

нение рН среды в сторону увеличения щелочности организмы активного ила переносят легче, чем повышение кислотности той же среды.

При значении рН10 исчезают все протозойные формы, что является критической ситуацией для гидробионтов. В целом, оптимальным для развития организмов активного ила является рН7, допустимым можно считать колебания рН5–рН6 но длительное воздействие таких концентраций рН оказывает губительное воздействие. Водоросли, в целом, оказались более устойчивыми к колебаниям рН, чем представители двустворчатых моллюсков.

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы относительно влияния колебаний уровня рН сточных вод на видовой состав организмов ВВР и моллюсков-фильтраторов: как видно из гистограммы и таблицы, наибольшему влиянию подвергаются двустворчатые моллюски, в то время как ВВР оказались более устойчивы к относительному колебанию уровня рН сточных вод.

Список литературы

1. Очистка производственных сточных вод: учебное пособие для вузов / под. ред. С. В. Яковлева. М. : Стройиздат, 1985.
2. Кравченко О. П., Хлебников В. Ф. Изучение эффективности гидрофитов как биофильтраторов сточных вод. Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко, 2003.
3. Способ очистки прибрежной зоны морей от комплексного загрязнения с использованием двустворчатых моллюсков. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2494978>
4. Cunningham S. D., Berti W. R., Huang J. W. Phytoremediation of oil contaminated soils // Trends Biotechnol. 1995. № 9. P. 393–397.

УДК 626

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ С ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ

В. Г. Худавердян, Е. В. Давыдова, Е. М. Дербасова, Р. В. Муканов
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет (Россия)

Разработан ряд мероприятий по повышению тепловой эффективности котельной установки поселка села Золотуха Ахтубинского района Астраханской области. Разработана схема тепловой котельной села Золотуха при переводе части мощности с парового режима на водогрейный.

Ключевые слова: паровые котлы, тепловые схемы, паровой режим, водогрейный режим.

A number of measures have been developed to increase the thermal efficiency of the boiler plant in the village of Zolotukh in the Akhtuba district of the Astrakhan region. The

scheme of a thermal boiler-house of the village of Zolotuha is developed when transferring part of the power from the steam mode to the water heating system.

Keywords: *steam boilers, thermal schemes, steam mode, water-heating mode.*

За последние 60 лет только Братский котельный завод (БИКЗ) выпустил около 140 тысяч паровых котлов паропроизводительностью от 2,5 до 25 т/ч. Начиная с 50-х годов – начала массового жилищного строительства, основной системой теплоснабжения являются котельные с паровыми котлами, которых в каждой котельной было не менее 3-х штук.

Топочные устройства котлов проектировались на любой вид топлива – твердое, жидкое и газообразное, но все котлоагрегаты в системе ЖКХ работали по одной схеме – вырабатывали сухой насыщенный пар, который затем конденсировали в бойлерах, где скрытая теплота парообразования подогрела воду для теплообменников. На всем протяжении использования паровых котлов в теплофикации, делались попытки упростить процесс преобразования скрытой теплоты парообразования в тепло подающей горячей сетевой воды, с целью уменьшения тепловых потерь на передачу. Но больших успехов на этом пути не добились из-за резкого возрастания аварийности при отключении электроэнергии.

На промышленных предприятиях по тем же проектам выпускались до середины 50-х гг. прошлого столетия котлы ДКВ, а потом ДКВр (реконструированный), которые также вырабатывали сухой насыщенный пар (ранее перегретый), который по тем же схемам задействовался частично на производственные нужды, а большая часть шла на теплоснабжение жилых и общественных объектов. По этой же схеме работала котельная села Золотуха.

К середине 90-х гг., по известным причинам практически повсеместно в Российской Федерации резко снизилась необходимость в технологическом паре. Главная причина такой ситуации – нерентабельность существующих производств и изменение технологических процессов использующих пар (различные приводы, сушильные установки, паровые молоты в кузницах, окрасочные и гальванические процессы и т. п.). Поэтому выпуск котлов типа ДКВр любой производительности заводом БИКЗ идет исключительно под заказ. Взамен завод наладил производство котлов, других марок ДЕ, КЕВ и им подобных, но эксплуатационные характеристики котлов ДКВр, во многом, остались непревзойденными [1].

Сегодня подавляющее число котельных, как в с. Золотуха, с паровыми котлами типа ДКВр выработали (или близко к ним) установленный срок службы: согласно РД 34.17.435-95 – 24 года, но технические и эксплуатационные характеристики вполне удовлетворяют дальнейшую эксплуатацию. Несмотря на то, что котельная с. Золотуха имеет в своем составе один котел сравнительно новой конструкции типа ДЕ-6.5/13, заме-

нить остальные котлы (даже если всего один) на новый в паровом варианте – дорого и нецелесообразно экономически.

Заменить все котлы котельной на водогрейные – более дешевые жаротрубные, не позволит технологическая необходимость подогрева жидкого топлива перед распыливанием, так как переход в этом варианте с мазута на солярку обойдется в 2 раза дороже.

В такой ситуации, многие котельные РФ, особенно при дефиците тепла и экономии топливно-энергетических ресурсов переводят водотрубные паровые котлы в водогрейный теплофикационный режим.

Как правило, такое решение имеет следующие преимущества: повышенный коэффициент использования топлива суммарно на 5–6 %. Кроме того, увеличивается теплопроизводительность котла на 20–40 %, так как она была ограничена, в паровом варианте, перегревом металла экранных труб и самих барабанов котлов. Теплопроизводительность в водогрейном режиме ограничивается только параметрами горелочных устройств и тягодувных механизмов. Котел включается в тепловую сеть без перекладки схемы теплоснабжения.

В котельной поселка с. Золотуха расположены 4 паровых котла БИКЗ согласно режимным картам следующих марок.

- № 1 ДЕ-6.5/13 зав. №33217
- ДКВр 6.5/13 зав. №71411
- ДКВр 6.5/13 зав. №61320
- ДКВр 6.5/13 зав. №51343

Все котлы работают на давлении 8 кг/см² (8 бар) и производят сухой насыщенный пар с температурой – 170 °С, энтальпией $i_s = 2709$ кДж/кг. Запитка котлов идет через экономайзеры водой с температурой $t_{н.в.} = 64$ °С, энтальпией $i_{н.в.} = 64 \times 4,19 = 268$ кДж/кг.

Максимальная нагрузка на всю инфраструктуру с. Золотуха равна ≈ 7 МВт, из нее на жилой фонд приходится $\approx 3,54$, на социальный и производственной фонд $\approx 3,45$ МВт. Максимальная нагрузка 7 МВт, рассчитанная в соответствии с методическими указаниями [2] на температуру холодной пятidineвки (-26 °С).

Каждый паровой котел марки ДКВр-6.5/13 или ДЕ-6.5/13 при работе на номинальном режиме обеспечивает покрытие нагрузки в пределах 4,5 МВт. Как было показано выше, тот же котельный агрегат, переведенный в водогрейный режим, из-за повышенной надежности в работе, может обеспечить покрытие нагрузки на отопительную сеть в пределах 6,2 МВт с КПД 93,5 % [3].

В этом случае один котел, переведенный в водогрейный режим может не справиться с покрытием нагрузки самых холодных дней зимы ≈ 20 % времени отопительного периода, и надо будет подключить один из паровых котлов.

Поэтому наше предложение – перевести в водогрейный режим один из котлов котельной с. Золотуха (затраты ≈ 2 млн руб.), лучше всего марки ДКВр-6.5/13, т. к. для них удовлетворительно отработана схема перевода с парового в водогрейный режим, а также сделать изменения в схеме котельной.

При изменении схемы котельной учесть возможное повышение нагрузки на отопительную сеть в пределах 0,8 МВт ($\Delta Q = 7 - 0.8 = 6.2$ мВт) в самые холодные дни отопительного периода. В этих случаях, (если такие дни будут иметь место), подключить один из паровых котлов. Подогрев мазута в резервуарах с парового перевести на водяной увеличив площадь змеевиков, а догрев его перед распылом в форсунках перевести на водяной или электрический). Подготовку воды от жестких солей и коррозии при работе котла ДКВр-6.5-13 в водогрейном режиме перевести на комплексонатную основу, а от механических примесей с помощью механических фильтров.

Обескислороживание воды, при работе котла ДКВр-6.5/13, осуществлять с помощью вновь приобретенного вакуумного деаэрата. В самый холодный отопительный период оба котла – в водогрейном и паровом режимах, самостоятельно, но в основе обоих котлов должны лежать нагрузки в пределах 70 % от номинальной.

Ниже приводится два варианта – первый вариант, когда холодная зима и самые холодные дни отопительного периода работают водогрейный и паровой котел. Схема такой котельной приведена на рис. 2.

Второй вариант – теплая зима и работает один котел ДКВр-6.5/13 переведенный в водогрейный режим.

По первому варианту: Сырая вода (СВ) из водопровода насосом 1 и подпиточным насосом 2 через открытый клапан «М» и нагреватель 3 от непрерывной продувки (НП), через систему Na-катионитовой химводообработки (ХВО) и нагреватель 7 и охладитель 8 поступает в колонку деаэрата 9. Горячая вода из бака деаэрата 10 поступает в охладитель 8, где охлаждается до температуры 70–90 °С. Из охладителя 8 вода проходит через фильтры 11 и питательным насосом 12, через экономайзер 13, подается в паровой котел (ПК). При чистых фильтрах 11, вентиль «А» открыт, вентиль «Б» закрыт.

Из парового коллектора пар подается в один из бойлеров через редукционный клапан РК, где конденсируется и отдает скрытую теплоту парообразования воде, которая используется в системе отопления, вентиляции и ГВС.

Другая часть пара из того же коллектора направляется на технологические производства (ТП), часть его на подогрев мазута в резервуаре (МР), а часть для нагрева воды до кипения (102–104 °С) через редукционный клапан (РК) подается в колонку деаэрата. Конденсат, после всех производств бойлера № 1, подогревателя мазута (МР), химводообработки (ХВО)

должен собираться для удаления из него кислорода в головке деаэратора 9. Подогрев резервуара МР ведется паром, при этом вентили «Д» и «Г» закрыты, а вентили «Е» и «В» открыты.

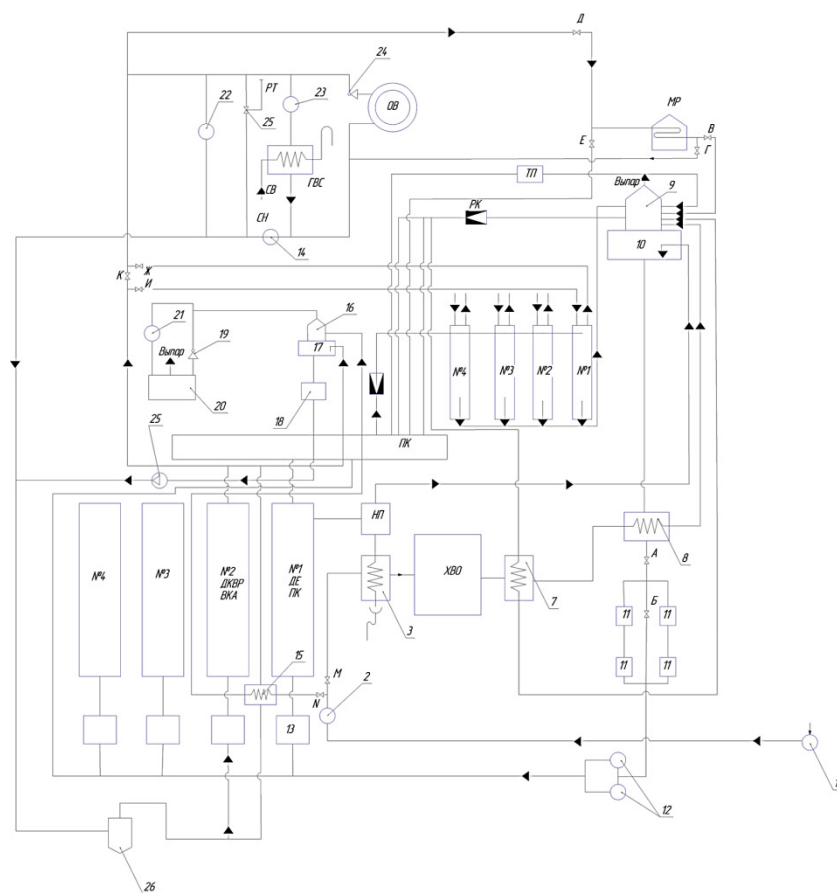


Рис. 1. Тепловая схема котельной с. Золотуха при переводе части мощности с парового режима на водогрейный

Работа водогрейного котла ДКВр-6,5/13 первого варианта состоит в следующем. Вода с помощью подпиточного насоса 2 и частично открытого клапана «N», через подогреватель 15 (который в этом варианте можно задействовать от парового коллектора ПК), подается в головку вакуумного деаэратора 16. Вода в подогревателе 15 должна нагреться до 60 °С. В баке вакуумного деаэратора 17, вода дополнительно подогревается горячей водой из водогрейного котла до 70 °С. В деаэраторе создается разрежение

~ 0,03 МПа, которое обеспечивает вскипание воды при температуре 67–68 °С и удаление из нее кислорода. Разрежение 0,03 МПа в вакуумном деаэраторе поддерживается постоянным водоструйным эжектором 19 или водокольцевым насосом, через который вода идет по замкнутому контуру: из бака рабочей воды (бак 20), насосом 21, вода подводится в эжектор 19, и совместно с откачиваемым конденсатом паровоздушной смеси вода обратно возвращается в бак 20, откуда выпар с коррозионно-активными газами выводится в атмосферу. Напор воды, эжектирующей смесь, составляет 0,4-

0,5 МПа. Теплоту, выносимую с выпаром, в расчетах обычно не учитывают с целью их упрощения и виду относительно малого расхода Двыпара.

Из бака вакуумного деаэратора вода самотеком поступает в бак деаэрированной воды 18, откуда подпиточным насосом 25 подается во всасывающий коллектор сетевых насосов 14. Бак деаэрированной воды, как правило, должен размещаться на нулевой отметке котельной, а колонка вакуумного деаэратора 16 устанавливается на отметке 7,5–8 метров, что обеспечивает давление в баке 18, равное атмосферному.

Вода из обратного водопровода тепловой сети из ОВ и ГВС (обратка) с напором 0,2–0,4 МПа подводится во всасывающий коллектор сетевых насосов 14, и нагнетается в водогрейный котел ДКВр 6,5/13, где может нагреваться при мазутном отоплении агрегата до 110 °С.

Вода из водогрейного котла разделяется на 4 потока:

а) в тепловую сеть ОВ в количестве $G_{\text{сети}}$ [кг/час].

Согласно температурному графику, температура воды в подающем трубопроводе регулируется путем перепуска части воды G (см. рис. 4) из обратного трубопровода в подающий (минуя котельный агрегат) по подмешивающей перемычке, на которой, как правило, устанавливается регулятор температуры (РТ)-25.

б) Часть воды идет на рециркуляцию $G_{\text{рц}}$, путем подачи рециркуляционным насосом 22 расчетного количества уже подогретой в котельном агрегате воды на ввод обратной сетевой воды по рециркуляционной линии.

в) На собственные нужды в количестве $G_{\text{сн}}$:

- Подогрев воды в вакуумном деаэраторе через бак-накопитель 17.
- Подогрев воды в теплообменнике 15 для колонки деаэратора.

г) Часть воды подпиточным насосом 23 (можно и без него) направляется на горячее водоснабжение (ГВС) поселка.

По вышеописанной схеме расход воды через водогрейный котел ДКВр 6,5/13 принимается постоянным при всех режимах работы ОВ и ГВС. Он определяется для самого холодного зимнего режима при температуре прямой $t_{\text{пр}} = 110$ °С, обратки 65–70 °С, поэтому, при сжигании малосернистого мазута, который будет использовать котельная с. Золотуха, расходы по линии рециркуляции $G_{\text{рц}}$ и подмешивающей перемычке будут близки к нулю.

Температура воды, поступающей в систему отопления и вентиляции ОВ, будет близка к 90–95 °С и регулироваться с помощью элеваторного узла 24 путем смешивания прямой сетевой воды с обратной из системы отопления.

Температура воды, поступающей в водоразборные краны ГВС должна быть в пределах 55–60 °С и регулироваться изменением расхода прямой сетевой воды через подогреватели ГВС, как правило, установленных в тепловом пункте.

В этом варианте, в самый холодный сезон отопительного периода, 50–60 % воды подается в прямую сеть из бойлера № 1 (на рис. 1) при открытом регулирующем клапане «Ж», а частичный подогрев ее осуществляется через открытый регулирующий клапан «И».

Второй вариант работы схемы, предоставленный на рис. 2, по нашему мнению, должен обеспечивать отопление, вентиляцию и ГВС с Золотуха при работе одного водогрейного котла ДКВр 6,5/13. При этом паровой котел должен быть остановлен и отсоединен от схемы. Должны быть закрыты клапаны «А», «Б», «М», «И», «Ж», «Е» и «В». Открыты клапаны «N», «К», «Д», «Г». В остальном, по второму варианту, схема с водогрейным котлом ДКВр 6,5/13, переведенным в водогрейный режим, должна работать, как было описано выше.

Водотрубные котлы, переведенные из парового режима в водогрейный, очень чувствительны к взвешенным частицам в сетевой воде, которая легко отлагается в сгибах экранных труб, вызывая перегрев трубы и ее термическое разрушение. Поэтому необходимым условием надежной эксплуатации таких котлов служит установка шламоотделителя перед сетевым насосом, а также тщательная промывка тепловых сетей перед началом отопительного сезона, тем более, если химочистка сетевой воды будет внутренней с помощью комплексонов.

Кроме того, следует периодически удалять воздух из отсеков верхнего барабана, и нельзя допускать снижения расхода прокачиваемой сетевой воды через котел ниже расчетного значения. Это правило является основным и его необходимо соблюдать оператору во втором варианте.

Для предотвращения появления кислородной и углекислотной коррозии поверхностей нагрева, температура воды, поступающей в котел, должна быть выше точки росы. Это осуществляется, как было показано выше, подмешиванием прямой сетевой воды в обратную, используя при этом линию рециркуляции.

Список литературы

1. Муканова О. Р., Муканов Р. В., Давыдова Е. В. Варианты децентрализованных систем теплоснабжения для объектов городской инфраструктуры // Потенциал интеллектуально-одаренной молодежи – развитию науки и образования : материалы VI Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников / под общ. ред. Д. П. Ануфриева. Астрахань, 2017. С. 18–23.

2. Карпеш М. А., Сенигов П.Н. Тепловой насос. Руководство по базовым экспериментам ТН.002 РБЭ (2901.1). Челябинск : Инженерно-производственный центр «Учебная техника», 2013. 19 с.

3. Определение потребности в топливе, электрической энергии и воды при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения. Госстрой России от 12.08.2003 г.