источников водоснабжения, при наибольшем расходе ее для охлаждения технологического оборудования. Однако коэффициент оборота в отрасли ниже среднего по промышленности и составляет примерно 60 % из-за сохранившихся с предыдущих лет на многих энергетических предприятиях прямоточных систем водоснабжения. Так, из 144 ТЭС с установленной мощностью 215 ГВт на прямоточных системах водоснабжения работают 45 и на оборотных 99 [3].

В системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий вода охлаждается посредством передачи тепла атмосферному воздуху. Часть тепла передается вследствие поверхностного испарения воды (вода превращается в пар, который путем диффузии переносится в атмосферу), другая часть – вследствие разницы температур воды и воздуха, т.е. за счет теплопроводности и конвекции. Весьма небольшое количество тепла отнимается от воды излучением, что в тепловом балансе обычно не учитывается. Одновременно имеет место приток тепла к охлаждаемой воде от солнечной радиации.

Для получения требуемой температуры отработанную оборотную воду непосредственно или после предварительной очистки от загрязнений перед новым ее использованием охлаждают в специальных сооружениях - прудах-охладителях, брызгальных бассейнах и градирнях.

#### *Пруды-охладители*

В прудах (рис. 1) охлаждение происходит, главным образом, вследствие испарения части воды и непосредственной передачи тепла воздуху с водной поверхности, омываемой им; чем больше скорость воздуха, тем интенсивнее идет охлаждение воды. В охлаж-



**Рис. 1.** Пруд-охладитель.

#### **Ключевые слова:**

вода,  
оборотное  
водоснабжение,  
градирня

дении воды участвует не вся поверхность зеркала пруда, а лишь часть ее - так называемая активная зона. Это, в первую очередь, площадь пруда, охваченная транзитным потоком теплой воды от впуска до водозабора.

По сторонам транзитного потока образуются водовороты, представляющие собой зоны замкнутых кольцевых течений. Эти зоны также участвуют в охлаждении воды, но в меньшей степени, поэтому площадь, занимаемая ими, учитывается при определении размеров активной зоны лишь частично.

На поверхности пруда в охлаждении потока участвуют процессы испарения, конвективной теплоотдачи (соприкосновение вода - воздух) и излучение поверхности. Наряду с этим свободная поверхность потока является одновременно той поверхностью, через которую тепло проникает в водоем. Воздействие солнечной радиации в открытых потоках играет существенную роль. Суточное изменение радиационных составляющих теплового баланса может существенно сказаться на температуре охлажденной воды у водозабора, в мелководных водоемах и в меньшей степени в глубоководных прудах, обладающих значительной теплоаккумулирующей способностью.

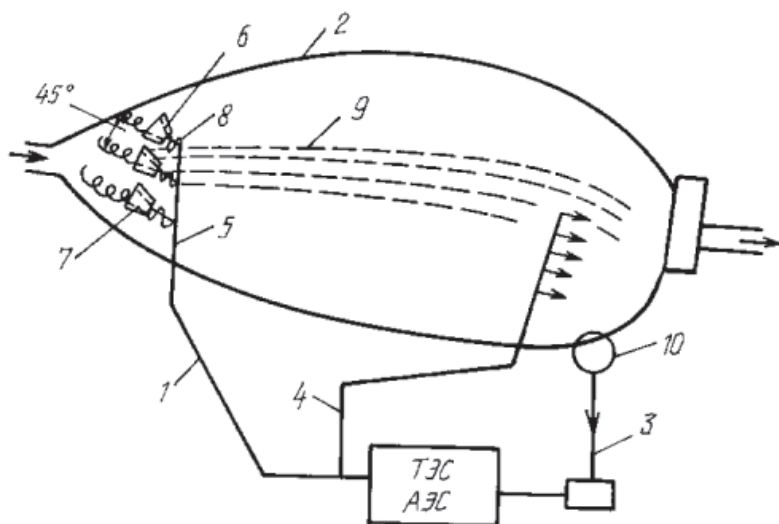
Вторичными факторами, входящими в общий тепловой баланс пруда, является утечка тепла в грунт ложа водоема, расход тепла на нагревание поступающих в пруд грунтовых вод и атмосферных осадков. Эти составляющие теплового баланса играют незначительную роль по сравнению с перечисленными выше факторами и поэтому, как правило, в расчетах не учитываются. Однако, такие вторичные факторы, как речной сброс или сток воды в нижний бьеф водохранилища и др. могут играть существенную роль в расходовании поступающего в пруд тепла.

Эффективность охлаждения воды в прудах зависит от конфигурации и схемы использования пруда. При вытянутой конфигурации пруда-охладителя чистой воды использование его осуществляется применительно к оборотному водоснабжению крупных промышленных предприятий; искусственные пруды устраиваются по наиболее совершенной схеме без водоворотов [1].

Эффективность охлаждения воды в прудах зависит от конфигурации и схемы использования пруда. На рис. 2 представлен способ охлаждения циркуляционной воды в пруде-охладителе [4].

Предлагаемый способ охлаждения циркуляционной воды в пруде-охладителе реализуется следующим образом.

Теплая вода по трубопроводу 1 подается в зону водосборника пруда-охладителя 2,



1, 3, 4, 5 – трубопровод; 2 – водосборник пруда-охладителя; 6 – расширяющиеся насадки; 7 – криволинейные винтообразные направляющие; 8 – течение транзитного потока; 9 – гибкая вставка; 10 – водозабор

**Рис. 2.** Способ охлаждения циркуляционной воды в пруде-охладителе.

охлажденная вода из зоны водозабора отводится трубопроводом 3 на ТЭС или АЭС. Часть сбрасываемой теплой воды поступает по трубопроводу 4 в придонную часть в зоне водосбора. При этом происходит перемешивание теплой и холодной воды. В результате плотность воды уменьшается и донная вода поднимается на поверхность.

Основная часть потока воды сбрасывается по трубопроводу 5, на котором установлены расширяющиеся насадки 6 с внутренними криволинейными винтообразными направляющими 7. Насадки сориентированы под углом  $45^\circ$  к течению транзитного потока 8 и присоединены при помощи гибкой вставки 9 к трубопроводу 5 на уровне зеркала воды в пруду. При прохождении через расширяющиеся насадки 6 с внутренними криволинейными винтообразными направляющими 7 поток теплой сбрасываемой воды закручивается и образуются на поверхности воды в пруде-охладителе 2 расширяющиеся волны, которые увеличивают поверхность зеркала и площадь контакта воды и холодного атмосферного воздуха до 1,5 раза.

Размещение расширяющихся создает благоприятные условия для взаимодействия волн с теплой сбрасываемой водой и с холодной водой в водоеме, поступающей из реки. Расширяющиеся волны теплой сбрасываемой воды интенсивно перемешиваются в большом объеме, оказывая сопротивление потоку транзитных струй и создавая стоячие волны. Наличие гибкой вставки 9 между расширяющимися насадками 6 и трубопроводом 5 позволяет первым постоянно нахо-

диться на гребне волны и обеспечивает создание волн в пределах пограничного слоя, что также усиливает процесс теплообмена. Колебание количества сбрасываемой теплой воды во времени из-за неравномерности водопотребления создает условия образования эффекта усиления волн и интерференции в расширяющихся насадках и после них, способствуя эффекту охлаждения теплой воды. Применение селективных водозаборов 10 обеспечивает забор более холодной воды в зоне ее забора.

#### *Брызгальные бассейны*

Брызгальный бассейн (рис. 3) представляет собой открытый резервуар из одной или нескольких секций, оборудованных водораспределительными трубами и соплами, с помощью которых охлаждаемая вода разбрызгивается над этим резервуаром [5].

Сопла располагают на высоте 2 м над нормальным горизонтом воды в резервуаре брызгательного бассейна. Для уменьшения выноса воды ветром из бассейна крайние брызгала устанавливают на некотором расстоянии от края бассейна - это расстояние обычно равно  $6 \div 8$  м.

В конце каждого трубопровода должны быть установлены сопла (для выпуска воды), необходимые для промывки при работе и опорожнения труб при отключении.

Глубину воды в бассейнах обычно принимают от 1,5 до 2 м, ширину бассейна от 40 до 50 м (при необходимости в большей площади делают разрывы между секциями шириной от 6 до 10 м). Длина бассейна бывает не более  $80 \div 100$  м. Резервуары брызгательных бассейнов строят, как правило, с железобетонным покрытием дна и откосов. Распределительные трубы укладывают на катковых опорах по железобетонным столбам.



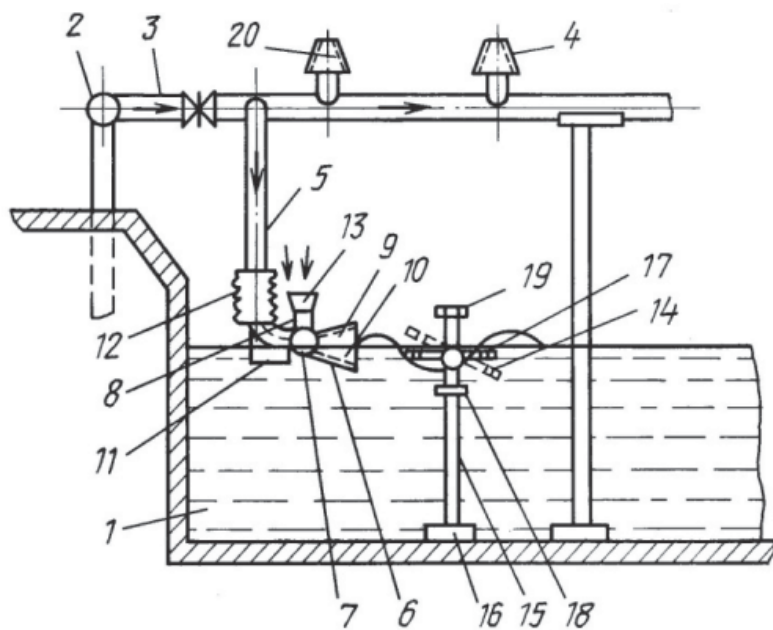
**Рис. 3.** Брызгательный бассейн.

Повысить эффективность охлаждения воды можно, если применить эвольвентные и тангенциальные сопла, отлитые в кокилях или сопла, эмалированные с внутренней стороны. Большое влияние на охлаждающий эффект оказывает загрязнение сопел вследствие увеличения потери напора в них.

Обслуживание брызгальных бассейнов заключается в прочистке загрязняющихся сопел, их ремонте и замене, а также в ремонте и замене соплодержателей и водораспределительных труб (о загрязнении сопел можно судить по форме факела – при загрязнении он становится ниже, т.к. интенсивность выбрасывания струи уменьшается), в периодической очистке бассейна и ремонте стенок и дна, в изучении теплового режима, регулировании работы бассейна и др.

При падении капель вода охлаждается, частично испаряясь и соприкасаясь с воздухом. При работе брызгального бассейна капли воды образуют факелы, между которыми протекает воздух; один факел не должен перекрывать другой, а между распределительными линиями должны быть образованы коридоры для подвода воздуха к поверхности воды. На *рис. 4* изображен фрагмент брызгательного бассейна [6].

Брызгательный бассейн работает следующим образом.



1 – брызгательный бассейн; 2, 5 – водоподводящий трубопровод; 3 – напорный коллектор; 4 – разбрызгивающие сопла; 6 – эжектор; 7 – камера смешения; 8 – патрубок; 9 – диффузор эжектора; 10 – винтообразные канавки; 11 – поплавок; 12 – гофрированная вставка; 13 – пульсатор; 14 – резонатор; 15 – пластина; 16 – упор; 17 – пропеллер-поплавок; 18, 19 – упор; 20 – спиралевидные направляющие

**Рис.4.** Фрагмент брызгательного бассейна.

Охлаждаемая вода подается в брызгательный бассейн 1 по водоподводящему трубопроводу 2 напорным коллектором 3 через размещенные на них разбрызгивающие сопла 4 и, контактируя с атмосферным воздухом, образует факелы различной высоты и при этом отдает часть тепла холодному атмосферному воздуху, который уносит тепло за пределы поверхности бассейна, то есть охлаждается частично. Часть охлаждаемой воды по трубопроводу, присоединенному к напорному коллектору 3, выполненному в виде вертикально вниз опускающихся стояков 5, подводится к эжекторам 6, которые установлены на уровне поверхности воды и ориентированы в сторону ее перемещения. Камера смешения 7 эжекторов 6 через патрубок 8 и пульсатор 13 импульсивно засасывает холодный атмосферный воздух из воздушного коридора за счет образуемого разрежения, создаваемых насосами гидродинамических сил при выходе охлаждаемой воды из эжекторов 6.

Водовоздушная эмульсия, образованная в камере смешения 7 эжектора 6, выбрасывается в расширяющуюся его часть 9, где, перемещаясь по винтообразным канавкам 10, закручивается и в виде завихренного потока импульсно выбрасывается в брызгательный бассейн 1, создавая волны на зеркале воды. В процессе перемещения образованных волн по зеркалу воды брызгательного бассейна 1 они соприкасаются с резонатором 14, воздействуя на пропеллер-поплавок 17, который непрерывно колеблется за счет действия волн между упорами 18 и 19. Наложение волн, образованных пульсирующим завихренным движением пропеллера-поплавок 17, приводит к резонансу, устранению их затухания по мере удаления от эжектора 6. При этом зеркало воды в бассейне возрастает, и благодаря этому усиливается теплообмен между охлаждаемой водой и холодным атмосферным воздухом. Кроме того, колебательное движение пропеллера-поплавок 17 передается упругой пластине 15, жестко закрепленной на постаменте 15, и упругая пластина 15 начинает также колебаться, улучшая перемещение слоев жидкости по объему брызгательного бассейна 1.

#### Градири

Наиболее совершенными системами охлаждения оборотной воды являются градири – специальные устройства для охлаждения большого количества воды посредством направленного потока воздуха.

Градири представляют собой испарительные аппараты открытого типа и широко при-



Рис. 5. Башенная градирня.

меняются во всех отраслях промышленности. Создание систем оборотного водоснабжения с использованием градирен позволяет уменьшить затраты предприятий на потребление и сброс технической воды, повысить КПД использования оборудования. Затраты на приобретение и монтаж градирен окупаются в течение нескольких месяцев. Одновременно подобные системы позволяют решать актуальные в настоящее время проблемы экологии. Градирни можно использовать в любых климатических зонах. Исторически градирни использовались для добычи соли (ее выпаривали из солевого раствора). Сейчас предназначение градирен несколько изменилось, они применяются в системах оборотного водоснабжения для охлаждения теплообменных устройств, используются на атомных и тепловых электростанциях, ТЭЦ и мини-ТЭС, предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Градирни чаще всего используют там, где нет возможности применить для этой цели естественные водоёмы (либо из-за того, что рядом нет прудов и озер, либо есть опасность загрязнения окружающей среды).

Градирни отличаются друг от друга направлением воздуха, типом оросителя и способом подачи воздуха. В зависимости от последнего показателя существует три типа градирен: вентиляторные, башенные, открытые.

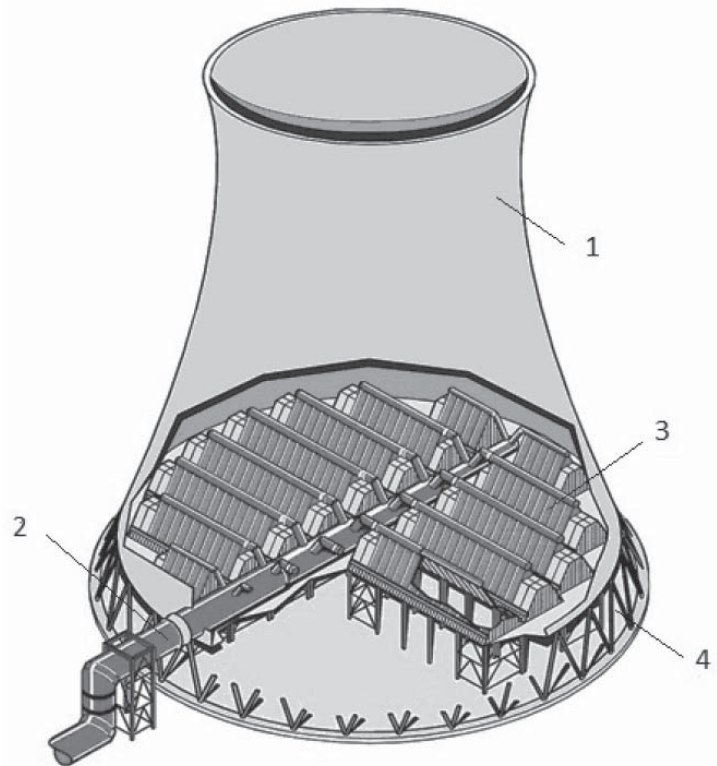
Область применения различных типов градирен для охлаждения оборотной воды с температурой, не превышающей  $40\div 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , зависит от тепловой нагрузки: для открытых градирен -  $30\div 50$  тыс. ккал, башенных -  $60\div 80$  тыс. ккал, вентиляторных -  $80\div 100$  тыс. ккал на  $1\text{ м}^2$  в час. Для охлаждения

воды с температурой свыше  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  может быть применена схема последовательного потока воды через две градирни.

В башенных градирнях (рис. 5, 6) конвекция воздуха осуществляется за счет естественной тяги и ветра. Высота градирен, изготовленных из бетона, может достигать 100 м. Площадь орошения в таком случае будет достигать  $3500\text{ м}^2$ . В основном башенные градирни используются для охлаждения больших объемов воды ТЭС или АЭС. Основные недостатки подобных градирен - высокая стоимость и большая занимаемая площадь. В то же время башенные градирни проще в эксплуатации, экономичнее (для их работы не нужна электроэнергия), они могут быть размещены достаточно близко к промышленному объекту – отвод влажного воздуха осуществляется на значительной высоте [7].

Есть особенность у открытой градирни - ее оросительные каналы огорожены со всех сторон жалюзи. Наружный воздух поступает в градирню под действием силы ветра. Таким образом, открытая градирня основана на естественной конвекции больших масс воздуха [8].

По техническим характеристикам самыми эффективными считаются вентиляторные градирни (рис. 7, 8). Сооружение вентиляторных градирен дешевле, чем башенных.



1 – башня; 2 – водораспределительная система; 3 – оросители; 4 – воздухоходные окна

Рис. 6. Принципиальная схема башенной градирни.

Однако вентиляторные градирни имеют и определенные недостатки по сравнению с башенными, которые ограничивают их применение в некоторых отраслях промышленности (например, в теплоэнергетике) - повышенный расход электроэнергии для привода вентиляторов, дополнительные эксплуатационные расходы на ремонт вентиляторов и уход за ними. Тяга воздуха в них создается одним или несколькими вентиляторами [9, 10].

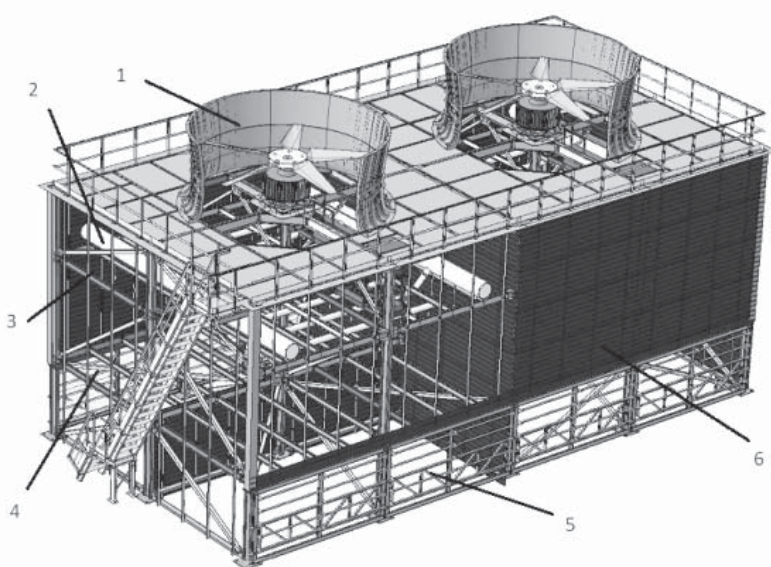
Градирни этого типа обеспечивают более совершенное и качественное охлаждение воды. К тому же вентиляторные градирни переносят высокие тепловые нагрузки. Однако в нашей стране и за рубежом для охлаждения оборотной воды чаще всего используют именно этот тип градирен.

Охладители оборотной воды следует подбирать на основании технико-экономических расчетов. Технологические расчеты для подбора типовых градирен производятся исходя из среднесуточных температур воздуха самого жаркого месяца и соответствующих им влажностей по многолетним наблюдениям. Температуру замеряют в 13 ч местного времени, а также по метеорологическим справочникам по данному району с прибавлением к температуре воздуха по влажному термометру  $1\div 3$  °С на повышение обеспеченности технологических процессов производства [11].

При выборе оросительного устройства градирен следует учитывать содержание и характер взвешенных веществ в воде, поступающей на охлаждение. Для относительно чистой воды с содержанием взвешенных веществ до 50 мг/л и при отсутствии карбо-



Рис. 7. Вентиляторная градирня.



1 – вентилятор; 2 – водораспределительная система; 3 – несущий каркас под установку водоуловителей; 4 – несущий каркас под установку оросителей; 5 – воздухоходные окна; 6 – обшивка рабочей полости агрегата.

Рис. 8. Принципиальная схема вентиляторной градирни.

натных отложений можно применить пленочный ороситель. При наличии в воде взвешенных веществ около  $50\div 100$  мг/л, а также содержания в воде нефтепродуктов более 30 мг/л, вызывающих загрязнение зазоров между щитами пленочного оросителя, рекомендуется применять капельно-пленочный ороситель.

Принцип работы градирни достаточно прост. Вода в градирне подается при помощи водораспределительной системы 2, стекает тонкой плёнкой или сбегает каплями по оросителю. В это время сквозь блоки оросителя проходят потоки воздуха, создаваемые вентилятором 1 и естественной тягой. Процесс охлаждения в градирнях происходит за счет частичного испарения воды и теплообмена с воздухом. Существует такая закономерность: в градирнях при испарении 1 % воды температура оставшейся понижается на 6 °С. Потеря жидкости восполняется за счет внешнего источника, а также эффективной работы водоулавливающих устройств.

Охлаждение воды в градирнях представляет собой весьма сложный гидроаэротермический процесс. Оно происходит в результате тепло- и массообмена между соприкасающимися потоками воды и воздуха. Поэтому определение технологических размеров градирни приходится осуществлять с помощью трех видов расчета - аэродинамического, термического, и гидравлического. Все эти расчеты выполняются для реконструкции используемых и вновь проектируемых градирен. При привязке разработанных типовых

проектов градирен к местным условиям их строительства требуются лишь поверочные расчеты; последние необходимы также после капитального ремонта градирни или при замене оросителя, вентилятора и других основных элементов [12, 13].

Превышение температуры оборотной воды от регламентируемой приводит к снижению выработки продукции (нередко до 15 %) и ухудшению ее качества. Вместе с тем, температура воды, возвращаемой в оборотный цикл, часто превышает регламентируемую и предприятия для поддержания требуемого температурного режима прибегают к нежелательному приему – «освежению» системы оборотного водоснабжения, при котором повышают до 10 % и более сброс из системы теплой воды при одновременном увеличении расхода подпиточной свежей воды из природного источника [1].

Нарушение установленного температурного режима подачи воды может привести к серьезным авариям на производстве, причиняющим большой материальный ущерб. При этом изменение режима подачи или качества подаваемой воды может повлечь за собой ухудшение товарных признаков готовой продукции. Таким образом, обеспечение высокой надежности систем производственного водоснабжения необходимо с технической, социальной и экономической точки зрения.

В настоящее время положение усугубляется тем, что после перевода в частную собствен-

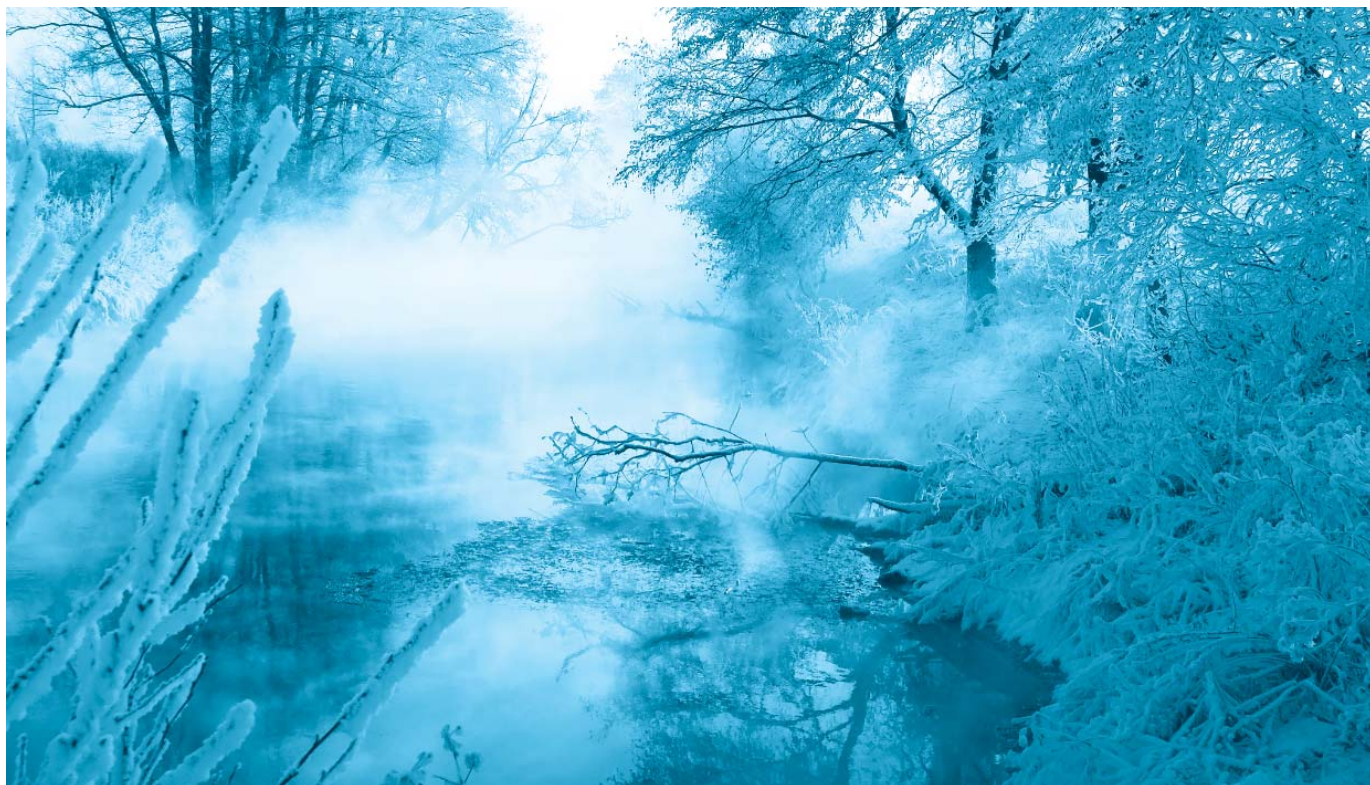
ность основного числа предприятий, в том числе и экологически грязных, новому руководству не хватает средств для строительства новых высокоэффективных систем охлаждения оборотной воды [14].

Данное состояние дел крайне негативно отражается не только на производственной деятельности предприятий, но и на экологической ситуации промышленных и прилегающих к ним районов, поэтому просматривается необходимость разработки принципиально новых конструкций составляющих элементов градирен.

*Исследования проводятся в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по направлению «Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук по следующим областям: математика; механика; информатика» (Государственный контракт № 16.740.11.0304 от 07.10.2010).*

#### **Литература**

1. Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1972. 296 с.
2. Водоснабжение в промышленности // Каталог ООО «Агроводком». Электронный ресурс: <http://www.700a.ru/Stat-i/Sistema-vodosnabzheniya-predpriyatiyi.html>



3. Пономаренко В.С. Градирни промышленных и энергетических предприятий: Справочное пособие. / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев. М.: Энергоатомиздат, 1998. 376 с.

4. Пат. РФ № 2162919 МКИ F28F25/08 Способ охлаждения циркуляционной воды в пруде-охладителе / Викторов Г.В., Кобелев Н.С. Заявлено 07.05.1999. Опубликовано 10.02.2001. Бюл. №5.

5. Атомные станции России // Фоторепортаж Сергея Каргинцева. Электронный ресурс: [http://www.fotoalbum.su/show\\_report.php?id=331&pf=3&pc=1](http://www.fotoalbum.su/show_report.php?id=331&pf=3&pc=1)

6. Пат. РФ № 2215960 МКИ F28F25/08 Брызгательный бассейн / Викторов Г.В., Кобелев Н.С. Заявлено 16.10.2001. Опубликовано 10.11.2003. Бюл. №7.

7. Поправко Н. «Мокрое дело» в Сосновом Бору // Экология и право. Электронный ресурс: [http://www.rodnoj-bereg.ru/publ/mokroe\\_delo\\_v\\_sosnovom\\_boru/1-1-0-2](http://www.rodnoj-bereg.ru/publ/mokroe_delo_v_sosnovom_boru/1-1-0-2)

8. Градирни и охладительные башни // каталог ООО ТЭМС. Электронный ресурс: <http://www.tems.ru/catalog/gradirni>

9. Фотографии градирен. Электронный ресурс: <http://www.moscow.olx.ru/pictures/iid-108547429>

10. Итоги VIII Конкурса АСов КОМПьютерного 3D-моделирования. Электронный

ресурс: <http://www.support.ascon.ru/news/items/?news=859>

11. Бергман Д. Испарительные градирни: современные конструкции и преимущества реконструкции // Энергетик – 2000, спецвыпуск, С. 15-21.

12. Афанасенко В.Г. Использование сил центробежной сепарации в процессе улавливания мелкодисперсной капельной жидкости в градирнях. / В.Г. Афанасенко, С.П. Иванов, Е.В. Боев, Е.А. Николаев // Химическая промышленность сегодня. 2008. № 2. С. 38-41.

13. Иванов С.П. Разработка конструкции полимерного капельно – пленочного оросителя градирен / С.П. Иванов, Е.В. Боев, А.В. Боев // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2007. № 10. С. 5-6.

14. Боев Е.В. Разработка конструкции капельно-пленочного оросителя градирен на основе полимерных сетчатых оболочек и гофрированных труб / Е.В. Боев, С.П. Иванов // Химическая промышленность сегодня, 2007. № 7. С. 41-42.



E.V. Boev

## INDUSTRY COOLING TOWERS.

### Part 1. Evaporative cooling of circulating water

The article presents basic technological functions of water in industry, ways of its application,

analysis of the circulating water cooling systems is also presented.

**Key words:** water, circulating water-supply, cooling tower

