



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Расчет тепловой схемы паровой котельной для выбора основного оборудования

Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию
для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика»
по очной и заочной формам



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского государственного технического университета
2006



Расчет тепловой схемы паровой котельной для выбора основного оборудования. Метод указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика» по очной и заочной формам. Разработали Р.Л.Ермаков, Н.Г.Захарьева.- Иркутск:Изд-во ИрГТУ, 2006.- 52 с.

Приведена методика выбора типа и числа котлов для промышленной паровой котельной по заданным расчетным тепловым нагрузкам в паре на технологические нужды промышленных предприятий и в горячей воде на отопление, вентиляцию, и горячее водоснабжение жилого микрорайона и промузла.

Библиогр.8 назв. Ил. 4. Табл. 3.

Рецензенты: начальник технического отдела института «Сибирский Внипиэнергопром» В.М.Громова; кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики энергетического факультета ИрГТУ В.А.Баширин

Оглавление

Предисловие	4
Введение	6
1. Общие методические положения	8
2. Исходные данные и варианты курсового проекта	12
3 Выбор типа паровых котлов и подготовка принципиальной тепловой схемы котельной	13
4 Определение расчетной производительности котельной и предварительный выбор числа котлов	19
5. Выбор числа котлов с учетом условий их работы в неотопительном периоде и требований аварийного резервирования .	36
6. Определение расхода топлива в котельной	40
Заключение	43
Библиографический список	45
Приложения	46

Предисловие

Учебными планами подготовки инженеров по направлению «Теплоэнергетика» предусмотрено изучение ряда дисциплин, в которых рассматриваются промышленные паровые котельные.

При изучении этих дисциплин выполняются курсовые проекты и контрольные работы, решаются инженерные задачи на практических занятиях, связанные с расчетами принципиальных тепловых схем (ПТС) котельных для выбора состава основного оборудования. Настоящие методические указания (далее – Указания) посвящены решению этих задач. Указания предназначены студентам специальности «Тепловые электростанции» при изучении дисциплины «Технология централизованного производства электрической и тепловой энергии».

Студенты очной и заочной форм обучения выполняют по этой дисциплине курсовой проект, в состав которого входит выбор основного оборудования паровой котельной. Аналогичная задача входит в состав курсового проекта по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения», которую изучают студенты по специальности «Промышленная теплоэнергетика».

Различные задачи, связанные с расчетами ПТС паровых промышленных котельных и с выбором основного оборудования для них, могут входить в состав дипломных проектов студентов, заканчивающих обучение по теплоэнергетическим специальностям.

Кроме учебных целей, Указания могут быть использованы в проектных и эксплуатационных организациях.

Для успешного расчета тепловой схемы и выбора основного оборудования котельной необходимы знания:

- по разделам физики, относящимся к тепловой энергии, теплофизическим свойствам воды и водяного пара;
- по разделам технической термодинамики и тепломассообмена, относящимся к процессам парообразования и конденсации водяного пара, к тепловым балансам теплообменных установок;
- по разделам курсов «Технология централизованного производства тепловой и электрической энергии» и «Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий», относящимся к способам отпуска тепла в горячей воде и водяном паре от котельных, а также к принципиальным тепловым схемам паровых котельных.

Особую важность имеют знания систем единиц измерения физических величин и умение пользоваться при расчетах как международной системой единиц СИ, в которой тепловая мощность котельных измеряется в Мегаваттах, так и практической системой, широко используемой на производстве, в которой тепловая мощность теплоисточников измеряется в Гкал/ч. При этом студенты должны уметь переходить в процессе расчета, в случае необходимости, от одной системы единиц к другой.

Авторы выражают благодарность главному специалисту-теплотехнику института «Сибирский ВНИПИэнергопром» В.М. Громовой за ценные советы и предложения по улучшению инженерно-технического содержания данной работы.

Авторы с благодарностью примут все замечания и предложения, которые будут учтены в дальнейшей работе при подготовке нового издания Указаний. Предложения по исправлению и дополнению данной работы просим направлять авторам на кафедру теплоэнергетики энергетического факультета ИрГТУ.

Введение

Выбор состава основного оборудования для промышленных паровых котельных является одной из основных первоочередных задач, которые решаются при проектировании систем энергоснабжения отдельных промышленных предприятий, промышленных узлов и жилых микрорайонов. Под составом основного оборудования здесь понимается тип и количество паровых котлов, выбранное с учетом требований по допустимому снижению тепловой мощности котельной при аварийном выходе из строя 1-го самого мощного котла, а также режимов работы котлов в неотапительный период.

Эта задача решается при технико-экономическом сравнении отдельного и комбинированного способов энергоснабжения промышленных и жилищно-коммунальных объектов на стадии разработки схемы теплоснабжения. Как известно, при отдельном способе энергоснабжения теплота в виде водяного пара и горячей воды производится, как правило, в паровых котельных на органическом топливе. На этой стадии проектирования достаточно выбрать тип и число паровых котлов, а также определить годовой расход топлива. Вспомогательное оборудование котельной выбирается на последующих стадиях проектирования.

Выбор состава основного оборудования в паровых котельных может выполняться также при разработке технических проектов, когда в течение периода после разработки схемы теплоснабжения произошло изменение расчетных тепловых нагрузок потребителей теплоты, присоединяемых к котельной.

Уточнение состава основного оборудования котельных может производиться также в процессе эксплуатации. Например, при замене физически и морально устаревшего оборудования, а также расширении действующих котельных при подключении к ним новых потребителей теплоты необходимо выполнение расчетов тепловой схемы для обоснованного выбора типа и числа вновь устанавливаемых котлов.

В котельных, отпускающих теплоту в виде водяного пара и горячей воды, могут быть установлены одновременно паровые и водогрейные котлы, либо пароводогрейные котлы, вырабатывающие водяной пар и горячую воду. Однако такие котельные применяются сравнительно редко. В настоящих Указаниях рассматривается наиболее распространенный вид промышленной котельной только с паровыми котлами. При этом Указания окажутся полезными также при расчете ПТС котельных со смешанным составом основного оборудования, т. е. с паровыми и водогрейными котлами.

В тех случаях, когда промышленные потребители, присоединенные к одной котельной, потребляют пар с различными параметрами, возможны следующие варианты отпуска пара от котельной:

- 1) отпуск пара повышенного давления по одному общему паропроводу при получении необходимых параметров пара на тепловых пунктах потребителей с использованием редуционно-охладительных установок (РОУ); возможно повышение давления пара на тепловых пунктах потребителей в паровых компрес-

сорах; практическое применение такого решения возможно при наличии соответствующего оборудования и на основе технико-экономического обоснования,

2) отпуск пара различных давлений по разным паропроводам.

Выбор оптимальной схемы отпуска пара должен производиться на основе технико-экономического расчета, рассмотрение которого не входит в объем настоящих Указаний, в которых рассматривается наиболее распространенный в практике вариант отпуска пара от котельной по двум паропроводам с различными параметрами пара. Причем данные Указания окажутся полезными и при расчете ПТС котельных с другими схемами отпуска пара внешним потребителям.

Расчет тепловой схемы паровой котельной с применением Указаний поможет студентам глубоко изучить технологию производства теплоты в виде водяного пара и горячей воды при раздельном способе энергоснабжения и затем перейти к изучению технологии комбинированного способа выработки электроэнергии и теплоты на ТЭЦ. Следует иметь в виду, что ПТС паровых котельных и паросиловых ТЭЦ на органическом топливе имеют некоторое сходство. Например, тепловые схемы вспомогательного оборудования по подготовке и подаче подпиточной воды для водяных тепловых сетей в паровых котельных и ТЭЦ во многом одинаковы. Разница состоит лишь в том, что подогрев сырой и химочищенной воды, включая деаэрацию химочищенной воды, в котельных осуществляется паром от паровых котлов через РОУ, а на ТЭЦ – паром из регулируемых отборов теплофикационных турбин.

1. Общие методические положения

1.1. Задача по выбору основного оборудования паровой котельной формулируется следующим образом.

Для заданных:

- климатических характеристик места расположения котельной;
- расходов и параметров пара, отпускаемого от котельной промышленным предприятиям, а также расходов и температур возвращаемого конденсата;
- расчетных расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, отпускаемой от котельной внешним потребителям в горячей воде с заданным температурным графиком;
- вида системы горячего водоснабжения;
- вида основного топлива в котельной.

Требуется:

- выбрать тип паровых котлов и подготовить ПТС котельной;
- определить расчетную производительность котельной;
- выбрать состав паровых котлов с учетом условий их работы в неотапительный период, а также требований аварийного резервирования котлов;
- определить часовой и годовой расход топлива для котельной.

При выборе состава котлов на практике приходится учитывать различные ограничения, связанные с вредными воздействиями теплоисточников на окружающую среду. Однако рассмотрение методики учета экологических ограничений не входит в объем расчета тепловой схемы котельной, выполняемого по настоящим Указаниям

1.2. В технической литературе по промышленным котельным расчет ПТС котельной рекомендуется выполнять, как правило, для нескольких режимов её работы. Например, в [5] рекомендуется такой расчет выполнять для 4-х режимов:

- 1-й режим - при расчетной наружной температуре для проектирования отопления, по которому выбирается состав основного оборудования;
- 2-й режим - при средней наружной температуре наиболее холодного месяца, по которому выбранное число котлов проверяется на выполнение нормативных требований по обеспечению тепловых нагрузок при аварийном выходе из строя 1-го самого мощного котла,
- 3-й режим - при средней наружной температуре за отопительный период, по которому определяются показатели годового отпуска тепла и расхода топлива;
- 4-й режим - при работе котельной в неотапительном периоде, по которому уточняется состав и параметры вспомогательного оборудования котельной для обеспечения работы с уменьшенными нагрузками.

В настоящих Указаниях, посвященных расчету ПТС паровой котельной для выбора состава основного оборудования с учетом условий работы котлов в неотапительном периоде, а также требований аварийного резервирования, приведена методика расчета только для 1-го режима. При использовании этой ме-

тодики отпадает необходимость в расчете 2-го режима работы котельной. Более подробное обоснование изложенного здесь методического подхода к учету требований аварийного резервирования приведено в [2]. Методика определения годовой выработки тепловой энергии и годового расхода топлива, изложенная в настоящих указаниях, позволяет отказаться от расчета 3-го режима. Изложение методики расчета ПТС котельной для 4-го режима, по которому выбирается вспомогательное оборудование котельной для работы в неотапительный период, не входит в задачу Указаний. Работа котельной в неотапительный период в Указаниях рассматривается только в объеме проверки выбранного типа паровых котлов на возможность их работы в неотапительный период со сниженными тепловыми нагрузками.

1.3. При расчете ПТС котельной в Указаниях используется уравнение теплового баланса пароводяных подогревателей (ПВП), которое для определения расхода пара на подогреватель имеет вид

$$D_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{(h_{\text{п}} - h_{\text{к}}) \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{п}}$ - тепловая нагрузка ПВП, т.е. расход теплоты, передаваемой паром нагреваемой воде; $h_{\text{п}}$ - энтальпия пара перед ПВП; $h_{\text{к}}$ - энтальпия конденсата после ПВП; $\eta_{\text{п}}$ - КПД подогревателя, показывающий потери теплоты в окружающую среду и принимаемый, как правило, равным 0,98.

Для всех ПВП в котельной, использующих пар из паропроводов собственных нужд после редукиционных установок (РУ), снижающих давление пара до 0,6 МПа, а затем до 0,12 МПа (поз. 2.5 и 3.10 на рис. 3.1), величина $h_{\text{п}}$ принимается равной энтальпии пара до этих РУ, т.к. энтальпия пара в процессе дросселирования остается неизменной. Таким образом, величина $h_{\text{п}}$ определяется по таблицам свойств воды и водяного пара при заданных параметрах пара в паропроводе низкого давления. Величина $h_{\text{к}}$ для всех ПВП, кроме подогревателей сетевой воды (ПСВ), определяется как энтальпия конденсата на линии насыщения при давлении пара в ПВП. Давление пара после первого РУ (поз. 2.5 на рис. 3.1) определяется по максимальной температуре нагреваемой воды в котельной. В рассматриваемой в Указаниях паровой котельной такой максимальной температурой является расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе ($t_{\text{под}}^{\text{р}}$). Например, при $t_{\text{под}}^{\text{р}} = 150^{\circ}\text{C}$ необходимое давление пара, определяемое по температуре насыщения, превышающей значение $t_{\text{под}}^{\text{р}}$ на 5 – 10 $^{\circ}\text{C}$, принято равным 0,6 МПа. Из этого паропровода пар подается также на подогреватель питательной воды перед котлом и на паровой калорифер для подогрева дутьевого воздуха.

Давление пара после второго РУ определяется по расчетному давлению в атмосферных деаэраторах, равному 0,12 МПа. Из этого паропровода пар подается на деаэраторы питательной воды котлов и подпиточной воды тепловой се-

ти, а также на подогреватели сырой и химочищенной воды перед деаэраторами. Величина h_k для ПСВ определяется по температуре конденсата после охладителя (ОК) (п. 2.6 на рис. 3.1), которая зависит от температуры сетевой воды на входе в ОК. В открытых системах теплоснабжения температура сетевой воды на входе в котельную в максимально зимнем режиме ($t_{обр}^{макс}$) равна 70°C . Температура подпиточной воды принимается, как правило, также равной 70°C . Поэтому температуру конденсата после ОК в открытых системах следует принимать не менее 80°C . В закрытых системах величина $t_{обр}^{макс} < 70^\circ\text{C}$, однако, для упрощения расчетов и для обеспечения запаса по расходу пара на ПСВ и по производительности котельной величину h_k рекомендуется определять при температуре 80°C , т.е. такой же как и в открытой системе. Такое упрощение допустимо только при выборе состава основного оборудования котельной. При расчете тепловой схемы паровой котельной в закрытых системах при выбранном составе котлоагрегатов необходимо определять величину $t_{обр}^{макс}$ с учетом охлаждения сетевой воды в водоводяных подогревателях горячего водоснабжения у потребителей и затем по этой величине принимать температуру конденсата после ОК.

1.4. Для определения расходов и температур греющей и нагреваемой воды в водоводяных подогревателях (ВВП) используется уравнение теплового баланса ВВП:

$$G_r(t'_r - t''_r) \cdot C_r \cdot \eta_n = G_n(t''_n - t'_n) \cdot C_n, \quad (1.2)$$

где G_r , G_n - расходы греющей и нагреваемой воды; t'_r , t''_r - температуры греющей воды соответственно до и после ВВП; t'_n , t''_n - температуры нагреваемой воды соответственно до и после ВВП; C_r , C_n - удельные теплоемкости греющей и нагреваемой воды.

В целях упрощения расчетов тепловой схемы котельной в КП допускается не учитывать разницу между значениями C_r и C_n , т.е. в этом случае допускается исключить величины C_r и C_n из уравнения (1.2). При необходимости более точных расчетов значения C_r и C_n определяются в зависимости от температуры воды по [4, приложение 9].

1.5. В процессе расчета тепловой схемы котельной приходится находить параметры потоков пара и воды в деаэраторе подпиточной воды тепловой сети (ДПТС), в деаэраторе питательной воды котлов (ДПВ), в редуционно-охладительной установке (РОУ) и в расширителе непрерывной продувки котлов. Общей чертой этих видов вспомогательного оборудования является то, что они являются смесительными устройствами и параметры потоков пара и воды для них определяются путем совместного решения уравнений материального и теплового балансов.

Уравнение материального баланса представляет собой равенство суммарных расходов входящих и выходящих потоков. Уравнение теплового баланса представляет собой равенство входящих и выходящих суммарных потоков теплоты. Уравнение теплового баланса получают из уравнения материального баланса умножением расхода для каждого потока на величину его удельной энтальпии. Например, для ДПТС (поз. 3.4 на рис. 3.1) эти уравнения будут иметь вид

$$\left. \begin{aligned} G_{\text{подп.тс}} &= G_{\text{хов.тс}} + D_{\text{дптс}} \\ G_{\text{подп.тс}} \cdot t \cdot C &= (G_{\text{хов.тс}} \cdot t \cdot C + D_{\text{дптс}} \cdot h_{\text{п}}) \eta_{\text{п}} \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

В этих уравнениях: t и C – температура и удельная теплоемкость соответствующих потоков воды; $h_{\text{п}}$ – удельная энтальпия потока пара (далее - энтальпия).

Такая система из двух уравнений позволяет найти любые два неизвестных параметра при известных остальных параметрах. Например, в выражении (1.3) любые два параметра могут быть неизвестными, а остальные 4 параметра должны быть известны. Величины C и $h_{\text{п}}$ не входят в число этих параметров, т.к. являются известными.

1.6. В Указаниях, в целях упрощения расчетов, приняты следующие допущения.

1.6.1. В расчетах не рассматривается установка охладителей выпара у деаэраторов питательной воды котлов и подпиточной воды тепловой сети. При этом создается некоторый запас по суммарной номинальной производительности котлов

При необходимости более точных расчетов тепловых схем паровых котельных при установке охладителей выпара (ОВ) деаэраторов рекомендуется учесть подогрев части химочищенной воды в таких ОВ, что позволит получить некоторую экономию топлива за счет использования теплоты выпара и уменьшение затрат на подготовку добавочной воды для котлов за счет уменьшения потерь пара с выпаром.

1.6.2. В ПТС на рис. 3.1 и 3.2 не предусмотрены охладители конденсата, возвращаемого от внешних потребителей пара, а температура этого конденсата принята равной 40 – 50 °С. В тех случаях, когда эта температура будет выше температуры, допустимой по технологии конденсатоочистки, может возникнуть необходимость в установке охладителей конденсата перед конденсатоочисткой, в которых конденсат охлаждается до необходимой температуры за счет нагрева сырой или химочищенной воды (ХОВ). Температура конденсата перед конденсатоочисткой устанавливается по требованиям технологии химической очистки.

1.6.3. Конденсат из мазутного хозяйства с температурой 80 °С направляется в деаэратор питательной воды. В тех случаях, когда потребуется очистка

этого конденсата, необходимо его охладить до температуры $40 - 50^{\circ}\text{C}$ за счет нагрева сырой или химочищенной воды

1.7. Расчет ПТС паровой котельной состоит из следующих этапов.

- 1) Подготовка исходных данных.
- 2) Выбор типа котлов и подготовка ПТС котельной.
- 3) Определение расчетной производительности котельной и предварительный выбор числа котлов.
- 4) Выбор состава котлов с учетом режима их работы в неотапительном периоде, а также требований аварийного резервирования.
- 5) Определение часового и годового расходов топлива в котельной.

1.8. По результатам работы, выполненной согласно п. 1.7 должна быть подготовлена пояснительная записка, в которой приводятся:

- введение, содержащее цель работы и перечень основных исходных данных,
- материалы работы, указанные в п. 1.7.;
- заключение, содержащее анализ полученных результатов и области их применения;
- список используемой литературы.

Пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии со стандартом СТП ИрГТУ «Оформление курсовых и дипломных проектов». При этом особое внимание должно быть уделено правильному оформлению графиков и формул

2. Исходные данные и варианты курсового проекта

Для выполнения расчета ПТС котельной и выбора основного оборудования должны быть подготовлены следующие исходные данные.

2.1. Район расположения проектируемой котельной и климатологические характеристики района, которые должны приниматься либо по нормативным данным [6], либо по справочным данным [4].

2.2. Расчетные расходы, давления и температуры пара, отпускаемого от котельной на производственные нужды по каждому паропроводу.

2.3. Расчетные расходы конденсата (проценты возврата конденсата) и температура конденсата, поступающего в котельную от внешних потребителей пара (для каждого паропровода).

2.4. Расчетные (максимально-часовые) расходы тепла на отопление ($Q_{\text{от.}}^{\text{P}}$) и вентиляцию ($Q_{\text{вент.}}^{\text{P}}$) всех потребителей, присоединенных к котельной

2.5. Среднечасовой за отопительный период расход тепла на горячее водоснабжение ($Q_{\text{г.в.}}^{\text{ср}}$) для всех потребителей.

2.6. Расчетная (максимальная) температура сетевой воды в подающем трубопроводе водяной тепловой сети от котельной.

2.7. Вид системы горячего водоснабжения (открытая или закрытая) потребителей, получающих теплоту от котельной в горячей воде. При закрытой системе принято, что потребители теплоты в жилом микрорайоне не имеют баков-аккумуляторов воды в местных системах горячего водоснабжения, а тепловые пункты промпредприятий промузла оборудованы такими баками.

2.8. Вид основного топлива.

В настоящих Указаниях предусмотрено 50 вариантов курсового проекта (КП), различающихся вышеперечисленными исходными данными, приведенными для всех вариантов в приложении 1

Расчетные тепловые нагрузки жилого микрорайона с заданной численностью населения и для заданного города определяются в предыдущей части КП и используются для расчета ПТС паровой котельной.

В расчете тепловой схемы котельной по настоящим Указаниям в виде отдельного КП расчетные тепловые нагрузки жилого микрорайона принимаются в п. 2 таблицы приложения 1.

3. Выбор типа паровых котлов и подготовка принципиальной тепловой схемы котельной

3.1. Под выбором типа паровых котлов в Указаниях подразумевается выбор конструкции котла в зависимости от заданного вида топлива и выбор параметров пара на выходе из котла в зависимости от заданных максимальных давления и температуры пара во внешнем паропроводе на выходе из котельной, а также в зависимости от расчетной температуры сетевой воды в подающем трубопроводе водяной тепловой сети от котельной.

Из-за дискретности ряда расчетных давлений пара на выходе котлов давление пара в промышленном паропроводе с наибольшим давлением будет в большинстве случаев больше заданного, что обеспечит некоторый запас по пропускной способности этого паропровода. В таких случаях для подачи пара в промышленный паропровод с более низким давлением в котельной устанавливается редуционно-охладительная установка (РОУ). В тех случаях, когда от паровой котельной отпускается только горячая вода, давление пара на выходе из котлов определяется температурным графиком водяной тепловой сети. Например, при максимальной температуре сетевой воды в подающем трубопроводе 150°C необходимое давление пара равно 0,6 МПа. Для таких котельных могут быть выбраны паровые котлы с давлением пара 0,9 либо 1,4 МПа в зависимости от мощности котельной.

Тип паровых котлов, в зависимости от необходимого давления пара, при отсутствии данных о номенклатуре выпускаемых котлов принимается по справочной литературе [3], либо по данным приложения 2. Такие котлы могут быть изготовлены для работы практически на любых широко используемых видах твердого, жидкого и газообразного топлива.

Котлы, вырабатывающие насыщенный пар, применяются в тех случаях, когда пар используется либо в самой котельной (например, только для нагрева сетевой воды) либо в непосредственной близости от неё. В настоящих Указаниях рассматривается наиболее распространенный вид котельной, вырабатывающей перегретый пар, предназначенный для пароснабжения промышленных предприятий, расположенных на значительном расстоянии от котельной. Перегрев пара в этих случаях необходим для предотвращения конденсации пара во внешних паропроводах. Некоторые предприятия могут потреблять пар для совершения механической работы (паровые молоты, паровые приводные турбины). В таких случаях перегрев пара необходим для повышения экономичности паровых двигателей.

3.2. Для иллюстрации методики расчета ПТС паровой котельной при выборе основного оборудования в Указаниях принята ПТС котельной, которая отпускает перегретый пар на производство по двум паропроводам с разными давлениями, а также горячую воду для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

3.2.1. ПТС котельной для открытой системы теплоснабжения приведена на рис. 3.1, в которой следует выделить следующие блоки, включающие группы элементов схемы с общим функциональным назначением.

1) Блок подачи пара внешним потребителям:

1 1. Внешний паропровод с высоким давлением пара, отпускаемого непосредственно от котлов.

1 2 Внешний паропровод с низким давлением пара.

1.3. Редукционно-охладительная установка (РОУ), предназначенная для получения пара низкого давления с заданными параметрами.

1 4 Трубопроводы конденсата, возвращаемого от внешних потребителей пара.

1.5. Бак сбора возвращаемого конденсата.

1 6. Конденсатный насос.

1.7. Конденсатоочистка.

2) Блок нагрева сетевой воды для внешних потребителей:

2.1. Подающий трубопровод.

2.2 Обратный трубопровод.

2 3. Сетевой насос.

2.4. Подогреватель сетевой воды (ПСВ).

2.5. Редукционная установка (РУ), предназначенная для снижения давления пара до 0,6 МПа.

2.6. Охладитель конденсата, предназначенный для охлаждения конденсата после ПСВ для предотвращения вскипания конденсата в конденсатопроводе и в деаэраторе питательной воды.

При реальном проектировании необходимость установки охладителя конденсата после ПСВ определяется из теплового баланса деаэратора питательной воды (ДПВ). Если средняя температура всех потоков химочищенной воды и

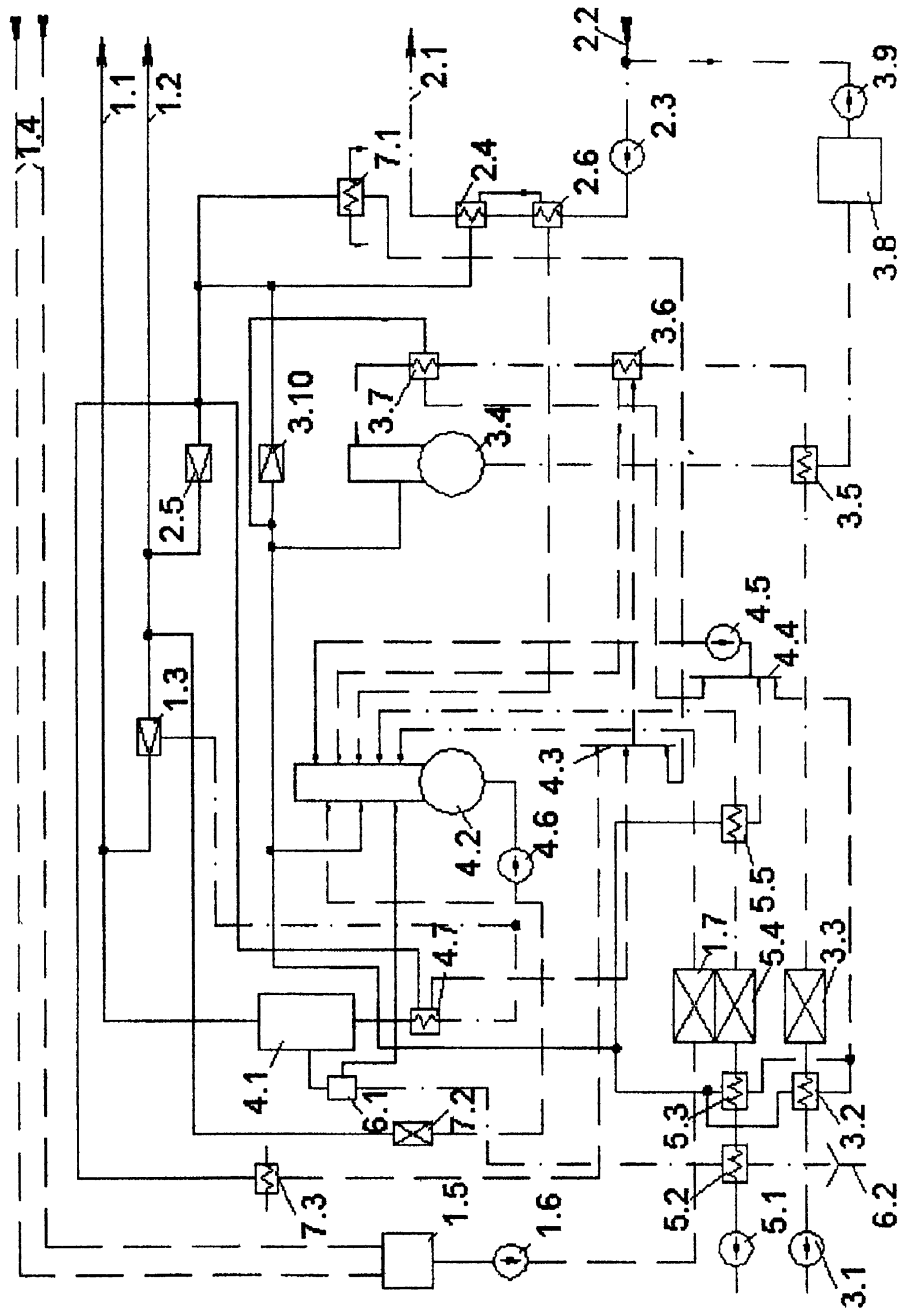


Рис. 3.1. Принципиальная тепловая схема промышленной паровой котельной для открытой системы теплоснабжения

конденсата окажется ниже температуры насыщения при давлении в ДВП, то охладители конденсата можно не устанавливать. Такая ситуация может возникнуть в паровых котельных с большими паровыми нагрузками и с малыми долями возвращаемого конденсата, т.е. с большими расходами добавочной воды для котлов и со сравнительно небольшими нагрузками в горячей воде, т.е. с небольшими расходами конденсата после ПСВ. В настоящем КП установка охладителя конденсата после ПСВ является обязательной в учебных целях.

3) Блок подготовки и подачи подпиточной воды для тепловой сети.

3.1. Насос сырой воды. В качестве сырой воды для подпитки тепловых сетей в соответствии с нормами проектирования [7] при открытой системе теплоснабжения должна применяться только **вода питьевого качества**.

3.2. Подогреватель сырой воды, предназначен для подогрева сырой воды перед ХВО до температуры 30 – 40 °С.

3.3. Химводоочистка для тепловой сети (ХВОТС).

3.4. Деаэратор подпиточной воды для тепловой сети (ДПТС) атмосферного типа. В открытых системах допускается применение вакуумных ДПТС.

3.5. Охладитель подпиточной воды после ДПТС до температуры 70 °С.

3.6. Охладитель конденсата подогревателей с давлением пара 0,6 МПа (ПВД питательной воды 4.7 и калорифер для подогрева дутьевого воздуха 7.3)

3.7 Пароводяной подогреватель ХОВ воды перед ДПТС. В случае установки охладителя конденсата 3.6 этот подогреватель устанавливается тогда, когда в охладителе конденсата не удастся подогреть химочищенную воду до температуры 94 °С.

3.8 Бак-аккумулятор подпиточной воды в открытых системах.

3.9. Подпиточный насос.

3.10. Редукционная установка (РУ) для снижения давления пара с 0,6 до 0,12 МПа, необходимого для работы атмосферных деаэраторов и для подогрева сырой и химочищенной воды.

4) Блок питательной воды котлов:

4.1. Паровой котел.

4.2. Деаэратор питательной воды котлов (ДПВ).

4.3. Сборный коллектор потоков конденсата от подогревателей с давлением пара 0,6 МПа.

4.4. Сборный коллектор потоков конденсата от подогревателей с давлением пара 0,12 МПа.

4.5. Насос для перекачки конденсата в ДПВ. В паровых котельных, при обосновании, могут применяться другие схемы сбора конденсата и подачи его в ДПВ.

4.6. Питательный насос.

4.7. Подогреватель высокого давления (ПВД) для подогрева питательной воды перед котлом. Этот подогреватель устанавливается в тех случаях, когда температура питательной воды на входе в котел по техническим требованиям завода-изготовителя должна быть 145 °С, т.е. выше температуры в ДПВ.

5) Блок подготовки и подачи добавочной воды для котлов

5.1. Насос сырой воды

5.2. Охладитель сбросной продувочной воды до максимальной температуры сбросных вод, допускаемых нормами по защите окружающей среды.

5.3. Подогреватель сырой воды перед ХВО.

5.4. Химводоочистка (ХВО) для добавочной воды котлов.

5.5. Подогреватель химочищенной воды перед ДПВ

6) Блок использования тепла непрерывной продувки котлов

6.1. Расширитель непрерывной продувки котлов.

5.2. Охладитель сбросной продувочной воды (из блока 5).

6.2. Устройство для приема сбросной продувочной воды после охладителя.

7) Блок собственных нужд котельной

7.1. Подогреватель воды на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения котельной. Кроме схемы этого подогревателя, приведенной на рис. 3.1, в котельных могут применяться схемы включения такого подогревателя в контур водяных сетей с использованием сетевой воды в качестве греющего теплоносителя.

7.2. Подогреватель для непрерывного подогрева мазута для подсветки факела угольных котлов при их работе на сниженных нагрузках. Согласно рекомендациям [5] для подогрева мазута используется пар с давлением 1,4 МПа.

7.3. Калорифер для подогрева дутьевого воздуха, устанавливается только для котлов, работающих на высокосернистом топливе, для которых необходимость установки калорифера предусмотрена заводом-изготовителем. Если соответствующие данные отсутствуют, то при определении расчетной производительности котельной по настоящим Указаниям рекомендуется предусматривать установку калорифера для подогрева дутьевого воздуха для паровых котлов паропроизводительностью 50 т/ч и выше.

3.2.2. ПТС котельной для закрытой системы теплоснабжения (ЗС) приведена на рис. 3.2. Основные отличия этой схемы от такой схемы при открытой системе (ОС) находятся только в блоках подготовки и подачи подпиточной воды для тепловой сети (блок 3) и добавочной воды для котлов (блок 5)

Схемы остальных блоков (блоки 1, 2, 4, 6 и 7) при ЗС аналогичны этим схемам при ОС (см. п. 3.2.1).

При ЗС, также как и при ОС, в качестве сырой воды для подпитки тепловой сети должна применяться только **вода питьевого качества**. Однако при ЗС допускается применение для подпитки тепловых сетей технической воды при обязательной ее деаэрации в атмосферных деаэраторах либо при кипячении при температуре не ниже 100 °С. При ЗС допускается [5] не устанавливать отдельный ДПТС, а подпитку тепловой сети производить питательной водой после ДПВ.

В учебных целях на рис. 3.2 приведена ПТС с установкой отдельного ДПТС. При ЗС вместо бака-аккумулятора подпиточной воды устанавливается бак запаса подпиточной воды для заполнения тепловых сетей после устранения аварий

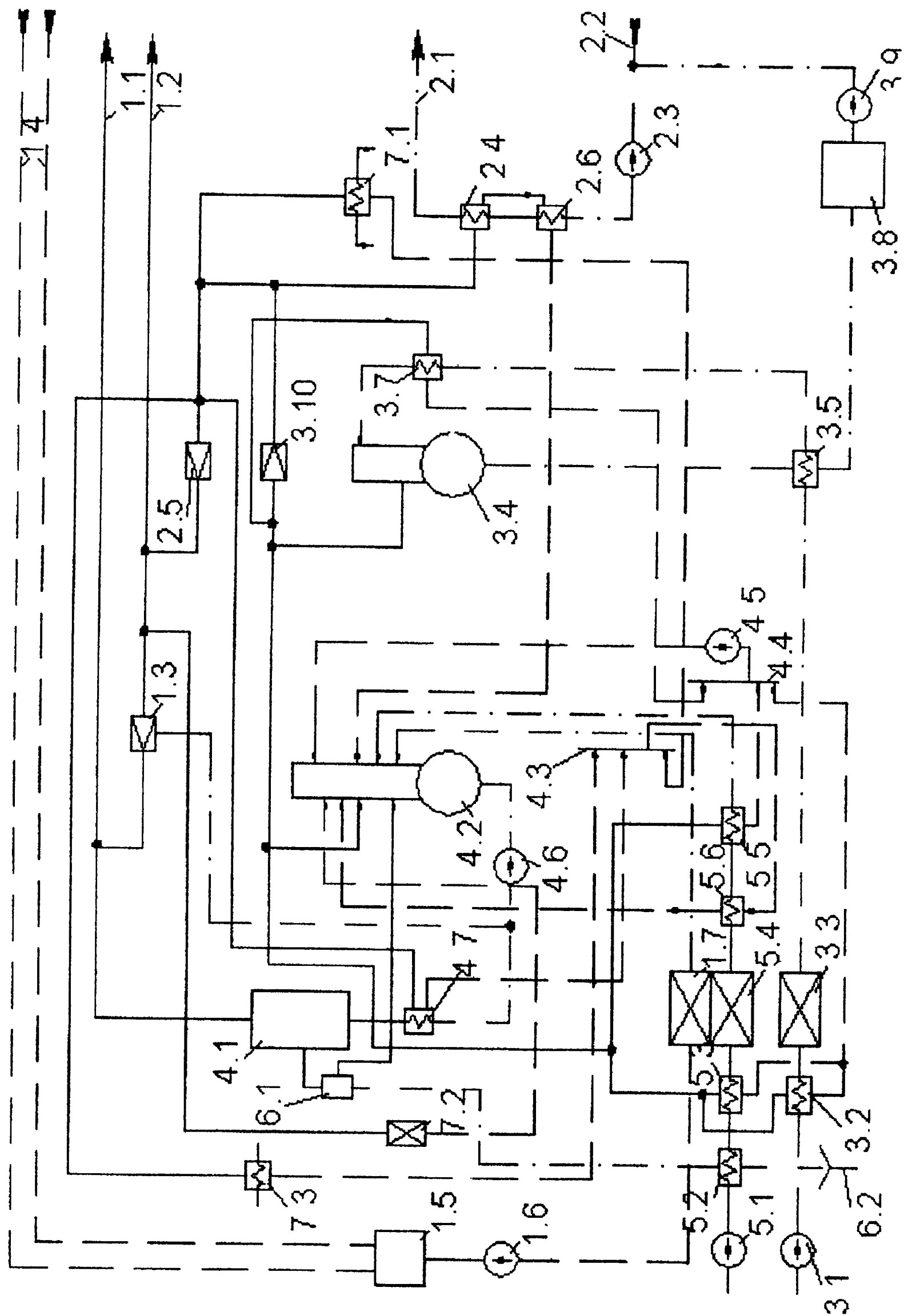


Рис. 3.2. Принципиальная тепловая схема промышленной паровой котельной для закрытой системы теплоснабжения

Схема подогрева химочищенной воды перед ДПТС и ДПВ, приведенная на рис. 3.1, рекомендуется для открытой системы с большим расходом подпиточной воды для тепловой сети. Для закрытой системы теплоснабжения эта схема изменяется следующим образом (рис. 3.2). Охладитель конденсата 3.6 исключается из линии подогрева ХОВ перед ДПТС и включается в линию подогрева ХОВ перед ДПВ в качестве первой ступени подогрева 5.6, а подогреватель 5.5 будет второй ступенью подогрева ХОВ перед ДПВ.

Отличия в ПТС котельных при закрытой и открытой системах теплоснабжения приводят к некоторым отличиям в последовательности расчетов ПТС. Эти отличия находятся только в пп. 4.2.8 и 4.2.9 главы 4. В других пунктах главы 4 и в главах 5 и 6 отличий в методике расчетов ПТС при закрытой и открытой системах нет.

4. Определение расчетной производительности котельной и предварительный выбор числа котлов

Расчетная производительность котельной (D_K^P) определяется по формуле

$$D_K^P = D_K^{ВП} + D_K^{СН} , \quad (4.1)$$

где $D_K^{ВП}$ - расход пара для обеспечения тепловых нагрузок в паре и горячей воде внешних потребителей (ВП); $D_K^{СН}$ - расход пара на собственные нужды котельной.

4.1. Определение величины $D_K^{ВП}$

Для определения величины $D_K^{ВП}$ рекомендуется составить расчетную схему потоков пара, составляющих $D_K^{ВП}$ (рис. 4.1), на основе ПТС котельной (рис. 3.1 и 3.2).

На рис. 4.1 показаны следующие потоки пара:

- $D_{пр}^В, D_{пр}^Н$ - расходы пара высокого ($P_В$) и низкого ($P_Н$) давления на производственные нужды промпредприятий;
- $D_{псв}$ - расход пара на подогреватель сетевой воды (ПСВ);
- $D_{птс}$ - расход пара на подогреватель сырой воды для подготовки подпиточной воды тепловой сети (ТС);
- $D_{дптс}$ - расход пара на деаэратор подпиточной воды ТС.

4.1.1. Величина $D_{псв}$ определяется из теплового баланса ПСВ и охладителя конденсата (ОК) по формуле вида (1.1).

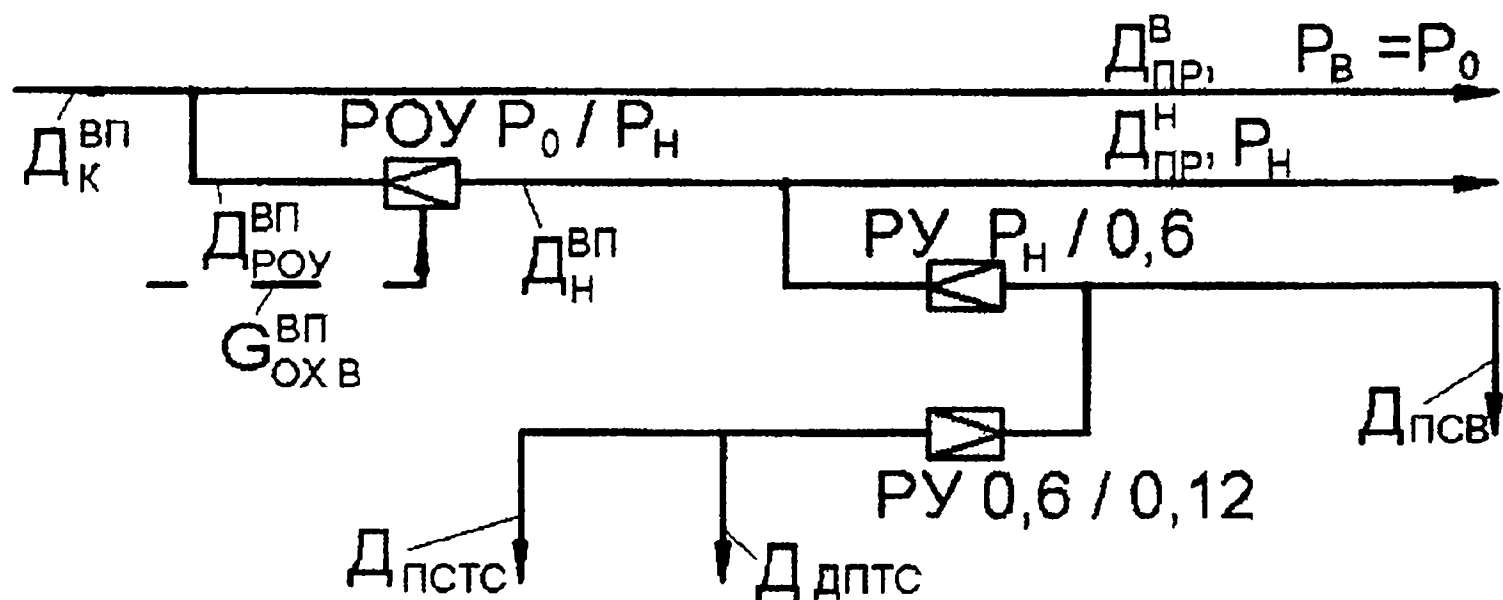


Рис. 4.1. Расчетная схема потоков пара, составляющих величину $D_K^{BП}$

Расчетная тепловая нагрузка ПСВ определяется из выражения

$$Q_{ПСВ}^P = Q_{от}^P + Q_{вент.ж.м}^P + Q_{вент.пр}^P + Q_{ГВ}^P + Q_{ут.тс}^P + Q_{пот.тс}^P - Q_{подп.тс}^P, \quad (4.2)$$

где $Q_{от}^P$, $Q_{ГВ}^P$ - расчетные тепловые нагрузки на отопление и горячее водоснабжение жилого микрорайона и промузла; $Q_{вент.ж.м}^P$, $Q_{вент.пр}^P$ - расчетные тепловые нагрузки на вентиляцию жилого микрорайона и промышленного узла (см. исходные данные); $Q_{ут.тс}^P$ - расчетные потери теплоты с утечками в тепловой сети; $Q_{пот.тс}^P$ - расчетные потери теплоты через тепловую изоляцию трубопроводов ТС, $Q_{подп.тс}^P$ - расчетный поток теплоты, вводимой в сетевую воду с подпиточной водой.

4.1.1.1. Величина $Q_{ГВ}^P$ для открытой системы при установке баков-аккумуляторов подпиточной воды в котельной определяется по формуле

$$(Q_{ГВ}^P)^{oc} = K_c^ж \cdot (Q_{ГВ}^{cp})_{ж.м} + K_c^{пр} (Q_{ГВ}^{cp})_{пр}, \quad (4.3)$$

где $K_c^ж$, $K_c^{пр}$ - коэффициенты суточной неравномерности нагрузки горячего водоснабжения жилого микрорайона и промузла; $(Q_{ГВ}^{cp})_{ж.м}$, $(Q_{ГВ}^{cp})_{пр}$ - среднечасовая за отопительный период нагрузка горячего водоснабжения жилого микрорайона и промузла (см. исходные данные).

Величину K_c рекомендуется принимать [1]:

- для жилого микрорайона $K_c^{\text{ж}} = 1,2$;

- для промузла $K_c^{\text{пр}} = 1,0$.

Величина $Q_{\text{ГВ}}^{\text{Р}}$ для закрытой системы определяется по формуле

$$(Q_{\text{ГВ}}^{\text{Р}})^{\text{ЗС}} = K_{\text{ч}}^{\text{ж}} \cdot K_c^{\text{ж}} (Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}})_{\text{ж.м}} + K_{\text{ч}}^{\text{пр}} \cdot K_c^{\text{пр}} (Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}})_{\text{пр}}, \quad (4.4)$$

где $K_{\text{ч}}^{\text{ж}}$, $K_{\text{ч}}^{\text{пр}}$ - коэффициенты часовой неравномерности нагрузки горячего водоснабжения жилого микрорайона и промузла (см. ниже); остальные величины см. формулу (4.3).

Так как баки-аккумуляторы горячей воды в жилых микрорайонах, как правило, отсутствуют, величина $K_{\text{ч}}^{\text{ж}}$ определяется в зависимости от численности населения в жилом микрорайоне (m) по данным [1, табл. 7.3]. Если $m \geq 20$ тыс. чел., то $K_{\text{ч}}^{\text{ж}} = 2,4$. При $m < 20$ тыс. чел. величина $K_{\text{ч}}$ зависит от m . При отсутствии данных численность населения можно определить по величине $(Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}})_{\text{ж}}$ и по величине удельного среднего за отопительный период расхода теплоты на 1 чел. в жилых зданиях, который можно принять равным 305 Вт/чел [8]. Если в жилом микрорайоне кроме жилых зданий имеются общественные здания, то для упрощения расчетов допускается величины K_c и $K_{\text{ч}}$ для таких общественных зданий принимать такими же как для жилых зданий.

Величина $K_{\text{ч}}^{\text{пр}}$ при наличии баков-аккумуляторов горячей воды на предприятиях равна 1. При отсутствии баков-аккумуляторов величина $K_{\text{ч}}^{\text{пр}}$ может быть определена по данным [1, табл. 7.2].

В курсовом проекте рекомендуется принять $K_{\text{ч}}^{\text{пр}} = 1$, в соответствии с исходными данными (см. п. 2.7).

4.1.1.2. Величина $Q_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}}$ (МВт) определяется по формуле

$$Q_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}} = \frac{c \cdot G_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}} \cdot (t_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}} - t_{\text{х}}^{\text{Р}})}{3600}, \quad (4.5)$$

где c - удельная теплоемкость воды, принимаемая равной 4,2 кДж/кг $^{\circ}\text{C}$; $G_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}}$ - расчетные потери сетевой воды с утечками из тепловой сети, т/ч (см. ниже); $t_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}}$ - расчетная температура потока воды с утечкой из тепловой сети, $^{\circ}\text{C}$ (см. ниже); $t_{\text{х}}^{\text{Р}}$ - расчетная температура холодной воды, поступающей в котельную для компенсации утечек, принимается равной 5 $^{\circ}\text{C}$.

Величина $G_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}}$ (т/ч) принимается в соответствии с рекомендациями [7] равной 0,75% от фактического объема воды (м^3) в тепловых сетях и в местных

системах теплоснабжения, непосредственно присоединенных к тепловым сетям по зависимой схеме ($V_{\text{СЦТ}}$).

Величина $V_{\text{СЦТ}}$, при отсутствии точных данных, принимается [7] из расчета 65 м^3 на 1 МВт суммарной расчетной тепловой нагрузки Q_{Σ}^p , равной сумме расчетных нагрузок отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, учитываемых в формуле (4.2), при закрытой системе и 70 м^3 на 1 МВт – при открытой системе.

При наличии в СЦТ транзитных сетей протяженностью более 5 км следует учесть дополнительный фактический объем этих сетей. В этом случае величину $G_{\text{ут.т.с}}^p$ следует увеличить на дополнительный расход сетевой воды с утечками из транзитных сетей, равный $0,5\%$ от фактического объема транзитных сетей протяженностью сверх 5 км . В настоящем КП наличие протяженных транзитных сетей не учитывается.

Величина $t_{\text{ут.т.с}}^p$ определяется в зависимости от целей расчета. При определении среднегодовых потерь теплоты с утечками сетевой воды эту величину определяют по формуле

$$t_{\text{ут.т.с}}^p = \frac{t_{\text{под}}^p + t_{\text{обр}}^{\text{макс}}}{2}, \quad (4.6)$$

где $t_{\text{под}}^p$ – расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе, $^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{обр}}^{\text{макс}}$ – максимальная температура сетевой воды в обратном трубопроводе, $^{\circ}\text{C}$.

В открытых системах $t_{\text{обр}}^{\text{макс}} = t_{\text{от.обр}}^p = 70^{\circ}\text{C}$.

В закрытых системах величина $t_{\text{обр}}^{\text{макс}}$ определяется с учетом охлаждения сетевой воды в подогревателях горячего водоснабжения.

В настоящих Указаниях рассматривается задача выбора основного оборудования паровой котельной, при решении которой величину $t_{\text{ут.т.с}}^p$ рекомендуется принимать равной $t_{\text{под}}^p$ для обеспечения необходимого запаса тепловой производительности котельной в том случае, когда утечка сетевой воды произойдет в максимально зимнем режиме только из подающего трубопровода.

После определения величины $Q_{\text{ут.т.с}}^p$ рекомендуется определять её долю от суммарной расчетной тепловой нагрузки потребителей теплоты, присоединенных к водяным тепловым сетям от котельной, Q_{Σ}^p по формуле

$$\alpha_{\text{ут}} = \frac{Q_{\text{ут.т.с}}^p}{Q_{\Sigma}^p}.$$

4.1.1.3. Величина $Q_{\text{пот.т.с}}^P$ зависит от величины Q_{Σ}^P и от протяженности тепловых сетей. При отсутствии данных рекомендуется принимать величину $Q_{\text{пот.т.с}}^P$ следующим образом

$$Q_{\text{пот.т.с}}^P = \alpha_{\text{пот}} \cdot Q_{\Sigma}^P ,$$

где $\alpha_{\text{пот}}$ - доля тепловых потерь через тепловую изоляцию трубопроводов, которую, при отсутствии данных, допускается принимается в размере

при Q_{Σ}^P до 20 МВт – 0,03;

при $Q_{\Sigma}^P = 20 - 50$ МВт – 0,04;

при Q_{Σ}^P более 50 МВт – 0,05.

4.1.1.4. Расчетный поток теплоты с подпиточной водой определяется по формуле

$$Q_{\text{подп.т.с}}^P = G_{\text{подп.т.с}}^P \cdot t_{\text{подп.т.с}} \cdot c , \quad (4.7)$$

где $G_{\text{подп.т.с}}^P$ - расчетный расход подпиточной воды; $t_{\text{подп.т.с}}$ - температура подпиточной воды, которую рекомендуется принимать равной 70 °С; c – удельная теплоёмкость воды.

Величина $G_{\text{подп.т.с}}^P$ определяется по формуле

$$G_{\text{подп.т.с}}^P = G_{\text{ут.т.с}}^P + G_{\text{г.в}}^P , \quad (4.8)$$

где $G_{\text{ут.т.с}}^P$ - расчетная величина утечки из тепловых сетей (см. выше);

$G_{\text{г.в}}^P$ - расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение

Для закрытой системы $G_{\text{г.в}}^P = 0$; для открытой системы величина $G_{\text{г.в}}^P$ определяется по формуле

$$G_{\text{г.в}}^P = \frac{Q_{\text{г.в}}^P}{c \cdot (t_{\text{г}}^P - t_{\text{х}}^P)} , \quad (4.9)$$

где $Q_{\text{г.в}}^P$ - расчетный расход теплоты на горячее водоснабжение (см формулу (4.3)); $t_{\text{г}}^P$ - расчетная температура воды в системе горячего водоснабжения; $t_{\text{х}}^P$ - расчетная температура холодной воды, равная 5 °С

Величина $t_{\text{г}}^P$ принимается, в соответствии с нормами [8] для открытой системы, в диапазоне 60 – 75 °С.

4.1.2. Определение расходов пара на подогреватель сырой воды $D_{\text{птс}}$ и на деаэратор подпиточной воды тепловой сети $D_{\text{дптс}}$ производится следующим образом

Для определения величины $D_{птс}$ по формуле (1.1) тепловая нагрузка подогревателя рассчитывается по формуле

$$Q_{п} = c \cdot G_{с.тс} (t''_c - t'_c) , \quad (4.10)$$

где $G_{с.тс}$ - расход сырой воды на подпитку тепловой сети (см. ниже); t''_c - температура сырой воды после подогревателя, принимается по рекомендациям [5] равной 30°C , t'_c - температура сырой воды до подогревателя, принимается равной $t'_c = t^p_x = 5^{\circ}\text{C}$

Величина $G_{с.тс}$ определяется по формуле

$$G_{с.тс} = (1 + \alpha_{хво}) \cdot G_{хов.т.с} , \quad (4.11)$$

где $\alpha_{хво}$ - коэффициент потерь сырой воды в ХВО, принимается по данным [5] равным 0,25; $G_{хов.т.с}$ - расход химочищенной воды для подпитки тепловых сетей, определяется из уравнений материального и теплового баланса ДПТС (см формулы 1.3).

При решении этих уравнений являются известными следующие величины:

а) температура подпиточной воды после ДПТ С ($t_{подп.т.с}$), которая принимается равной температуре насыщения при давлении в ДПТС 0,12 МПа, т е 104°C ;

б) температура химочищенной воды перед ДПТС, которая принимается на 10°C меньше температуры в ДПТС, т е $t''_{хов.т.с} = 104 - 10 = 94^{\circ}\text{C}$;

в) энтальпия пара на входе в ДПТС, которая принимается равной энтальпии пара перед РУ при заданных параметрах пара после РОУ; напоминаем, что при дросселировании пара в РУ до 0,6 МПа и в РУ до 0,12 МПа энтальпия пара не изменяется;

г) расход подпиточной воды, определенный выше (см. п. 4.1.1.4).

В результате решения уравнений материального и теплового баланса ДПТС определяются величины $D_{дптс}$ и $G_{хов.т.с}$.

В итоге определяется искомая величина $D_{птс}$ по формуле (1.1).

4.1.3. Способ дальнейшего расчета для определения величины $D^{\text{вп}}_к$ виден из расчетной схемы на рис. 4.1.

Расход пара низкого давления после РОУ ($D^{\text{вп}}_н$) равен сумме заданного расхода пара $D^{\text{н}}_{пр}$ и ранее определенных величин $D_{псв}$, $D_{птс}$ и $D_{дптс}$.

Расход пара перед РОУ ($D^{\text{вп}}_{роу}$) определяется из уравнений материального и теплового баланса РОУ (см. п. 1.5), при решении которых известны следующие величины:

а) энтальпии пара перед и после РОУ, которые определяются по заданным параметрам пара во внешних паропроводах высокого и низкого давления;

б) энтальпия охлаждающей воды перед РОУ, которая принимается равной энтальпии питательной воды после ДПВ, т.е. равной энтальпии конденсата на линии насыщения при давлении в ДПВ, равном 0,12 МПа;

в) расход пара после РОУ ($D_{\text{н}}^{\text{ВП}}$).

В результате решения этих уравнений определяется величина расхода пара перед РОУ ($D_{\text{роу}}^{\text{ВП}}$).

В итоге величина $D_{\text{к}}^{\text{ВП}}$ будет равна

$$D_{\text{к}}^{\text{ВП}} = D_{\text{пр}}^{\text{В}} + D_{\text{роу}}^{\text{ВП}}.$$

Следует иметь в виду, что найденные в предыдущем расчете величины $D_{\text{роу}}^{\text{ВП}}$ и $D_{\text{н}}^{\text{ВП}}$ учитывают только часть действительных расходов пара перед и после РОУ, т.е. только расходы пара для обеспечения тепловых нагрузок в паре и горячей воде внешних потребителей. Действительные величины этих потоков пара будут включать в себя расходы пара на собственные нужды котельной.

4.2. Определение величины $D_{\text{к}}^{\text{Р}}$

4.2.1. Формулу (4.1) представим в виде

$$D_{\text{к}}^{\text{Р}} = \frac{D_{\text{к}}^{\text{ВП}}}{1 - \alpha_{\text{сн}}^{\text{П}}}, \quad (4.12)$$

где: $\alpha_{\text{сн}}^{\text{П}}$ - коэффициент, показывающий долю расхода пара от котлов на собственные нужды котельной, определяется как

$$\alpha_{\text{сн}}^{\text{П}} = \frac{D_{\text{к}}^{\text{сн}}}{D_{\text{к}}^{\text{Р}}}. \quad (4.13)$$

Дальнейший расчет по определению величины $D_{\text{к}}^{\text{Р}}$ заключается в следующем. Так как величина $\alpha_{\text{сн}}^{\text{П}}$, зависящая от $D_{\text{к}}^{\text{Р}}$, пока неизвестна, необходимо задать значением $\alpha_{\text{сн}}^{\text{П}}$ в диапазоне 0.1-0.4, определить предварительное значение $(D_{\text{к}}^{\text{Р}})'$ по формуле (4.12) и по этому значению определить расходы пара на собственные нужды котельной $(D_{\text{к}}^{\text{сн}})'$ и уточненное значение $(D_{\text{к}}^{\text{Р}})''$. Если разница величин $(D_{\text{к}}^{\text{Р}})'$ и $(D_{\text{к}}^{\text{Р}})''$ будет меньше 5% от величины $(D_{\text{к}}^{\text{Р}})'$, то для дальнейших расчетов следует принять большее значение этих величин. Если эта разница будет больше 5%, то необходимо выполнить итерационную (уточняющую) процедуру расчета. Для этого по величине $(D_{\text{к}}^{\text{Р}})''$ следует определять уточненные значения $(D_{\text{к}}^{\text{сн}})''$ и $(D_{\text{к}}^{\text{Р}})'''$. Итерационный процесс уточнения

D_K^P заканчивается, когда разность значений D_K^P на соседних итерациях будет меньше 5%

Величина D_K^{CH} включает в себя следующие расходы пара и питательной воды на собственные нужды котельной:

- а) питательная вода на обеспечение непрерывной продувки котлов $D_{прод}$;
- б) пар на подогрев сырой воды для подготовки добавочной воды для котлов $D_{пск}$;
- в) пар на подогрев ХОВ для котлов $D_{пховк}$;
- г) пар на подогрев мазута $D_{пм}$;
- д) пар на бытовые тепловые нагрузки котельной (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) $D_{быт.}$;
- е) пар на подогрев питательной воды котлов в ПВД $D_{пвд}$;
- ж) пар на калорифер для подогрева воздуха для котлов $D_{кал.}$;
- з) пар на ДПВ $D_{дпв}$.

4.2.2. Расход питательной воды для обеспечения непрерывной продувки котлов определяется по формуле

$$D_{прод} = \alpha_{прод} \cdot D_K^P, \quad (4.14)$$

где $\alpha_{прод}$ принимается по данным [5] равным 0,03.

4.2.3. Для определения расхода пара на подогрев сырой воды для подготовки добавочной воды котлов $D_{пск}$ с использованием формулы (1.1) определяется тепловая нагрузка подогревателя по формуле

$$Q_{п} = c \cdot G_{с.к} (t_c'' - t_c'), \quad (4.15)$$

где $G_{с.к}$ - расход сырой воды для подготовки добавочной воды котлов, $t_c'' = 30^\circ\text{C}$ (см. п. 4.1.2); t_c' - температура сырой воды перед подогревателем (см. ниже)

4.2.3.1. Величина $G_{с.к}$ определяется аналогично величине $G_{с.т.с}$ по формуле (4.11) при $\alpha_{хво} = 0,25$ по величине $G_{хов.к}$. Расход химочищенной воды для подготовки добавочной воды котлов ($G_{хов.к}$) должен восполнить потери конденсата в тракте паровых котлов и определяется по формуле

$$G_{хов.к} = G_{прод.сбр} + D_{дптс} + G_{ут.к.} + G_{пот.конд.}, \quad (4.16)$$

где $G_{прод.сбр.}$ - расход сбросной продувочной воды после расширителя непрерывной продувки котлов; $D_{дптс}$ - расход пара на ДПТС (см. п. 4.1.2); $G_{ут.к.}$ - потери пара и конденсата с утечками в котельной; $G_{пот.конд.}$ - потери конденсата у внешних потребителей пара.

Величина $G_{прод.сбр}$ определяется из уравнений материального и теплового баланса расширителя непрерывной продувки (РНП) (см. п. 1.5), при решении которых известны следующие величины:

а) расход непрерывной продувки $D_{\text{прод.}}$ (см п. 4.2.2);

б) энтальпия продувки, принимаемая равной энтальпии конденсата на линии насыщения при давлении в барабане котла, которое допускается принять на 10% выше давления пара после котла;

в) энтальпия вторичного пара на выходе из РНП, принимаемая равной энтальпии сухого насыщенного пара при давлении в РНП, которое принимается равным 0,2 МПа для обеспечения подачи пара из РНП в ДПВ.

г) энтальпия сбросной продувочной воды, принимается равной энтальпии конденсата на линии насыщения при давлении в РНП

В результате решения системы уравнений материального и теплового балансов РНП определяются:

- расход вторичного пара $D_{\text{вт. п.}}$;

- расход сбросной продувочной воды $G_{\text{прод.сбр.}}$

Величина $G_{\text{ут.к}}$ принимается по данным [5] равной 3% от $D_{\text{к}}^{\text{р}}$. Величина $G_{\text{пот.конд.}}$ определяется по исходным данным. В итоге определяется величина $G_{\text{с.к}}$ по формулам (4.11) и (4.16).

4.2.3.2. Величина $t'_{\text{с}}$ определяется из теплового баланса охладителя сбросной продувочной воды по уравнению вида (1.2).

В этом уравнении температура греющей (сбросной) воды после охладителя принимается в соответствии с требованиями нормативов по охране окружающей среды не выше 40 °С. Температура нагреваемой воды перед охладителем равна $t_{\text{х}}^{\text{р}} = 5$ °С

В итоге определяется величина $D_{\text{пс.к}}$ по формуле (1.1)

4.2.4. Расход пара на подогрев мазута ($D_{\text{п}}^{\text{м}}$) для угольных котельных принимается по данным [5] в размере 2,5% от $D_{\text{к}}^{\text{р}}$

4.2.5. Расход пара на бытовые нагрузки котельной ($D_{\text{быт}}$) рекомендуется принимать при отсутствии данных в размере 5% от $D_{\text{к}}^{\text{р}}$.

4.2.6. В случае установки ПВД определяется расход пара на ПВД по уравнению (1.1). Тепловая нагрузка ПВД определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = c \cdot G_{\text{пв}} (t''_{\text{пв}} - t'_{\text{пв}}), \quad (4.18)$$

где $G_{\text{пв}}$ - расход питательной воды на входе в котел; $t''_{\text{пв}}$ - температура питательной воды на входе в котел, которая принимается по характеристикам котла (как правило, при установке ПВД – 145 °С); $t'_{\text{пв}}$ - температура питательной воды перед ПВД, которая принимается равной температуре конденсата на линии насыщения при давлении в деаэраторе.

Величина $G_{\text{пв}}$ определяется по выражению

$$G_{пв} = (1 + \alpha_{прод}) \cdot D_k^p, \quad (4.19)$$

где $\alpha_{прод} = 0,03$ (см. п. 4.2.2).

4.2.7. Расход пара на калориферы для подогрева дутьевого воздуха определяется по формуле

$$D_{кал} = \alpha_{кал} \cdot D_k^p,$$

где $\alpha_{кал}$ - доля расхода пара на калорифер для подогрева дутьевого воздуха.

При отсутствии соответствующих данных из теплового расчета котлов для калориферов с давлением пара 0,6 МПа величину $\alpha_{кал}$ допускается принимать, по рекомендациям [5], равной 0,048

Напоминаем, что величину $D_{кал}$ рекомендуется определять только для паровых котлов производительностью 50 т/ч и выше.

4.2.8. Для определения расхода пара на подогреватель ХОВ перед ДПВ по уравнению (1.1) определяется тепловая нагрузка подогревателя по формуле

$$Q_{п} = c \cdot G_{хов.к} (t''_{хов.к} - t'_{хов.к}), \quad (4.20)$$

где $G_{хов.к}$ определен выше (см. п. 4.2.3.1); $t''_{хов.к}$ принимается на 10°C ниже температуры насыщения при давлении в ДПВ, $t'_{хов.к}$ - температура химочищенной воды перед подогревателем, которая определяется в зависимости от схемы подогрева ХОВ.

4.2.8.1. Для схемы подогрева ХОВ при открытой системе теплоснабжения (рис. 3.1) величину $t'_{хов.к}$ рекомендуется принимать на $2 - 3^\circ\text{C}$ ниже температуры сырой воды перед ХВО, которая принимается равной 30°C (см. п. 4.1.2)

4.2.8.2. Для схемы подогрева ХОВ при закрытой системе теплоснабжения (рис. 3.2) величину $t'_{хов.к}$ следует принимать равной температуре ХОВ после охладителя конденсата 5.6 на рис. 3.2, которую следует определять из уравнения теплового баланса этого охладителя.

В тепловом балансе охладителя конденсата (формула 1.2) известны следующие величины:

- а) расход нагреваемой ХОВ, подаваемой в ДПВ, определен в п. 4.2.3.1,
- б) расход греющей воды, равный сумме потоков конденсата от ПВД (см. п. 4.2.6), от калорифера дутьевого воздуха (см. п. 4.2.7) и от подогревателя воды на бытовые нагрузки котельной (см. п. 4.2.5);
- в) температура нагреваемой ХОВ перед охладителем $t_{хов.к}$, принимаемая на $2 - 3^\circ\text{C}$ ниже температуры сырой воды перед ХВО, которая принимается равной 30°C (см. п. 4.1.2);
- г) температура греющей воды перед охладителем равна температуре конденсата на линии насыщения при давлении пара в подогревателях, т.е. 0,6 МПа

Для определения неизвестных температур греющей и нагреваемой воды после охладителя конденсата применяется метод последовательных приближений, при котором расчет выполняется в два этапа. На первом этапе следует задаться температурой ХОВ после охладителя конденсата ($t'_{\text{хов.к}}$) равной 94°C , т.е. на 10°C ниже температуры насыщения при давлении в ДПВ, равном 0,12 МПа.

Затем следует определить температуру греющего потока конденсата после охладителя ($t''_{\text{конд.0,6}}$).

Если полученное значение $t''_{\text{конд.0,6}}$ будет удовлетворять условию

$$t''_{\text{конд.}} > t'_{\text{хов.к}} + 10, \quad (4.21)$$

то это значение $t''_{\text{конд.}}$ можно использовать для дальнейших расчетов и величина $t'_{\text{хов.к}}$ будет равна заданному значению 94°C . В этом случае отпадает необходимость в установке пароводяного подогревателя 5.5.

Если условие (4.21) не выполняется, то необходим переход ко второму этапу расчета. В этом случае потоком конденсата из коллектора 4.3 нагреть ХОВ до 94°C невозможно. На этом этапе необходимо выполнить уточняющий расчет теплового баланса охладителя конденсата, в котором следует задаться новым значением $t''_{\text{конд.0,6}}$, удовлетворяющим условию (4.21). При этом должно быть определено значение $t'_{\text{хов.к}}$, которое будет меньше 94°C . Для нагрева ХОВ до 94°C возникает необходимость в установке пароводяного подогревателя 5.5.

4.2.8.3. При всех схемах подогрева ХОВ энтальпия пара перед подогревателем 5.5 принимается по параметрам пара в паропроводе низкого давления, т.е. после РОУ, а энтальпия конденсата принимается на линии насыщения при давлении 0,12 МПа.

4.2.9. Расход пара на ДПВ определяется из уравнений материального и теплового баланса ДПВ.

4.2.9.1. Для составления этих уравнений рекомендуется подготовить расчетную схему (рис. 4.2).

В уравнениях материального и теплового баланса ДПВ должны быть известны следующие величины:

а) расход и температура химочищенной воды перед ДПВ (см. пп. 4.2.3.1 и 4.2.8);

б) расход и энтальпия пара вторичного вскипания из РНП, равная энтальпии сухого насыщенного пара при давлении в РНП (см. п. 4.2.3.1);

в) суммарный поток конденсата из конденсатоочистки и средняя температура этого потока; величина этого потока определяется по выражению

$$G_{\text{конд.оч.}} = G_{\text{конд.}}^{\text{в}} + G_{\text{конд.}}^{\text{н}},$$

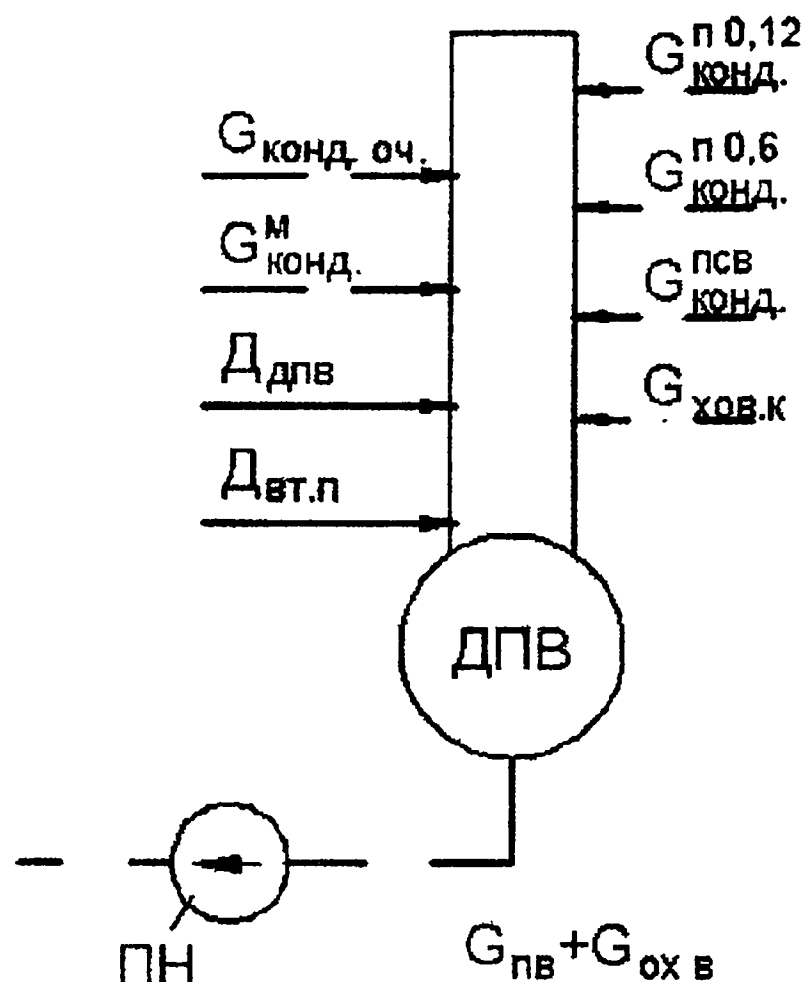


Рис. 4.2. Расчетная схема материального баланса ДПВ

где $G_{\text{конд.}}^{\text{в}}$, $G_{\text{конд.}}^{\text{н}}$ - расходы конденсата, возвращаемого в котельную от потребителей пара $P_{\text{в}}$ и $P_{\text{н}}$, определяются по исходным данным. Средняя температура потока конденсата после конденсатоочистки определяется как температура смеси потоков конденсата, возвращаемого от внешних потребителей с заданными температурами; в целях упрощения расчетов допускается не учитывать потери конденсата в конденсатоочистке; в случае необходимости такого учета величину $G_{\text{конд. оч.}}$ следует уменьшить на величину потерь конденсата и на величину этих потерь увеличить расход ХОВ для котлов; в курсовом проекте можно не учитывать охлаждение конденсата перед конденсатоочисткой; при необходимости такого учета температуру конденсата после бака можно снизить путем нагрева сырой или химочищенной воды;

г) расход ($G_{\text{конд.}}^{\text{м}}$) и температура конденсата от мазутохозяйства, которую рекомендуется принимать, при отсутствии данных, равной 80°C ; величину $G_{\text{конд.}}^{\text{м}}$ принимают равной $D_{\text{п}}^{\text{м}}$ (см п. 4.2.4);

д) расход и температура конденсата от ПСВ (см. пп. 4.1.1 и 1.3);

е) суммарный расход ($G_{\text{конд.}}^{\text{п 0,6}}$) и температура конденсата от подогревателей с давлением пара 0,6 МПа, т.е. из коллектора 4.3; величина $G_{\text{конд.}}^{\text{п 0,6}}$ опреде-

ляется как сумма расходов конденсата от калорифера дутьевого воздуха $G_{\text{конд}}^{\text{кал}}$, от ПВД $G_{\text{конд}}^{\text{ПВД}}$ и от подогревателя, обеспечивающего бытовые нагрузки котельной $G_{\text{конд}}^{\text{быт.}}$; величины этих расходов конденсата равны соответствующим расходам пара, способ определения температуры суммарного потока конденсата $G_{\text{конд}}^{\text{п0.6}}$ (см. п.4.2.8.2);

ж) суммарный расход ($G_{\text{конд}}^{\text{п0.12}}$) и температура конденсата от подогревателей с давлением пара 0,12 МПа, т.е. из коллектора 4.4; величина $G_{\text{конд}}^{\text{п0.12}}$ определяется как сумма расходов конденсата от подогревателей сырой и химочищенной воды, т.е как сумма соответствующих расходов пара $D_{\text{пстс}}$ (см. п. 4.1.2), $D_{\text{пск}}$ (см. п. 4.2.3), $D_{\text{пховтс}}$ (см. ниже) и $D_{\text{пховк}}$ (см. п. 4.2.8), температура потока конденсата $G_{\text{конд}}^{\text{п0.12}}$ принимается равной температуре конденсата на линии насыщения при давлении 0,12 МПа.

4.2.9.2. Температура суммарного потока конденсата $G_{\text{конд}}^{\text{п0.6}}$ и расходы пара на подогреватели ХОВ для подпитки тепловой сети и котлов $D_{\text{пховтс}}$ и $D_{\text{пховк}}$ зависят от схемы теплоснабжения.

При открытой системе теплоснабжения определение указанных величин рекомендуется производить в 3 этапа.

На первом этапе определяется температура химочищенной воды после охладителя подпиточной воды 3.5 ($t_{\text{хов.тс}}^{\text{пр.}}$) из уравнения теплового баланса охладителя (формула 1.2), в котором известны следующие величины:

- а) расходы греющей (подпиточной) и нагреваемой (химочищенной) воды,
- б) температура греющей воды до охладителя (см. п. 4.1.2) и после охладителя, принимаемая равной 70°C ,
- в) температура химочищенной воды на выходе из ХВО, т.е до охладителя подпиточной воды ($t'_{\text{хов.тс}}$), которая принимается на $2 - 3^{\circ}\text{C}$ ниже температуры сырой воды перед ХВО.

На втором этапе определяется температура общего потока конденсата из коллектора 4.3 после охладителя этого потока (3.6) из уравнения теплового баланса этого охладителя (формула 1.2), в котором известны следующие величины:

- а) расходы греющей (общий поток конденсата) и нагреваемой (химочищенная вода перед ДПТС) воды;
- б) температура потока конденсата из коллектора 4.3, которая принимается равной температуре конденсата на линии насыщения при давлении 0,6 МПа;
- в) температура химочищенной воды перед охладителем конденсата 3.6, которая равна температуре этой воды после охладителя подпитки $t_{\text{хов.тс}}^{\text{пр.}}$, опреде-

ленной на предыдущем этапе расчета. Так как в уравнении теплового баланса охладителя конденсата остаются неизвестными температуры греющей и нагреваемой воды после охладителя, то значения этих температур необходимо определять методом последовательных приближений. Вначале следует задаться температурой химочищенной воды после охладителя конденсата ($t''_{\text{хов.тс}}$), равной 94°C , т.е. на 10°C ниже температуры насыщения при давлении в деаэраторе, равном $0,12\text{ МПа}$. Затем следует определить температуру общего потока конденсата ($t''_{\text{конд}}$). Если найденное значение $t''_{\text{конд}}$ будет удовлетворять условию (4.21), в которое вместо величины $t''_{\text{хов.к}}$ следует подставить величину $t''_{\text{хов.тс}}$, то полученное значение $t''_{\text{конд}}$ можно использовать в дальнейших расчетах и величина $t''_{\text{хов.тс}}$ будет равна заданному значению 94°C .

Если условие (4.21) не выполняется, то необходим переход к 3-му этапу расчета. В этом случае потоком конденсата из коллектора 4.3 нагреть химочищенную воду в охладителе конденсата до заданной температуры 94°C технически невозможно. На этом этапе надо выполнить уточняющий расчет теплового баланса охладителя конденсата, в котором задаться новым значением $t''_{\text{конд}}$, которое удовлетворяло бы условию (4.21). При этом должно быть определено значение $t''_{\text{хов.тс}}$, которое будет меньше 94°C . Для нагрева ХОВ до температуры 94°C будет использоваться дополнительный пароводяной подогреватель 3.7.

Для определения расхода пара на подогреватель ХОВ перед ДПТС по формуле (1.1) определяется тепловая нагрузка этого подогревателя по формуле

$$Q_{\text{п}} = c \cdot G_{\text{ховтс}} (94 - t''_{\text{хов.тс}}), \quad (4.22)$$

где значение $G_{\text{ховтс}}$ см. п. 4.1.2; величина $t''_{\text{хов.тс}}$ определена на предыдущем этапе.

4.2.9.3. При закрытой системе теплоснабжения температуры суммарного потока конденсата из коллектора 4.3 и расход пара на подогрев ХОВ перед ДПВ определены в п. 4.2.8

Расход пара на подогреватель ХОВ перед ДПТС определяется по формулам (1.1) и (4.22), в которую вместо величины $t''_{\text{хов.тс}}$ подставляется промежуточное значение температуры ХОВ после охладителя подпиточной воды $t^{\text{пр.}}_{\text{хов.тс}}$. Величина $t^{\text{пр.}}_{\text{хов.тс}}$ определяется из уравнения теплового баланса охладителя (формула 1.2) по методике, описанной для первого этапа расчетов в п. 4.2.9.2 для открытой системы.

4.2.9.4. При всех схемах подогрева ХОВ расход конденсата из коллектора 4.4 определяется с учетом расхода конденсата от подогревателей ХОВ перед ДПВ и ДПТС.

4.2.9.5. В результате решения системы уравнений материального и теплового балансов ДПВ определяются две неизвестных величины:

- расход пара на ДПВ ($D_{\text{ДПВ}}$);
- расход питательной воды на выходе из деаэратора, равный сумме расхода питательной воды, проходящей через ПВД в экономайзеры котлов, и расхода охлаждающей воды на РОУ ($G_{\text{ПВ}} + G_{\text{ОХ.В}}$).

4.2.10. Если при решении системы уравнений материального и теплового балансов ДПВ величина $D_{\text{ДПВ}}$ окажется отрицательной, это будет означать, что средняя энтальпия всех входящих в ДПВ потоков, кроме $D_{\text{ДПВ}}$, оказалась выше энтальпии сухого насыщенного пара при давлении в ДПВ.

В этом случае возможны два варианта дальнейших расчетов тепловой схемы котельной.

Первый вариант. Если решается задача определения расчетной производительности котельной для выбора числа котлов, то в дальнейшем расчете допустимо принимать отрицательное значение $D_{\text{ДПВ}}$. Такое допущение не приведет к ошибочным результатам при решении данной задачи. В курсовом проекте рекомендуется принять этот первый вариант.

Второй вариант. Если решается задача разработки тепловой схемы котельной и выбора не только основного, но и вспомогательного оборудования, необходима корректировка теплового баланса ДПВ с уменьшением энтальпии некоторых входящих потоков конденсата и ХОВ для получения положительного значения величины $D_{\text{ДПВ}}$. Для этого рекомендуется рассмотреть, с выполнением необходимых расчетов, следующие варианты:

- уменьшение температуры ХОВ после подогревателя 5 5;
- охлаждение потока конденсата из мазутохозяйства за счет подогрева сырой воды.

Этот второй вариант рекомендуется проработать при дипломном проектировании.

4.2.11. Расход охлаждающей воды на РОУ ($G_{\text{ОХ.В}}$) и расход пара на РОУ из паропровода после котлов $D_{\text{РОУ}}$ определяется путем повторного (уточняющего) решения уравнений материального и теплового балансов РОУ (см. п. 4.1.3), которые составляются с использованием ПТС котельной (рис. 3.1 и 3.2) и расчетной схемы (рис. 4.1).

При решении этой системы уравнений должны быть известны следующие параметры:

- а) энтальпия охлаждающей воды, которая принимается равной энтальпии конденсата на линии насыщения при давлении в ДПВ;
- б) энтальпия пара перед РОУ, которая определяется по параметрам пара на выходе из котла;
- в) энтальпия пара после РОУ, которая принимается по заданным параметрам пара во внешнем паропроводе;
- г) расход пара низкого давления после РОУ ($D_{\text{К}}^{\text{Н}}$), который определяется как сумма следующих расходов пара:

- 1) низкого давления после РОУ для обеспечения тепловых нагрузок в паре и горячей воде внешних потребителей ($D_H^{ВП}$);
- 2) на подогреватель сырой воды для подготовки добавочной воды для котлов ($D_{пск}$);
- 3) на подогрев химочищенной воды перед ДПВ ($D_{п.хов.к}$);
- 4) на подогрев мазута ($D_{п}^M$);
- 5) на бытовые нагрузки котельной ($D_{быт.}$);
- 6) на ПВД ($D_{пвд}$);
- 7) на калориферы дутьевого воздуха ($D_{кал}$);
- 8) на ДПВ ($D_{дпв}$);
- 9) на подогрев химочищенной воды перед ДПТС.

В результате решения уравнений теплового и материального балансов РОУ определяются расходы охлаждающей воды ($G_{ох.в}$) и пара на РОУ ($D_{роу}$).

4.2.12. Расход питательной воды $G_{пв}$ определяется как разность величин $(G_{пв} + G_{ох.в})$ и $G_{ох.в}$, определенных выше.

4.2.13. По величине $G_{пв}$ находим уточненное значение $(D_K^P)'$ при $\alpha_{прод.} = 0,03$ по формуле (4.19).

Полученное значение $(D_K^P)'$ сравнивается с предварительно принятым значением D_K^P в п. 4.2.1 и, при необходимости, выполняется итерационный процесс уточнения величины D_K^P , описанный в п. 4.2.1. Итерационный процесс расчетов начинают с п. 4.2.2. Для дальнейших расчетов принимается уточненное значение D_K^P .

4.2.14. По уточненной величине D_K^P определяются:

а) уточненное значение коэффициента собственных нужд паровой котельной по расходу пара от котлов $\alpha_{сн}^п$ по видоизмененной формуле (4.1)

$$\alpha_{сн}^п = \frac{D_K^P - D_K^{ВП}}{D_K^P}, \quad (4.23)$$

где $D_K^{ВП}$ см. п. 4.1.3.

б) значение коэффициента собственных нужд паровой котельной по расходу теплоты по формуле

$$\alpha_{сн}^т = \frac{Q_K^P - Q_K^{ВП}}{Q_K^P}, \quad (4.24)$$

где Q_K^P - расчетная тепловая мощность котельной; $Q_K^{ВП}$ - расчетная суммарная тепловая нагрузка внешних потребителей в паре и горячей воде.

Величина Q_K^P определяется по формуле

$$Q_K^P = D_K^P (h_{п} - h_{пв}), \quad (4.25)$$

где $h_{п}$ и $h_{пв}$ - энтальпия пара на выходе из котлов и энтальпия питательной воды, которые определяются по параметрам котлов (см. приложение 2)

Величина $Q_K^{ВП}$ определяется по формуле

$$Q_K^{ВП} = Q_{от}^P + Q_{вент.ж.м}^P + Q_{вент.пр}^P + Q_{гв}^P + Q_{ут.тс}^P + Q_{пот.тс}^P + Q_{пр}^B + Q_{пр}^H, \quad (4.26)$$

где $Q_{от}^P$, $Q_{вент.ж.м}^P$, $Q_{вент.пр}^P$, $Q_{гв}^P$ - см. формулу (4.2); $Q_{ут.тс}^P$ - см. п. 4.1.1.3, $Q_{пот.тс}^P$ - см. п. 4.1.1.4; $Q_{пр}^B$, $Q_{пр}^H$ - см. п. 5.1 и формулы (5.4) и (5.5).

4.3. Предварительный выбор числа котлов

По выбранному типу паровых котлов (см. главу 3) и по определенному значению D_K^P выбирается предварительное число котлов из номенклатурных справочников котлов, выпускаемых заводами-изготовителями. В курсовом проекте такой выбор рекомендуется производить по приложению 2.

Выбор паровых котлов производится с учетом следующих рекомендаций проектных организаций:

- число котлов должно быть не меньше 3-х;
- выбираются котлы с наибольшей производительностью одинакового типоразмера.

Предварительное число котлов определяется по формуле

$$n_{предв.} = \frac{D_K^P}{D_{ед}^P},$$

где $D_{ед}^P$ - расчетная (номинальная) производительность выбранного котла (единичная мощность).

Полученное дробное число n округляется до целого значения в большую сторону. Полученное предварительное число котлов должно быть проверено на выполнение условий работы котлов в неотопительном периоде, а затем на выполнение требований аварийного резервирования. Методика этой проверки приведена в следующей главе.

5. Выбор числа котлов с учетом условий их работы в неотапительном периоде и требований аварийного резервирования

5.1. Учет условий работы котлов в неотапительном периоде

Выбранный тип котлов необходимо проверить на возможность их работы при минимальных нагрузках в неотапительном периоде. Для такой проверки необходимо иметь данные о допустимом снижении тепловой нагрузки выбранных котлов ($Q_{ед}^{мин}$), т.е. о минимальной допустимой единичной тепловой мощности одного котла при его разгрузке, а также о минимальной тепловой нагрузке котельной в неотапительном периоде ($Q_k^{мин}$).

Величину $Q_{ед}^{мин}$, при отсутствии данных, рекомендуется принимать в долях ($\varphi_{ед}^{мин}$) от расчетной единичной тепловой мощности котла ($Q_{ед}^p$).

Величину $\varphi_{ед}^{мин}$, при отсутствии данных, рекомендуется принимать:

- для угольных котлов со слоевыми топками - 0,7;
- для угольных котлов с камерными топками - 0,4;
- для газомазутных котлов - 0,3.

Величина $Q_{ед}^p$ определяется по формуле

$$Q_{ед}^p = D_{ед}^p (h_p - h_{пв}), \quad (5.1)$$

где $h_p, h_{пв}$ - энтальпии пара на выходе из котла и питательной воды, определяемые по известным параметрам пара и питательной воды (см приложение 2).

Величина $Q_k^{мин}$ определяется по формуле

$$Q_k^{мин} = (Q_{г.в}^p)^{неот} + (Q_{пр}^в)^{неот} + (Q_{пр}^н)^{неот}, \quad (5.2)$$

где $(Q_{г.в}^p)^{неот}$ - расчетная тепловая нагрузка горячего водоснабжения в неотапительный период; $(Q_{пр}^в)^{неот}, (Q_{пр}^н)^{неот}$ - тепловая нагрузка промышленных потребителей пара соответственно с высоким и низким давлением в неотапительный период.

Величина $(Q_{г.в}^p)^{неот}$ определяется по формуле

$$(Q_{г.в}^p)^{неот} = \beta^{неот} \cdot \frac{55 - t_x^{неот}}{55 - t_x^p} \cdot Q_{г.в}^p, \quad (5.3)$$

где $\beta^{\text{неот}}$ - коэффициент, показывающий снижение потребления горячей воды в неотапительный период; $t_x^{\text{неот}}$ - температура воды в холодном источнике в неотапительный период, принимаемая, при отсутствии данных, равной $+15^\circ\text{C}$; $Q_{\text{г.в}}^{\text{P}}$ - см. п. 4.1.1.1.

В соответствии с проектной практикой значение $\beta^{\text{неот}}$ рекомендуется принимать:

- для жилых микрорайонов, кроме курортных городов, $\beta = 0,8$;
- для курортных городов в южных районах ранее действующие проектные нормативы рекомендовали принимать $\beta = 1,5$; однако следует учитывать, что численность населения в таких городах в неотапительный период может увеличиваться в несколько раз;
- для промпредприятий $\beta = 1$.

Величина $(Q_{\text{пр}}^{\text{В}})^{\text{неот}}$ определяется по заданной доле тепловой нагрузки промпредприятия в неотапительном периоде (см. исходные данные) от расчетного значения этой нагрузки $(Q_{\text{пр}}^{\text{В}})^{\text{P}}$.

Величина $(Q_{\text{пр}}^{\text{В}})^{\text{P}}$ определяется по формуле

$$(Q_{\text{пр}}^{\text{В}})^{\text{P}} = D_{\text{пр}}^{\text{В}} [h_{\text{п}}^{\text{В}} - (h_{\text{к}}^{\text{В}})^{\text{усл}}], \quad (5.4)$$

где $D_{\text{пр}}^{\text{В}}$ - расчетный расход пара высокого давления (см. исходные данные); $h_{\text{п}}^{\text{В}}$ - энтальпия пара высокого давления, определяемая по заданным параметрам пара (см. исходные данные); $(h_{\text{к}}^{\text{В}})^{\text{усл}}$ - условная энтальпия возвращаемого конденсата.

При полном возврате конденсата величина $(h_{\text{к}}^{\text{В}})^{\text{усл}}$ равна фактической энтальпии конденсата. При частичном возврате конденсата величина $(h_{\text{к}}^{\text{В}})^{\text{усл}}$ определяется по формуле

$$(h_{\text{к}}^{\text{В}})^{\text{усл}} = \frac{h_{\text{к}}^{\text{В}} \cdot G_{\text{к}}^{\text{В}} + h_{\text{с}} \cdot G_{\text{с}}^{\text{В}}}{G_{\text{к}}^{\text{В}} + G_{\text{с}}^{\text{В}}}, \quad (5.5)$$

где $h_{\text{к}}^{\text{В}}$ - энтальпия возвращаемого конденсата от потребителей пара высокого давления, определяется по заданной температуре возвращаемого конденсата (см. исходные данные); $h_{\text{с}}$ - энтальпия сырой воды для подготовки добавочной воды, восполняющей потери конденсата у потребителей пара, определяемая при температуре сырой воды 5°C ; $G_{\text{к}}^{\text{В}}$ - расход конденсата, возвращаемого от потребителей пара высокого давления (см. исходные данные); $G_{\text{с}}^{\text{В}}$ -

расход сырой воды для подготовки добавочной воды, восполняющей потери конденсата у потребителей пара, который рекомендуется принять равным количеству невозвращенного конденсата (см. исходные данные).

Величина $(Q_{\text{пр}}^{\text{н}})^{\text{р}}$ определяется аналогично величине $(Q_{\text{пр}}^{\text{в}})^{\text{р}}$ по соответствующим исходным данным о паропроводе низкого давления с использованием формул (5.4) и (5.5).

После определения величины $Q_{\text{к}}^{\text{мин}}$ по формулам (5.2), (5.3), (5.4) и (5.5) необходимо сравнить её значение с величиной $Q_{\text{ед}}^{\text{мин}}$ одного котла.

Если выполняется условие

$$Q_{\text{к}}^{\text{мин}} \geq Q_{\text{ед}}^{\text{мин}}, \quad (5.6)$$

то выбранный тип котлов, т.е. их единичная тепловая мощность, удовлетворяет условиям работы в неотапительном периоде.

Если условие (5.6) не выполняется, то необходимо, в дополнение к предварительно выбранным котлам, выбрать котлы малой мощности, обеспечивающие выполнение условия (5.6). Если котельная в неотапительном режиме отпускает пар на производство, то число дополнительных котлов должно быть выбрано с учетом требований аварийного резервирования (см. ниже), а параметры пара у этих котлов должны быть такими же, как у основных котлов.

Если промышленная паровая нагрузка в неотапительный период отсутствует, то допускается выбрать только один дополнительный котел с низкими параметрами пара для обеспечения только нагрузки горячего водоснабжения без резерва.

5.2. Учет требований аварийного резервирования котлов

После предварительного выбора числа котлов и проверки технической возможности их работы в неотапительном периоде необходимо проверить количество котлов на выполнение нормативных требований аварийного резервирования [7].

Согласно этим требованиям, при выходе из строя 1-го самого крупного котла оставшиеся в работе котлы должны обеспечить минимально-допустимые тепловые нагрузки внешних потребителей в следующих размерах:

а) минимально-допустимый отпуск пара на производство; величина допустимого снижения расчетного расхода пара на производство по каждому паропроводу от котельной устанавливается договором между потребителем и производителем пара; в курсовом проекте норма (в процентах) подачи пара при аварии в котельной по каждому паропроводу является заданной величиной;

б) среднечасовая нагрузка систем горячего водоснабжения за отопительный период;

в) минимально-допустимый расход тепла на отопление и вентиляцию в расчетном режиме, определяемый по формуле

$$(Q_{\text{от.вент.}}^{\text{р}})^{\text{ав}} = \varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{норм}} \cdot (Q_{\text{от.}}^{\text{р}} + Q_{\text{вент.}}^{\text{р}}), \quad (5.7)$$

где $\varphi_{от.вент.}^{норм}$ - минимально-допустимая доля расчетного расхода теплоты на отопление и вентиляцию, которая принимается в зависимости от расчетной наружной температуры ($t_{н.от}$) по рекомендациям [7] в размере:

$t_{н.от}, ^\circ\text{C}$	-20	-30	-40	-50
$\varphi_{от.вент.}^{норм}$	0,84	0,87	0,89	0,91

При этом принимается, что величина $Q_{вент.}^p$ относится к общественным и промышленным зданиям, не имеющим вредных выделений.

г) если отдельные вентилируемые здания промузла имеют вредные выделения, то нагрузка неотключаемых вентиляционных систем таких зданий должна приниматься без какого-либо её уменьшения в аварийном режиме.

Методика проверки предварительно выбранного числа котлов заключается в следующем. Принимая за величину $(D_k^p)^{ав}$ суммарную производительность оставшихся в работе котлов, необходимо проверить возможность предварительно выбранных котлов, включая котлы, выбранные для работы в неотопительном периоде, обеспечить минимально-допустимые нагрузки внешних потребителей. Для этого необходимо выполнить расчеты аварийного режима в следующей последовательности (см. рис 3.1 и 3.2):

1) по величине $(D_k^p)^{ав}$ определяется величина $(D_{роу})^{ав}$ по выражению

$$(D_{роу})^{ав} = (D_k^p)^{ав} - (D_{пр}^в)^{ав}, \quad (5.8)$$

где $(D_{пр}^в)^{ав}$ - минимально-допустимый расход пара по паропроводу высокого давления, определяется по заданной норме подачи пара внешним потребителям в аварийном режиме;

2) из уравнений материального и теплового баланса РОУ вышеописанным способом (см. пп. 1.5 и 4.1.3) определяется расход пара низкого давления после РОУ, т.е. $(D_k^н)^{ав}$; при этом параметры пара и охлаждающей воды принимаются неизменными, т.е. такими же, как в расчетном режиме;

3) определяется расход пара в паропроводе собственных нужд котельной, т.е. после РОУ, по выражению

$$(D_k^{сн})^{ав} = (D_k^н)^{ав} - (D_{пр}^н)^{ав}, \quad (5.9)$$

где $(D_{пр}^н)^{ав}$ определяется аналогично величине $(D_{пр}^в)^{ав}$;

4) определяется расход пара на ПСВ $(D_{псв})^{ав}$ как разность величины $(D_k^{сн})^{ав}$ и всех остальных расходов пара из паропровода низкого давления, к которым относятся следующие расходы пара: $D_{пстс}$, $D_{дптс}$, $D_{пск}$, $D_{хов.к}$, $D_{кал}$

$D_{\text{дпв}}, D_{\text{быт.к}}, D_{\text{пм}}, D_{\text{прод}}, D_{\text{пвд}}$; из этих расходов пара только две величины ($D_{\text{пстс}}$ и $D_{\text{дптс}}$) не зависят от величины $D_{\text{к}}^{\text{Р}}$, т.е. в аварийном режиме не изменяются; остальные расходы пара при выходе из строя 1-го котла могут незначительно уменьшиться, для обеспечения запаса по установленной производительности котлов рекомендуется не учитывать уменьшение всех вышеперечисленных потоков пара на собственные нужды котельной в аварийном режиме.

5) по найденной величине $(D_{\text{псв}})^{\text{ав}}$ определяется тепловая производительность ПСВ и ОК $(Q_{\text{псв}})^{\text{ав}}$ с использованием формулы (1.1), при этом сохраняются ранее принятые значения энтальпии пара и конденсата.

6) по величине $(Q_{\text{псв}})^{\text{ав}}$ определяется величина $(Q_{\text{от.}}^{\text{Р}} + Q_{\text{вент.}}^{\text{Р}})^{\text{ав}}$ по формуле (4.2), в которой: величины $Q_{\text{ут.тс}}^{\text{Р}}, Q_{\text{пот.тс}}^{\text{Р}}, Q_{\text{подп.тс}}^{\text{Р}}$ принимаются без изменения, т.е. равными ранее принятым значениям; вместо величины $Q_{\text{г.в}}^{\text{Р}}$ принимается величина $Q_{\text{г.в}}^{\text{ср}}$ (см. исходные данные);

- в данном курсовом проекте принято, что промышленные здания промузла не имеют вредных выделений;

7) определяется $\varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{ав}}$ по формуле (5.7). Если $\varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{ав}} \geq \varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{норм}}$, то сохраняется предварительно принятое число котлов. Если $\varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{ав}} < \varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{норм}}$, то предварительно принятое число котлов увеличивается на 1, т.е. предусматривается резервный котел.

Следует иметь в виду, что при аварийной норме подачи пара на производство меньше 100%, величина $\varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{ав}}$ может оказаться больше 1; а в тех случаях, когда снижение расхода пара на производство недопустимо, то $\varphi_{\text{от.вент.}}^{\text{ав}}$ всегда будет меньше 1. Студенты должны самостоятельно объяснить причину таких результатов.

6. Определение расхода топлива в котельной

6.1. Расчетный расход топлива определяется по формуле

$$B_{\text{к}}^{\text{Р}} = \frac{D_{\text{к}}(h_{\text{п}} - h_{\text{пв}})}{\eta_{\text{к}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{Р}}}, \quad (6.1)$$

где $D_{\text{к}}$ - расход пара на выходе из котлов (паропроизводительность или паровая мощность котельной); $h_{\text{п}}, h_{\text{пв}}$ - энтальпии пара и питательной воды, определяемые по характеристикам котлов; $\eta_{\text{к}}$ - КПД котлов (см. ниже); $Q_{\text{н}}^{\text{Р}}$ -

теплотворная способность топлива, определяемая по справочным данным по виду основного топлива в котельной.

Величина D_k в формуле (6.1) зависит от цели расчета B_k . Для определения расчетных параметров оборудования для подготовки и подачи топлива в котлы вместо D_k принимается суммарная установленная мощность предварительно принятых котлов (см. п. 4.3), не считая резервный котел. Для определения параметров расчетного режима при отпуске от котельной расчетных расходов пара и горячей воды в формулу (6.1) подставляется величина D_k^p .

6.2. Из формулы (6.1) может быть получено выражение для удельного расхода топлива на единицу выработанной теплоты

$$v_{уд} = \frac{B_k}{Q_k} = \frac{B_k}{D_k(h_p - h_{пв})} = \frac{1}{\eta_k \cdot Q_{н.у.т}^p} \quad (6.2)$$

Если в формулу (6.2) подставить теплоту сгорания условного топлива ($Q_{н.у.т}^p = 7000$ ккал/кг у.т. = 29300 кДж/кг у.т), то получим величину $v_{уд}^{у.т}$ - удельный расход условного топлива на единицу выработанной теплоты, который применяется для сравнительной оценки эффективности котельной. Этот показатель характеризует качество конструкции и изготовления основного и вспомогательного оборудования, качество проектных решений и качество эксплуатации. На практике широко используется показатель $v_{уд}^{у.т}$ с размерностью кг у.т./Гкал. В этом случае формула (6.2) приобретает вид

$$v_{уд}^{у.т} = \frac{143}{\eta_k}, \quad \text{кг у.т./Гкал.} \quad (6.3)$$

В системе СИ эта формула приобретает вид:

$$v_{уд}^{у.т} = \frac{34,13}{\eta_k}, \quad \text{кг у.т./Гдж.} \quad (6.4)$$

Величину η_k , при отсутствии данных, рекомендуется принимать:

- для угольных котлов со слоевыми топками – 0,86;
- для угольных котлов с камерными топками – 0,9;
- для газомазутных котлов – 0,92.

6.3. Годовой расход топлива в котельной определяется по формуле

$$B_k^{год} = v_{уд} \cdot Q_k^{год}, \quad (6.5)$$

где $v_{уд}$ - определяется по формуле (6.2); $Q_k^{год}$ - годовая выработка тепловой энергии в котельной, которая определяется по формуле

$$Q_k^{год} = (1 + \alpha_{сн})(Q_{пр}^{год} + Q_{быт}^{год}), \quad (6.6)$$

где $\alpha_{сн}$ - коэффициент собственных нужд котельной, который рекомендуется принять равным определенному по формуле (4.2.4) значению; $Q_{пр}^{год}$ - годовой отпуск теплоты в паре на производственные нужды промпредприятий, $Q_{быт}^{год}$ - годовой отпуск теплоты в горячей воде на бытовые нужды, т.е. на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилого микрорайона и промузла.

Величина $Q_{пр}^{год}$ определяется по формуле

$$Q_{пр}^{год} = (Q_{пр}^в)^P \cdot T_{пр}^в + (Q_{пр}^н)^P \cdot T_{пр}^н, \quad (6.7)$$

где $(Q_{пр}^в)^P$, $(Q_{пр}^н)^P$ - расчетные расходы теплоты передаваемой промышленным потребителям по внешним паропроводам высокого и низкого давления; $T_{пр}^в$, $T_{пр}^н$ - годовые числа часов использования расчетной паровой нагрузки промпредприятий, получающих пар высокого и низкого давления (см. исходные данные).

Величины $Q_{пр}^в$, $Q_{пр}^н$ определяются по формулам (5.4) и (5.5) по соответствующим исходным данным по расходам и параметрам пара и возвращаемого конденсата для внешних паропроводов высокого и низкого давления (см. исходные данные).

Величина $Q_{быт}^{год}$ определяется как сумма годового отпуска теплоты на отопление и вентиляцию ($Q_{от.вент.}^{год}$) и годового отпуска теплоты на горячее водоснабжение ($Q_{гв}^{год}$).

Величина $Q_{от.вент.}^{год}$ определяется по формуле

$$Q_{от.вент.}^{год} = Q_{от.вент.}^P \cdot \frac{t_{вн}^P - t_{н.от}^{ср}}{t_{вн}^P - t_{н.от}} \cdot T_{от}, \quad (6.8)$$

где $Q_{от.вент.}^P$ - суммарная расчетная тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию жилого микрорайона и промузла (см. исходные данные); $t_{вн}^P$ - расчетная температура воздуха в отапливаемых помещениях, принимаемая, в соответствии с нормами [7], равной 18 °С для районов с $t_{н.от} > -30$ °С и 20 °С для районов с $t_{н.от} \leq -30$ °С; для упрощения расчетов и обеспечения запаса по годовому расходу топлива допускается не учитывать разницу величины $t_{вн}^P$ для зданий жилого микрорайона и промузла; $t_{н.от}^{ср}$ и $T_{от}$ - средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода и продолжительность этого периода; $t_{н.от}$ - расчетная температура наружного воздуха для проектирования

отопления; все вышеперечисленные климатологические характеристики района сооружения котельной принимаются по нормативным [6] или справочным [1] данным.

Величина $Q_{г.в}^{год}$ определяется по формуле

$$Q_{г.в}^{год} = Q_{г.в}^{ср} \cdot T_{от} + \frac{Q_{г.в}^{ср} + (Q_{г.в}^{ср})^{неот}}{2} (8400 - T_{от}) , \quad (6.9)$$

где $Q_{г.в}^{ср}$, $(Q_{г.в}^{ср})^{неот}$ - среднечасовая нагрузка горячего водоснабжения жилого микрорайона и промузла в течение отопительного (см. исходные данные) и неотопительного периода; 8400 – расчетное годовое число часов работы системы горячего водоснабжения, учитывающее плановую продолжительность ремонтного периода, которая может быть изменена на практике в меньшую сторону.

Величина $(Q_{г.в}^{ср})^{неот}$ определяется по формуле (5.3), в которую вместо $Q_{г.в}^p$ подставляется $Q_{г.в}^{ср}$. В итоге определяется величина $B_k^{год}$ по формуле (6.5).

Заключение

После освоения методики расчета принципиальной тепловой схемы паровой котельной с целью выбора состава основного оборудования с применением настоящих Указаний при разработке курсовых проектов рекомендуется продолжить углубленное изучение рассматриваемых вопросов на практических занятиях, на стадии дипломного проектирования, а также во время работы в проектных и эксплуатационных организациях.

Такое углубленное изучение рекомендуется проводить в следующих направлениях.

1. Изучение способов более точных расчетов расходов теплоты на собственные нужды котельных: расход теплоты на мазутохозяйство угольных котельных, расход теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, а также на подогрев дутьевого воздуха.

2. Изучение способов уменьшения расхода и температуры сбросной воды после расширителей непрерывной продувки котлов с целью уменьшения вредного воздействия такого сброса на окружающую среду.

3. Выявление условий, при которых отпадает необходимость в установке охладителей конденсата после пароводяного подогревателя сетевой воды, а также в установке пароводяного подогревателя химочищенной воды перед деаэратором подпитки тепловой сети

4. Разработка способа включения в тепловую схему котельной бака для запаса подпиточной воды в закрытых системах теплоснабжения с обеспечением непрерывного подогрева воды в этом баке.

5. Разработка тепловой схемы использования технической воды для подготовки подпиточной воды тепловой сети при закрытой системе теплоснабжения с обязательным кипячением этой воды при температуре не ниже 100 °С.

6. Разработка тепловой схемы котельной с использованием вакуумных деаэраторов, а также новых усовершенствованных деаэраторов различных типов.

7. Разработка программы с необходимым банком данных для расчета тепловой схемы котельной на современных компьютерах.

Библиографический список

1. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат. 1988 – 376 с
2. Ермаков Р.Л. Об учете требований аварийного резервирования основного оборудования котельных Тезисы доклада на региональной научно-технической конференции «Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири», - Иркутск: ИрГТУ, 1997. - С. 47-48.
3. Роддатис К.Ф., Полторецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. – М.: Энергоатомиздат. 1989. – 487 с.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.. Изд-во МЭИ, 1999. – 472 с.
5. Соловьев Ю.П. Проектирование крупных центральных котельных для комплекса тепловых потребителей.– М.: Энергия, 1976 –192 с.
6. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». – М.: Госстрой РФ, 2000. – 58 с.
7. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. – М.: Госстрой России, 2004. – 38 с.
8. СНиП 2.04.01-85 Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 56 с.

Приложение 1

Исходные данные для курсового проекта
по расчету тепловой схемы паровой котельной

№ п/п	Варианты											Примечания	
Исходные данные		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Город	Иркутск	1,2,3,4,5	Краснояр	Якутск	Иркутск	Краснояр	Якутск	Иркутск	Краснояр	Якутск	Иркутск	
2	Расчетные тепловые нагрузки жилого микрорайона, МВт												
2.1	Отопление		40 50	25 20	50 60	50 60	30 20	60 70	25 20	15 10	55 45	35 45	В числе – нечетные варианты, в знаменателе – четные варианты. Нагрузка горячего водоснабжения – среднечасовая за отопительный период.
2.2	Вентиляция		4 5	3 2	10 12	10 12	3 2	12 14	4 5	3 2	11 9	7 9	
2.3	Горячее водоснабжение		10 15	7 6	20 22	21 23	8 5	15 18	8 9	7 6	10 18	18 16	
3	Расчетные тепловые нагрузки промузла, МВт												

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.1	Отопление	$\frac{120}{130}$	$\frac{110}{115}$	$\frac{125}{135}$	$\frac{125}{135}$	$\frac{115}{120}$	$\frac{130}{135}$	$\frac{130}{135}$	$\frac{120}{125}$	$\frac{135}{110}$	$\frac{135}{140}$	
3.2	Вентиляция	$\frac{40}{45}$	$\frac{45}{47}$	$\frac{45}{37}$	$\frac{42}{37}$	$\frac{48}{30}$	$\frac{45}{38}$	$\frac{45}{38}$	$\frac{40}{32}$	$\frac{47}{30}$	$\frac{47}{40}$	
3.3	Горячее водо-снабжение	$\frac{25}{28}$	$\frac{23}{24}$	$\frac{26}{28}$	$\frac{26}{28}$	$\frac{24}{25}$	$\frac{27}{29}$	$\frac{28}{29}$	$\frac{28}{26}$	$\frac{28}{40}$	$\frac{28}{40}$	
3.4	Пар на производ-ство высокого давления: а) расход, т/ч, $D_{пр}^в$ б) давление, МПа, Р _в в) температура, °С, t _{пр} ^в	$\frac{200}{1,2,41}$	$\frac{240}{5,6,42}$	$\frac{300}{9,10,43}$	$\frac{280}{13,14,44}$	$\frac{320}{17,18,45}$	$\frac{350}{21,22,46}$	$\frac{400}{25,26,47}$	$\frac{390}{29,30,48}$	$\frac{375}{33,34,49}$	$\frac{325}{37,38,50}$	В числи-теле - рас-ход пара В знаме-нателе - номер ва-рианта (только к пп. 3.4а, 3.5а)
		$\frac{250}{3,4}$	$\frac{250}{7,8}$	$\frac{320}{11,12}$	$\frac{300}{15,16}$	$\frac{340}{19,20}$	$\frac{360}{23,24}$	$\frac{380}{27,28}$	$\frac{370}{31,32}$	$\frac{380}{35,36}$	$\frac{350}{39,40}$	
		2,4	3,1	2,4	3,1	2,4	3,1	2,4	3,1	2,4	3,1	
3.5	Пар на производ-ство низкого дав-ления: а) расход, т/ч, $D_{пр}^н$ б) давление, МПа, Р _н	250	370	250	370	250	370	250	370	250	370	
		$\frac{100}{1,2,41}$	$\frac{110}{5,6,42}$	$\frac{120}{9,10,43}$	$\frac{125}{13,14,44}$	$\frac{105}{17,18,45}$	$\frac{130}{21,22,46}$	$\frac{135}{25,26,47}$	$\frac{145}{29,30,48}$	$\frac{150}{33,34,49}$	$\frac{160}{37,38,50}$	
		120 3,4	120 7,8	130 11,12	135 15,16	115 19,20	135 23,24	140 27,28	150 31,32	155 35,36	165 39,40	
		1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,2	1,3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	в) температура, °C, t _{н пр}	200	210	200	220	200	220	200	210	200	200	
3.6	Доля тепловой нагрузки в паре в неопитительный период от расчетного значения а) паропровод высокого давления	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	
	б) паропровод низкого давления	0,8	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8	0,7	
4	Возврат конденсата от потребителей пара											
4.1	Пар высокого давления: а) процент возврата;	0	100	50	10	20	30	40	60	70	80	
	б) температура, °C, t _к	-	50	40	50	40	40	40	50	40	40	
4.2	Пар низкого давления: а) процент возврата;	0	100	70	30	40	50	80	40	50	30	
	б) температура, °C, t _к	-	40	40	50	40	40	40	40	40	50	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	Норма (%) подачи пара потребителям при аварии в котельной:											
5.1	пар высокого давления	100	90	80	70	90	100	80	70	80	90	
5.2	пар низкого давления	90	100	100	80	90	100	80	90	70	90	
6	Годовое число часов использования паровой нагрузки:											
6.1	пар высокого давления	5000	5100	5200	5300	5400	5500	5600	5700	5800	5900	
6.2	пар низкого давления	4500	4600	4700	4800	4900	5000	5100	5200	5300	5400	
7	Система теплоснабжения	ОС	ЗС	ОС	ЗС	ОС	ЗС	ОС	ЗС	ОС	ЗС	ОС-открыт систем ЗС-закрыт систем

Окончание приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	Расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °С.	150	130	160	140	150	140	130	160	150	150	
9	Основное топливо	У	М	Ш	У	М	Ш	У	М	Ш	У	У – уголь; М – мазут; Ш – природный газ

Параметры, производительность, типы и условные обозначения
паровых стационарных котлов (ГОСТ 3619-82) по данным [3]

Тип котла	Паропроизводительность, т/ч	Давление пара, МПа (кгс/см ²)	Состояние или температура пара, °С	Температура питательной воды, °С	Пример обозначения
Паровой котел с принудительной циркуляцией (Пр)	0,16; 0,25, 0,40; 0,70; 1,00	0,9 (9)	Насыщенный	50	Пр-0,16-0,9 Пр-1-0,9
То же с естественной циркуляцией (Е)	0,25; 0,40; 0,70, 1,00; 1,60; 2,50	0,9 (9)		От 50 до 100	100
	2,50	1,4 (14)	Насыщенный или перегретый 225		
	4,00; 6,50; 10; 16; 25, 35				
	50; 75				
	100; 160		225		
			250		
	10; 16; 25; 35	2,4 (24)	Насыщенный или перегретый 250	100	
	50, 75; 100; 160				250
	10; 25; 35; 50; 75, 100; 160	3,9 (40)	440	145	

Примечание. 1 На основании конструкций котлов стандартных типоразмеров по согласованию между изготовителем и потребителем допускается изготовление: котлов с абсолютным давлением пара 1,4 МПа (14 кгс/см²) на абсолютное давление пара 0,9 МПа (9 кгс/см²); на давление пара 1,4 МПа (14 кгс/см²) и температуру пара 250, 300, 350 °С, а также на давление 2,4 МПа (24 кгс/см²) и температуру пара 300, 350, 380 °С; котлов с давлением 4,0 МПа (40 кгс/см²) и температурой 300 °С или без перегревателя. Допускается изготовление котлов 1,4 и 2,4 МПа (14 и 24 кгс/см²) с топками для сжигания мазута и других сернистых топлив на температуру питательной воды 145 °С, а также котлов 4,0 МПа (40 кгс/см²) при сжигании малосернистых топлив на температуру питательной воды 104 °С.

Расчет тепловой схемы паровой котельной для выбора основного оборудования

**Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию
для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика»
по очной и заочной форме**

**Разработали Рудольф Леонидович Ермаков,
Наталья Геннадьевна Захарьева**

**Подготовила к печати Н.В. Родионова
Компьютерный набор А.А. Елисеева**

**Подписано в печать 17 01 2006. Формат 60 х 84 / 16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл печ. л. 3,25.
Уч.-изд. л 3,5 Тираж 300 экз Зак. 34. Поз плана 26**

**ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83**