

УДК 621.18

**А.В. Локтев<sup>1</sup>, А.В. Малахов<sup>1</sup>, И.А.Савиных<sup>2</sup>**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ**  
**ВОДОГРЕЙНЫХ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ КОТЕЛЬНОЙ**

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева*  
*ООО «Химсервис»*

Рассмотрены вопросы построения тепловых схем водогрейных котельных и их теплового расчета. Описаны одно- и двухконтурные тепловые схемы.

**Ключевые слова:** водогрейные котельные, тепловые схемы, тепловой расчет, трубопроводы котельной, автоматическое регулирование расхода газа.

Одной из важнейших задач этапа функционального проектирования блочно-модульных водогрейных котельных является создание их тепловых схем, на базе которых принимаются все основные тепломеханические решения по котельной.

На тепловых схемах котельной в соответствии с ГОСТ 21.606-95 с помощью условных графических изображений показывается основное и вспомогательное оборудование, объединяемое линиями трубопроводов для транспортировки теплоносителей в виде пара и воды [1]. Тепловые схемы могут быть принципиальные, развернутые и рабочие или монтажные. На принципиальной тепловой схеме указывается лишь главное оборудование (котлы, водоподогреватели, деаэраторы, насосы) и основные трубопроводы без арматуры, всевозможных вспомогательных устройств и второстепенных трубопроводов и без уточнения количества и расположения оборудования. На этой схеме показываются расходы и параметры теплоносителей. На развернутой тепловой схеме показывается все устанавливаемое оборудование и все трубопроводы, соединяющие оборудование с запорной и регулирующей арматурой. Если объединение в развернутой тепловой схеме всех элементов и оборудования котельной из-за их большого числа затруднительно, то эту схему разделяют на части по технологическому процессу. Так, например, в качестве самостоятельных схем выполняют схемы системы водоподготовки, сбора и удаления дренажей и т.п. Это позволяет в развернутой тепловой схеме достаточно подробно и ясно отразить все главные и вспомогательные элементы оборудования котельной, а также указать диаметры всех трубопроводов.

Рабочую или монтажную тепловую схему обычно выполняют в ортогональном, а иногда отдельные сложные узлы – в аксонометрическом изображении с указанием отметок расположения трубопроводов, их наклона, арматуры, креплений, размеров и т.д. Эта схема также разделяется на части для удобства использования и облегчения монтажа оборудования, арматуры и трубопроводов. На монтажных схемах указываются все необходимые сведения о марке стали или материале данного узла, способах его соединения со смежными элементами, массе деталей или блоков, т.е. составляется спецификация на все элементы, входящие в данную часть тепловой схемы. Развернутая и рабочая (монтажная) схемы могут быть составлены лишь после разработки принципиальной тепловой схемы и ее расчетов, на основе которых выбирается оборудование.

Основной целью расчета тепловой схемы котельной является:

- определение общих тепловых нагрузок, состоящих из внешних тепловых нагрузок и расходов тепла на собственные нужды, и распределение этих нагрузок между водогрейной и паровой частями котельной для обоснования выбора основного оборудования;
- определение всех тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора вспомогательного оборудования и определения диаметров трубопроводов и арматуры.

Достаточно большая сложность тепловых схем современных котельных установок с водогрейными котлами вынуждает вести их расчет методом последовательных приближений. Для каждого из элементов тепловой схемы составляется уравнение теплового баланса, решение которого позволяет определить неизвестные расходы и энтальпии. Общая увязка этих уравнений, число которых зависит от параметров теплоносителей, системы горячего водоснабжения и ряда других условий, осуществляется составлением материального и теплового баланса деаэратора, куда сходятся основные потоки рабочего тела. Ряд величин, необходимых для увязки тепловой схемы, получают из расчета элементов и устройств, связанных со схемой. При отсутствии всех необходимых сведений на основе опыта проектирования можно предварительно задаваться рядом величин.

Так, например, для определения расхода горячей воды на собственные нужды котельной рекомендуется предварительно принимать следующие величины расходов теплоты. Во-первых, на деаэрацию питательной воды и подогрев сырой и химически очищенной воды при закрытой системе теплоснабжения от 7 до 10 % суммарного отпуска тепловой энергии внешним потребителям. Во-вторых, на потери теплоты внутри котельной 2-3 % той же величины. При открытой системе горячего водоснабжения расход теплоты на деаэрацию и подогрев сырой и химически очищенной воды заметно выше.

В ряде случаев целесообразно общие расходы теплоты на собственные нужды котельной определять исходя из расходов на отопление и вентиляцию здания котельной, на потери теплоты через теплоизоляцию трубопроводов, оборудования и теплообменных аппаратов, на потери с выбрасываемой в канализацию водой (продувка котлов, собственные нужды водоподготовки), а также на разные отдельно неучитываемые потери теплоты (выпар из деаэраторов, отбор проб, утечки через неплотности, горячее водоснабжение душевых), которые условно оцениваются в размере 0,2% установленной теплопроизводительности котлов.

На основе анализа выпущенных проектов составлены упрощенные эмпирические формулы для определения вышеперечисленных расходов теплоты на собственные нужды котельной. Потребности тепловой энергии внешних потребителей, как правило, определяются схемами теплоснабжения предприятий, промышленных узлов или жилых районов городов. При расчетах тепловых схем задаются температурой воды идущей на химводоподготовку в пределах 20-30 °С, исходной воды поступающей в котельную зимой при  $t = 5$  °С, летом при  $t = 15$  °С. Приняв предварительно указанные величины, можно выполнить расчет тепловой схемы. При расхождении полученных в расчете величин с ранее принятыми больше чем на 3 % нужно повторить расчет, подставив в качестве исходных полученные значения. Это второе приближение обычно дает необходимую сходимость.

Исходные данные для расчета схемы целесообразно свести в таблицу со сведениями для режимов работы установки: максимального, в наиболее холодный месяц, среднего зимнего, в переходный период и летнего. Знание этих режимов позволяет правильно выбрать оборудование, в том числе сетевые и рециркуляционные насосы. Особенно сильное влияние на оборудование котельной с водогрейными агрегатами оказывает тип системы горячего водоснабжения – закрытая или открытая.

При расчете тепловой схемы с водогрейными котлами необходимо определить расход воды через котел и соответствие полученного расхода величине, установленной заводом изготовителем. Объясняется это тем, что надежное охлаждение всех поверхностей нагрева водогрейных котлов может иметь место лишь при специально выбираемых гидродинамических режимах, поскольку в тепловых сетях с качественным регулированием, при котором расход воды постоянен, а изменяется лишь ее температура, необходимо определить расход воды через котлы при летнем режиме, когда расход теплоты наименьший. Температура воды, поступающей и возвращающейся из тепловых сетей  $t_1$  и  $t_2$ , позволяет найти энтальпии воды и определить ее расход. Следует учитывать, что при закрытой системе горячего водоснабжения подогрев воды у потребителя для нужд горячего водоснабжения можно осуществлять за счет использования теплоты воды, прошедшей системы отопления и вентиляции, т.е. при после-

довательном включении теплообменников отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Водогрейные котлы надежно работают лишь при условии постоянства количества воды, проходящей через них. Расход воды должен поддерживаться в заданных пределах независимо от колебаний тепловых нагрузок. Поэтому регулирование отпуска тепловой энергии в сеть необходимо осуществлять путем изменения температуры воды на выходе из котельной.

В связи с тем, что температура воды в обратных линиях тепловых сетей почти всегда ниже  $60^{\circ}\text{C}$ , в тепловых схемах водогрейных котельных предусматривают, как отмечено ранее, рециркуляционные насосы и соответствующие трубопроводы. Для определения необходимой температуры воды за стальными водогрейными котлами должны быть известны режимы работы тепловых сетей, которые отличаются от графиков или режимных карт котлоагрегатов. Во многих случаях водяные тепловые сети рассчитываются для работы по так называемому отопительному тепловому графику. Расчет показывает, что максимальный часовой расход воды, поступающей в тепловые сети от котлов, получается при режиме, соответствующем точке излома графика температур воды в сетях, т.е. при температуре наружного воздуха, которой соответствует наименьшая температура воды в подающей линии. Эту температуру поддерживают постоянной даже при дальнейшем повышении температуры наружного воздуха.

Схема трубопроводов котельной должна предусматривать пополнение тепловых сетей водой, прошедшей систему водоподготовки. Расчетный расход воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , для подпитки тепловых сетей следует принимать:

- а) в закрытых системах теплоснабжения – численно равным 0,75 % фактического объема в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления и вентиляции зданий. При этом для участков тепловых сетей длиной более 5 км расчетный расход следует принимать равным % объема воды в этих трубопроводах;
- б) в открытых системах теплоснабжения – равным расчетному среднему расходу воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2 плюс 0,75 % фактического объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий. При этом для участков тепловых сетей длиной более 5 км и источников теплоты без распределения теплоты расчетный расход воды следует принимать равным % объема расхода воды в этих трубопроводах.

Объем воды в системах теплоснабжения при отсутствии данных по фактическим объемам воды допускается принимать равным  $65 \text{ м}^3$  на 1 МВт расчетного теплового потока при закрытой системе теплоснабжения,  $70 \text{ м}^3$  на 1 МВт – при открытой системе и  $30 \text{ м}^3$  на 1 МВт – при отдельных сетях горячего водоснабжения. Для открытых и закрытых систем теплоснабжения должна предусматриваться дополнительно аварийная подпитка химически необработанной и недеаэрированной водой, расход которой принимается в количестве 2 % объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления, вентиляции и в системах горячего водоснабжения для открытых систем теплоснабжения.

Врезка трубопровода подпитки производится в обратный трубопровод системы отопления. Этот трубопровод, кроме пополнения системы водой, еще выполняет функцию поддержания необходимого статического давления. Для этого в составе трубопровода имеется регулирующий клапан. Принципиальным вопросом при разработке тепловой схемы является решение о необходимости разделительных теплообменников. При введении таких теплообменников обеспечивается работа котлового оборудования в менее жестких условиях по качеству воды, чем при подсоединении непосредственно к сети отопления. Это связано с тем, что перед вводом в эксплуатацию котловой контур подвергается щелочению и промывке химически очищенной водой в соответствии с инструкциями завода-изготовителя котлов. Котловой контур после этого заполняется деаэрированной водой, химический состав которой должен отвечать требованиям правил эксплуатации котлов. Подпитка котлового контура практически необходима только для компенсации продувки с целью удаления шлама, что производится периодически 2-3 раза в месяц.

### Тепловые схемы с разделительными теплообменниками (двухконтурные)

Один из вариантов схемы трубопроводов (тепловой схемы) котельной установки с разделительными теплообменниками приведен на рис. 1. Схема оформлена в соответствии с ГОСТ 21.606-95. Вода из обратной линии тепловых сетей поступает через фильтр и расходомер 2 к сетевым насосам отопления 8 и трехходовому смесительному клапану 13. Смесительный клапан, управляемый общекотельной автоматикой, обеспечивает за счет перепуска части воды мимо теплообменников поддержание температуры воды в подающем трубопроводе по температурному графику (в зависимости от температуры наружного воздуха).

Насосы системы ГВС 9 обеспечивают подачу нагретой в теплообменнике 15 воды к потребителям. При этом подача насоса 9 рассчитывается таким образом, что при максимальном разборе горячей воды не менее 20-25 % возвращается в обратный трубопровод. Поддержание температуры воды в подающем трубопроводе обеспечивается регулированием перепуска воды трехходовым смесительным клапаном 14, который управляется от датчика температуры на подающем трубопроводе. Подвод воды для подпитки системы ГВС производится через трубопровод исходной воды подпиточным насосом 5 через трубопровод 6. Поддержание необходимого давления в обратном трубопроводе ГВС обеспечивается редукционным клапаном 10. Подпиточный насос 5 обеспечивает также подпитку сети отопления и котлового контура химически обработанной водой, установкой 11. Поддержание необходимого в обратном трубопроводе системы отопления производится редукционным клапаном 7, установленным на трубопроводе 12.

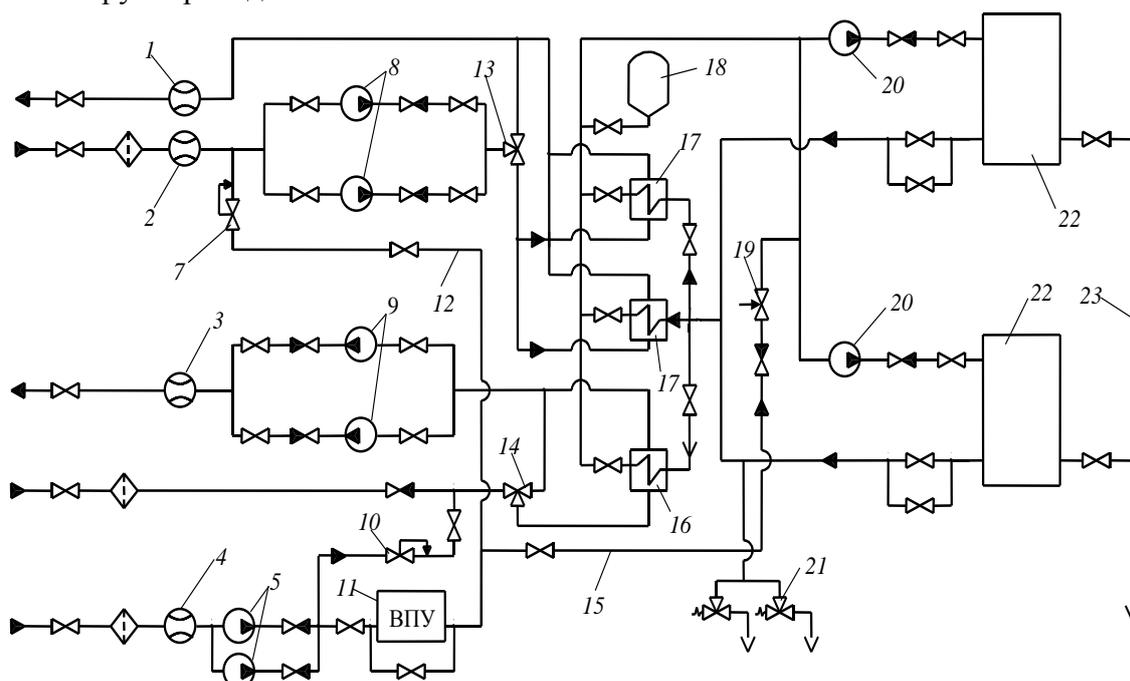


Рис. 1. Схема трубопроводов котельной с разделительными теплообменниками

1,2,3,4 – расходомерное устройство; 5 – насос подпиточный; 6 – трубопровод подпитки системы ГВС; 7,10 – редукционный клапан; 8 – насос сетевой; 9 – насос ГВС; 11 – установка химводоподготовки; 12 – трубопровод подпитки системы отопления; 13,14 – трехходовой смесительный клапан; 15 – трубопровод подпитки котлового контура; 16 – теплообменник ГВС; 17 – теплообменник системы отопления; 18 – мембранный расширительный бак; 19 – запорно-регулирующий клапан; 20 – насос циркуляционный котлового контура; 21 – предохранительный клапан; 2 – котел водогрейный; 23 – дренажный трубопровод.

Подпитка котлового контура производится через трубопровод 15, в составе которого имеется запорно-регулирующий клапан 19. Циркуляция воды в котловом контуре обеспечи-

вается насосами 20. Для компенсации объема воды в котловом контуре предусматривается мембранный расширительный бак 18. Для аварийного сброса воды из котлового контура предусмотрены предохранительные клапаны 21. Продувка для удаления шлама из котлов производится в дренажный трубопровод 23.

Приведенная схема может иметь некоторые отличия в зависимости от конкретных условий, например от уровня ее автоматизации. Так, регулирование температуры воды в подающих трубопроводах отопления и ГВС может производиться регулированием расхода воды котлового контура через теплообменники с помощью регулирующих клапанов. При этом отпадает необходимость установки трехходовых смесительных клапанов 13 и 14. Применением насосов и частотным регулированием вращения можно обеспечивать поддержание постоянства расхода или давления в трубопроводах. Группирование насосов котлового контура с обеспечением работы на все котлы повышает надежность, но усложняет автоматизацию схемы.

### Одноконтурные тепловые схемы

На рис. 2. приведена схема трубопроводов котельной без разделительных теплообменников. Отличительной особенностью схемы является то, что вода из тепловой сети сетевыми насосами 9 подается непосредственно в котлы 2. Так как температура в сетевых трубопроводах поддерживается системой автоматики в зависимости от температуры наружного воздуха, температура в обратном трубопроводе может быть ниже минимально допустимой на входе в котел. Для обеспечения поддержания необходимой температуры на входе в котлы предназначены рециркуляционные насосы 3, для поддержания температуры в обратном трубопроводе не ниже допустимых значений (50-60 °С). Трехходовой смесительный клапан 7 обеспечивает перепуск части воды из обратного сетевого трубопровода в подающий (прямой) для поддержания температуры в нем в соответствии с температурным графиком. Подпитка сетевых трубопроводов производится из трубопровода исходной воды с подпиточным насосом 6.

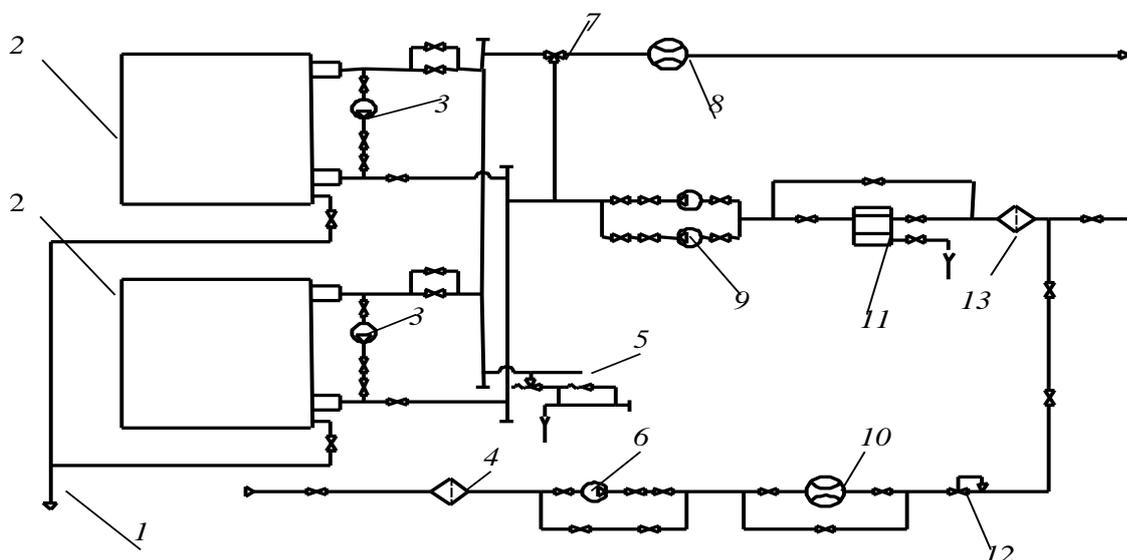


Рис. 2. Схема трубопроводов котельной без разделительных теплообменников

1 – дренажный трубопровод; 2 – котел водогрейный; 3 – рециркуляционный насос; 4, 13 – фильтр; 5 – предохранительный клапан; 6 – насос подпиточный; 7 – трехходовой смесительный клапан; 8, 10 – расходомерное устройство; 9 – насос сетевой; 11 – аппарат электрохимической обработки воды; 12 – редуцирующий клапан

Поддержание давления в сетевом трубопроводе обеспечивается редуцирующим клапаном 12. Продувка шлама из котлов производится через дренажный трубопровод 1.

*Библиографический список*

1. ГОСТ 21.606-95 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации тепломеханических решений котельных [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003275> (Дата обращения: 15.02.2017).