Библиотека СОК



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

Кафедра «Информационные технологии»

МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

ПРАКТИКУМ
по выполнению лабораторных и контрольных работ по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» заочной формы обучения

Гомель 2006

УДК 658.26(075.8)
ББК 31.32я73
М75

Рекомендовано научно-методическим советом заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого (протокол № 17 от 28.06.2005 г.)

Автор-составитель: *В. И. Токочаков*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Промышленная теплоэнергетика и экология» ГГТУ им. П. О. Сухого *М. Н. Новиков*

М75 **Моделирование**, оптимизация и управления теплотехническими системами : практикум по выполнению лаб. и контрол. работ по одноим. курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» заоч. формы обучения / авт.-сост. В. И. Токочаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 25 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: http://gstu.local/lib. – Загл. с титул. экрана.

Практикум охватывает круг вопросов данного курса по тематике моделирование на макроуровне, имеет практическую направленность. В практикуме содержится набор вариантов заданий для выполнения контрольных работ.

УДК 658.26(075.8)
ББК 31.32я73

© Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого», 2006

ВВЕДЕНИЕ

Практическое пособие содержит набор индивидуальных заданий, выполнение которых позволит получить студентам практические навыки работы с современными тепловыми схемами котельных установок. Во время выполнения лабораторных работ студенты повысят свой уровень логического мышления при разработке алгоритмов расчета теплотехнических систем.

Обязательным условием защиты лабораторных и контрольных работ является наличие тепловой схемы котельной с указанием на ней рассчитанных расходов и температур теплоносителей. При выполнении лабораторных и контрольных работ студент должен использовать данные своего варианта.

1. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ С ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ

Основной целью расчета тепловой схемы котельной является выбор основного и вспомогательного оборудования с определением исходных данных для последующих технико-экономических расчетов.

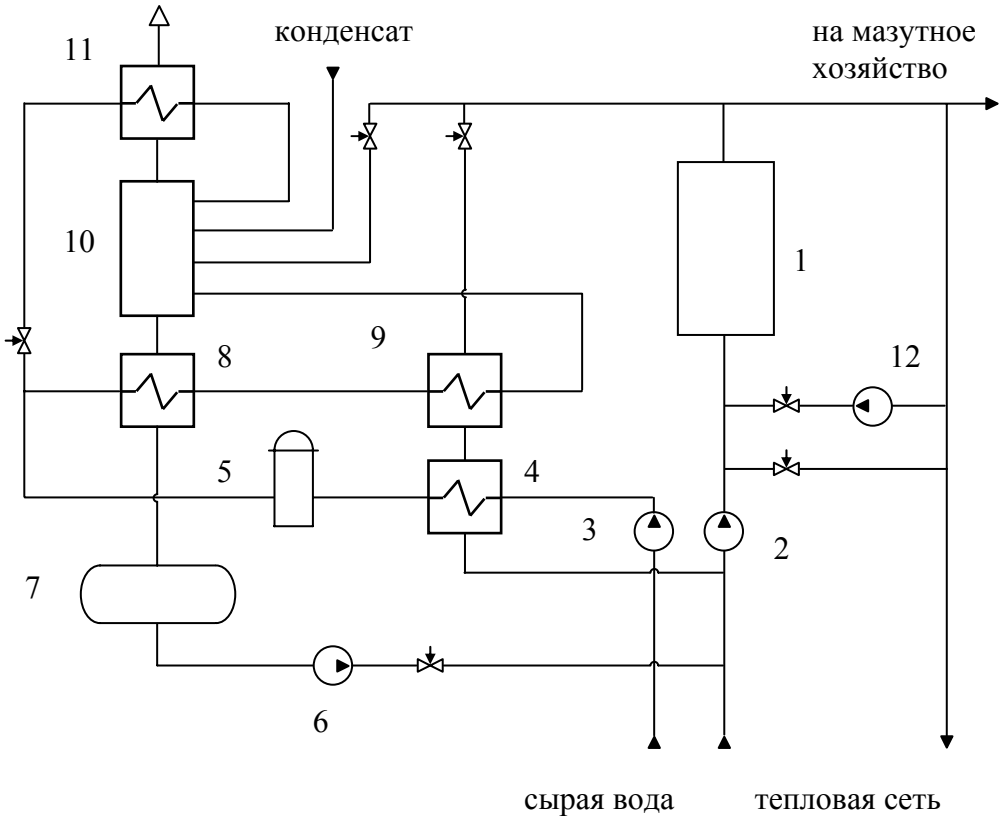


Рис. 1. Тепловая схема водогрейной котельной

Расчет тепловой схемы котельной базируется на решении уравнений теплового и материального баланса, составляемых для каждого элемента

схемы. Увязка этих уравнений производится в конце расчета в зависимости от принятой схемы котельной. При расхождении предварительно принятых в расчете величин с полученными в результате расчета более 1 % расчет следует повторить, подставив в качестве исходных данных полученные значения.

Расчет тепловой схемы котельной с водогрейными котлами (рис. 1), работающей на закрытую систему теплоснабжения, производят в следующей последовательности.

Составить таблицу исходных данных для расчета. Эта таблица составляется на основании проекта системы теплоснабжения или расчета расходов теплоты различными потребителями по укрупненным показателям. В этой же таблице указываются значения, предварительно принятые для последующих расчетов. Расчет производится для трех характерных режимов: максимально-зимнего, наиболее холодного месяца и летнего.

Рассмотрим расчет максимально-зимнего режима для конкретной котельной.

Суммарный расход теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

$$Q = Q_{ов} + Q_{гв} = 40 + 10 = 50, \text{ МВт}. \qquad (1.1)$$

Расход сетевой воды в подающей линии системы теплоснабжения для нужд горячего водоснабжения:

- при параллельном включении местных теплообменников:

$$G_{гв} = \frac{860 \cdot Q_{гв}}{t_1 - t_2} = \frac{860 \cdot 10}{110 - 60} = 172, \text{ т/ч}; \qquad (1.2)$$

- при двухступенчатой схеме присоединения местных теплообменников:

$$G^{п}_{гв} = \frac{860 \cdot Q_{гв}}{t^{п}_{гв} - t_{св}}, \text{ т/ч}, \qquad (1.3)$$

где t_1 – температура сетевой воды в подающей линии, 110 °С; t_2 – температура сетевой воды в обратной линии, 60°С; $t^{п}_{гв}$ – температура горячей воды, подаваемой потребителям, 55 °С; $t_{св}$ – температура сырой воды, 5 °С.

Для определения расхода воды местные теплообменники предварительно вычисляется тепловая нагрузка подогревателя первой ступени (теплообменник на обратной линии сетевой воды):

$$Q^{I}_{гв} = \frac{G^{п}_{гв}}{860} \cdot (t_2 - (\Delta t_в + t_{св})), \text{ МВт}, \qquad (1.4)$$

где $\Delta t_в$ – минимальная разность температур греющей и подогреваемой воды, принимается равной 10 °С.

Тепловая нагрузка подогревателя второй ступени:

$$G_{гв}^{II} = Q_{гв} - Q_{гв}^{I},\ МВт. \quad (1.5)$$

Расход сетевой воды на местный теплообменник второй ступени:

$$G_{гв}^{II} = \frac{860 \cdot Q_{гв}^{II}}{t_1 - t_2},\ т/ч. \quad (1.6)$$

Расход сетевой воды на отопление и вентиляцию:

$$G_{ов} = \frac{860 \cdot Q_{ов}}{t_1 - t_2} = \frac{860 \cdot 40}{110 - 60} = 688,\ т/ч. \quad (1.7)$$

Расход воды внешними потребителями на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

$$G_{вн} = G_{ов} + G_{гв} = 172 + 688 + 860,\ т/ч. \quad (1.8)$$

Температура обратной сетевой воды после внешних потребителей:

- при параллельной схеме присоединения местных теплообменников горячего водоснабжения:

$$t_{обр} = t_2 = 60,\ °C; \quad (1.9)$$

- при двухступенчатой схеме присоединения местных теплообменников:

$$t_{обр} = t_2 - \frac{860 \cdot Q_{гв}^{I}}{G_{вн} \cdot \eta},\ °C; \quad (1.10)$$

где η – КПД подогревателя, во всех режимах принимается равным 0,98.

Расход подпиточной воды для восполнения утечек в тепловых сетях и в системе потребителей:

$$G_{ут} = 0{,}01 \cdot К_{тс} \cdot G_{вн} = 0{,}01 \cdot 2 \cdot 860 = 17{,}2,\ т/ч, \quad (1.11)$$

где $К_{тс}$ – потери воды в закрытой системе теплоснабжения и в системе потребителей, принимаются 2 % часового расхода воды внешними потребителями.

Количество сырой воды, поступающей на химводоочистку:

$$G_{св} = К_{хв} \cdot G_{ут} = 1{,}1 \cdot 17{,}2 = 18{,}9,\ т/ч, \quad (1.12)$$

где $К_{хв}$ – коэффициент, учитывающий расход сырой воды на собственные нужды химводоочистки, рекомендуется принимать равным 1,1.

При установке деаэратора, работающего при давлении 0,12 МПа и температуре деаэрированной воды около 104 °С, определяется температура химически очищенной воды после охладителя деаэрированной воды:

$$t''_{хов} = \frac{G_{ут}}{G'_{хов}}(t'_{под} - t''_{под}) \cdot \eta + t'_{хов} = \frac{17{,}2}{12{,}2}(104 - 60) \cdot 0{,}98 + 19 = 80,°C, \quad (1.13)$$

где $t'_{хов}$ – температура сырой воды перед химводоочисткой, принимаем 19 °С; $t'_{под}$ – температура подпиточной воды после деаэратора, 104 °С; $t''_{под}$ – температура подпиточной воды после охладителя деаэрированной воды принимаем равной 60 °С; $G'_{хов}$ - предварительно принятый расход химочищенной воды, 12,2 т/ч.

Температура химически очищенной воды, поступающей в деаэратор:

$$t^{д}_{хов} = \frac{G^{под}_{гр}}{G'_{хов}}(t^{вк}_{1} - t''_{гр})\cdot\eta + t''_{хов} = \frac{6}{12,2}(130-104)\cdot 0,98 + 80 = 92,\,°С, \quad (1.14)$$

где $G^{под}_{гр}$ – расход греющей воды на подогреватель химически очищенной воды, им следует предварительно задаться, 6 т/ч; $t^{вк}_{1}$ – температура воды на выходе из водогрейного котла, 130°С; $t''_{гр}$ – температура греющей воды после подогревателя химически очищенной воды, ею также следует предварительно задаться, 104 ºС.

Проверяется температура сырой воды перед химводоочисткой:

$$t'_{хов} = \frac{G^{под}_{гр}}{G_{св}}(t''_{гр} - t''_{под})\cdot\eta + t_{св} = \frac{6}{18,9}(104-60)\cdot 0,98 + 5 = 19,\,°\,С. \quad (1.15)$$

Расход греющей воды на деаэратор:

$$G^{д}_{гр} = \frac{G_{ут}\cdot t'_{под} - G'_{хов}\cdot t^{д}_{хов}}{t^{вк}_{1}} = \frac{17,2\cdot 104 - 12,2\cdot 92}{130} = 5,1,\ т/ч. \quad (1.16)$$

Проверяется расход химически очищенной воды на подпитку тепловой сети:

$$G_{хов} = G_{ут} - G^{д}_{гр} = 17,2 - 5,1 = 12,1,\ т/ч. \quad (1.17)$$

Определяется расход теплоты на подогрев сырой воды, химически очищенной воды, на деаэратор и мазутное хозяйство. При установке охладителя подпиточной воды определяется расход теплоты на него.

Расход теплоты на подогрев сырой воды:

$$Q_{св} = \frac{G_{св}}{860}(t'_{хов} - t_{св})/\eta = \frac{18,9}{860}(19-5)/0,98 = 0,3,\ МВт. \quad (1.18)$$

Расход теплоты на подогрев химически очищенной воды:

$$Q_{хов} = \frac{G_{хов}}{860}(t^{д}_{хов} - t''_{хов})/\eta = \frac{12,1}{860}(92-80)/0,98 = 0,2,\ МВт. \quad (1.19)$$

Расход теплоты на деаэратор:

$$Q_{д} = \frac{G_{гр}^{д}}{860}(t_1^{вк} - t'_{под})/\eta = \frac{5,1}{860}(130-104)/0,98 = 0,2,\ \text{МВт}. \quad (1.20)$$

Расход теплоты на подогрев химически очищенной воды в охладителе деаэрированной воды:

$$Q_{охл} = \frac{G_{хов}}{860}(t''_{хов} - t'_{хов})/\eta = \frac{12,1}{860}(80-19)/0,98 = 0,9,\ \text{МВт}. \quad (1.21)$$

Расход теплоты на подогрев мазута:

$$Q_{м} = B \cdot c_{м} \frac{t''_{м} - t'_{м}}{1000 \cdot \eta} = 2 \cdot 2 \frac{120-60}{1000 \cdot 0,98} = 0,2,\ \text{МВт}, \quad (1.22)$$

где B – расход мазута на установленные котлы при соответствующем режиме, 2 кг/с; $c_{м}$ – удельная теплоемкость мазута, 2 кДж/(кг·°К); $t'_{м}$ – температура мазута перед подогревателем, 60 °С; $t''_{м}$ – температура мазута после подогревателя, 120 °С.

Суммарный расход теплоты, который необходимо получить в котлах:

$$Q_{\Sigma} = Q + Q_{св} + Q_{хов} + Q_{д} + Q_{м} - Q_{охл} = 50 + 0,2 + 0,2 +$$

$$+ 0,2 + 0,2 - 0,9 = 49,9,\ \text{МВт}. \quad (1.23)$$

Расход воды через водогрейные котлы:

$$G_{к} = \frac{860 \cdot Q_{\Sigma}}{t_1^{вк} - t_2^{вк}} = \frac{860 \cdot 49,9}{130-60} = 614,\ \text{т/ч}. \quad (1.24)$$

Расход воды на рециркуляцию:

$$G_{рец} = G_{к} \frac{t_2^{вк} - t_{обр}}{t_1^{вк} - t_{обр}} = 614 \frac{60-60}{130-60} = 0,\ \text{т/ч}. \quad (1.25)$$

Расход воды по перепускной линии:

$$G_{пер} = G_{вн} \frac{t_1^{вк} - t_1}{t_1^{вк} - t_{обр}} = 860 \frac{130-110}{130-60} = 245,7,\ \text{т/ч}. \quad (1.26)$$

Расход воды от внешних потребителей через обратную линию:

$$G_{обр} = G_{вн} + G_{ут} = 860 - 17,2 = 842,8,\ \text{т/ч}. \quad (1.27)$$

Расчетный расход воды через котлы:

$$G'_{к} = G_{вн} + G_{гр}^{под} + G_{рец} - G_{пер} = 860 + 6 + 0 - 245,7 = 620,3,\ \text{т/ч}. \quad (1.28)$$

Расход воды, поступающей к внешним потребителям по прямой линии:

$$G' = G'_{к} - G_{гр}^{д} - G_{гр}^{под} - G_{рец} + G_{пер} = 620,3 - 5,1 - 6 - 0 + 245,7 =$$

$= 854{,}9,$ т/ч. (1.29)

Разница между найденными ранее и уточненными расходом воды внешними потребителями:

$$\Delta G = \frac{G_{вн} - G'}{G'} 100 = \frac{860 - 854{,}9}{854{,}9} 100 = 0{,}6, \ \% \ . \quad (1.30)$$

При расхождении, меньшем 1 %, расчет считается оконченным. После расчета тепловой схемы необходимо выбрать число устанавливаемых котлов. Как показали технико-экономические расчеты, оптимальным числом котлов является 3. Затем определяется расход воды одним котлом и сравнивается с расходом воды, установленным заводом-изготовителем. Если расход воды, проходящей через один котел, больше регламентированного заводом-изготовителем, то выбор котлов считают законченным.

При расчете режима наиболее холодного месяца мощность отопления и вентиляции необходимо уменьшить на 40%, температуру сетевой воды в подающей и обратной линиях – на 10-20 ºС. Для летнего режима температуру сетевой воды в подающей линии принять 75 ºС, в обратной – 50 ºС

2. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ С ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ

Отпуск пара технологическим потребителям часто производит от котельных, называемых производственными. Эти котельные обычно вырабатывают насыщенный или слабо перегретый пар с давлением до 1,4 или 2,4 МПа. Пар используется технологическими потребителями и в небольшом количестве на приготовление горячей воды, направляемой в систему теплоснабжения. Приготовление горячей воды производится в сетевых подогревателях, устанавливаемых в котельной.

Принципиальная тепловая схема производственной котельной с отпуском небольшого количества теплоты на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения в закрытую систему теплоснабжения показана на рис. 2.

Насос сырой воды 3 подает воду в охладитель продувочной воды 5, где она нагревается за счет теплоты продувочной воды, затем сырая вода подогревается до температуры 20-30 °С в пароводяном подогревателе сырой воды 6 и направляется в химводоочистку. Химически очищенная вода направляется в охладитель подпиточной воды 10, где подогревается на несколько градусов. Дальнейший подогрев химически очищенной воды осуществляется в подогревателе 13. Перед поступлением в головку деаэратора 15 часть химически очищенной воды проходит через охладитель выпара деаэратора 14.

Подогрев сетевой воды производиться паром в последовательно включенных двух сетевых подогревателях 12. Конденсат от всех подогревате-

лей направляется в головку деаэратора, в которую также поступает конденсат, возвращаемый внешними потребителями пара.

Подогрев воды в атмосферном деаэраторе производиться паром от котлов и паром из расширителя непрерывной продувки 2. Непрерывная продувка от котлов используется в расширителе, где котловая вода в следствие снижения давления частично испаряется.

В котельных с паровыми котлами независимо от тепловой схемы использование теплоты непрерывной продувки котлов является обязательным. Использованная в охладителе продувочная вода сбрасывается в продувочный колодец 4.

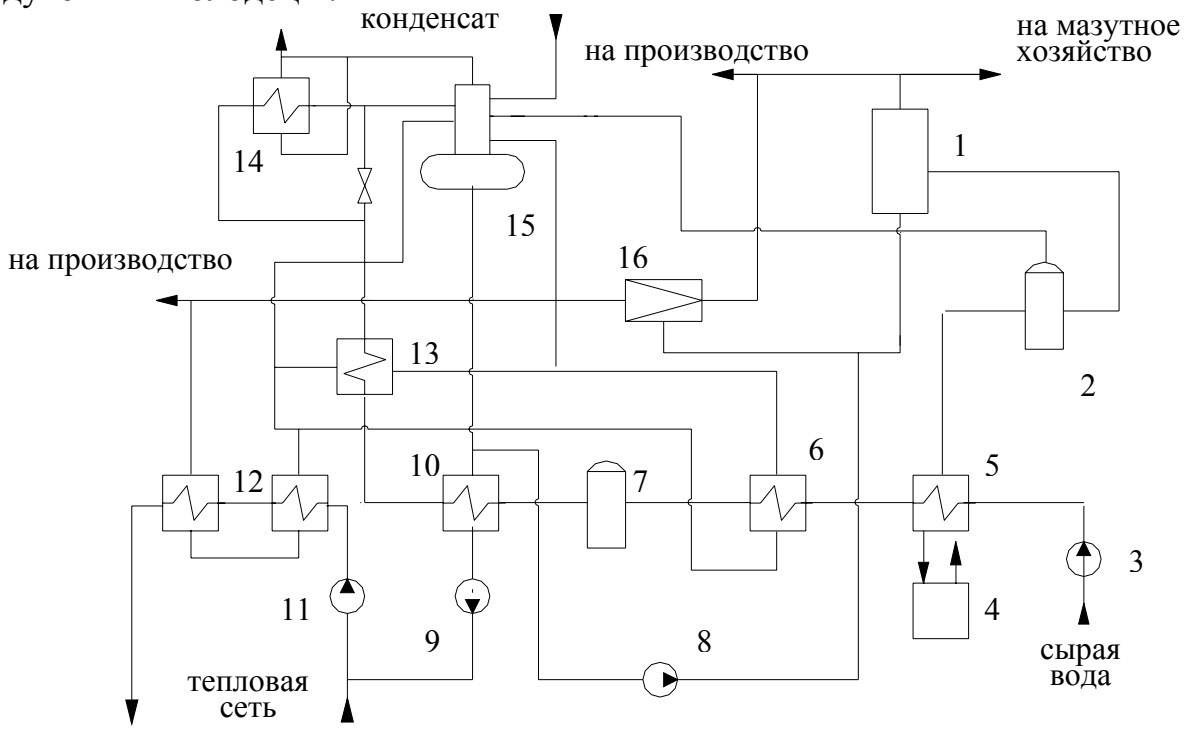


Рис. 2. Тепловая схема котельной с паровыми котлами

Деаэрированная вода с температурой около 104 °С питательным насосом подается в паровые котлы 1. Подпиточная вода для системы теплоснабжения забирается из того же деаэратора, охлаждаясь в охладителе подпиточной воды до 50-70 °С перед поступлением к подпиточному насосу.

Использование общего деаэратора для приготовления питательной и подпиточной воды возможно только для закрытых систем теплоснабжения в виду малого расхода подпиточной воды в них. В открытых системах теплоснабжения расход подпиточной воды значителен, поэтому в котельной следует устанавливать два деаэратора: один для приготовления питательной воды, другой - подпиточной. В котельных с паровыми котлами, как правило, устанавливаются деаэраторы атмосферного типа.

Для технологических потребителей, использующих пар более низкого

давления по сравнению с вырабатываемым котлоагрегатами, и для подогревателей собственных нужд в тепловых схемах котельных предусматривается редукционная установка для снижения давления пара или редукционно-охладительная установка 16 для снижения давления и температуры пара.

Расчет тепловой схемы производственной котельной рекомендуется производить для трех режимов: максимально зимнего, наиболее холодного месяца и летнего.

Вначале расчетов необходимо составить таблицу исходных данных для расчета. Она составляется на основании данных о расходах пара технологическими потребителями и теплоты на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. В этой же таблице указываются значения величин, предварительно принятые в последующих расчетах.

Определяется расход сетевой воды:

$$G = \frac{860 \cdot Q}{t_1 - t_2} = \frac{860 \cdot 31}{100 - 60} = 666{,}5,\ \text{т/ч}, \qquad (2.1)$$

где Q – расчетная тепловая нагрузка потребителей системы теплоснабжения, 31 МВт.

Определяется расход пара на подогреватели сетевой воды:

$$D_{псв} = \frac{4{,}2 \cdot G \cdot (t_1 - t_2)}{\eta \cdot (h''_{роу} - h_к)} = \frac{4{,}2 \cdot 666{,}5 \cdot (100 - 60)}{0{,}98 \cdot (2757 - 336)} = 47{,}2,\ \text{т/ч}, \qquad (2.2)$$

где $h''_{роу}$ – энтальпия редуцированного пара перед подогревателями сетевой воды, 2757 кДж/кг; $h_к$ – энтальпия конденсата после подогревателей сетевой воды, 336 кДж/кг.

Расход редуцированного пара внешними потребителями:

$$D''_{роу} = D_т + D_{псв} = 10 + 47{,}2 = 57{,}2,\ \text{т/ч}, \qquad (2.3)$$

где $D_т$ – расход редуцированного пара внешними технологическими потребителями, 10 т/ч.

Суммарный расход свежего пара внешними потребителями:

$$D_{вн} = D'_т + D''_{роу} \frac{h''_{роу} - h_{пв}}{h'_{роу} - h_{пв}} = 20 + 57{,}2 \frac{2757 - 437}{2833 - 437} = 75{,}4,\ \text{т/ч}, \qquad (2.4)$$

где $D'_т$ – расход свежего пара, 20 т/ч; $h'_{роу}$ – энтальпия свежего пара, 2833 кДж/кг; $h_{пв}$ – энтальпия питательной воды, 437 кДж/кг.

Количество воды, впрыскиваемую в редукционно-охладительную установку:

$$G_{роу} = D''_{роу}\frac{h'_{роу} - h''_{роу}}{h'_{роу} - h_{пв}} = 57{,}2\frac{2833-2757}{2833-437} = 1{,}6,\ т/ч. \quad (2.5)$$

Расход пара на собственные нужды котельной:

$$D'_{сн} = 0{,}01 \cdot К_{сн} \cdot D_{сн} = 0{,}01 \cdot 4 \cdot 75{,}4 = 3{,}0,\ т/ч, \quad (2.6)$$

где $К_{сн}$ – коэффициент расхода пара на собственные нужды котельной, предварительно принимается равным 4 %.

Расход пара на мазутное хозяйство:

$$D_{м} = 0{,}01 \cdot К_{м} \cdot D_{вн} = 0{,}01 \cdot 3 \cdot 75{,}4 = 2{,}3,\ т/ч, \quad (2.7)$$

где $К_{м}$ – коэффициент расхода пара на мазутное хозяйство, принимаем равным 3 %.

Расход пара на покрытие потерь в котельной:

$$D_{п} = 0{,}01 \cdot К_{п} \cdot (D_{вн} + D'_{сн} + D_{м}) = 0{,}01 \cdot 2 \cdot (75{,}4 + 3{,}0 + 2{,}3) = 1{,}6,\ т/ч, \quad (2.8)$$

где $К_{п}$ – расход пара на покрытие потерь в процентах от расхода пара внешними потребителями, принимаем 2 %.

Суммарный расход пара на собственные нужды, мазутное хозяйство и покрытие потерь в котельной:

$$D_{сн} = D'_{сн} + D_{м} + D_{п} = 3{,}0 + 2{,}3 + 1{,}6 = 6{,}9,\ т/ч. \quad (2.9)$$

Суммарная паропроизводительность котельной:

$$D = D_{вн} + D_{сн} = 75{,}4 + 6{,}9 = 82{,}3,\ т/ч. \quad (2.10)$$

Потери конденсата в оборудовании внешних потребителей и внутри котельной:

$$G_{к}^{пот} = (1-\beta) \cdot (D_{т} + D'_{т}) + 0{,}01 \cdot К_{к} \cdot D = (1-0{,}8) \cdot (10+20) +$$
$$+ 0{,}01 \cdot 3 \cdot 82{,}3 = 8{,}5,\ т/ч, \quad (2.11)$$

где β – доля конденсата, возвращаемого внешними потребителями, принимаем равным 0,8; $К_{к}$ – потери конденсата в цикле котельной установки в процентах от суммарной производительности котельной, принимаем 3 %.

Расход химически очищенной воды:

$$G_{хов} = G_{к}^{пот} + 0{,}01 \cdot К_{тс} \cdot G = 8{,}5 + 0{,}01 \cdot 1{,}5 \cdot 666{,}5 = 18{,}5,\ т/ч\ , \quad (2.12)$$

где $К_{тс}$ – потери воды в теплосети в процентах от расхода сетевой воды, принимаем равным 1,5 %.

Расход сырой воды:

$$G_{св} = К_{хв} \cdot G_{хов} = 1{,}1 \cdot 18{,}5 = 20{,}3,\ т/ч. \quad (2.13)$$

Количество воды, поступающей с непрерывной продувкой в расширитель:

$$G_{пр} = 0{,}01 \cdot p_{пр} \cdot D = 0{,}01 \cdot 3 \cdot 82{,}3 = 2{,}5,\ т/ч\ , \qquad (2.14)$$

где $p_{пр}$ – процент непрерывной продувки, принимается равным 3 %.

Количество пара, получаемого в расширителе непрерывной продувки:

$$D_{расш} = \frac{G_{пр} \cdot (h_{кв} - h'_{расш})}{x \cdot (h''_{расш} - h'_{расш})} = \frac{2{,}5 \cdot (830 - 437)}{0{,}98 \cdot (2690 - 437)} = 0{,}4,\ т/ч\ , \qquad (2.15)$$

где $h_{кв}$ – энтальпия котловой воды, 830 кДж/кг; $h''_{расш}$ – энтальпия пара, получаемого в расширителе непрерывной продувки, 2690 кДж/кг; $h'_{расш}$ – энтальпия воды, получаемой в расширителе непрерывной продувки, 437 кДж/кг; x – степень сухости пара, выходящего из расширителя непрерывной продувки, принимается 0,98 .

Количество воды на выходе из расширителя непрерывной продувки:

$$G_{расш} = G_{пр} - D_{расш} = 2{,}5 - 0{,}4 = 2{,}1,\ т/ч. \qquad (2.16)$$

Температура сырой воды после охладителя непрерывной продувки:

$$t'_{св} = \frac{G_{расш} \cdot (h'_{расш} \cdot \eta - h''_{пр})}{4{,}2 \cdot G_{св}} + t_{св} = \frac{2{,}1 \cdot (437 \cdot 0{,}98 - 210)}{4{,}2 \cdot 20{,}3} + 5 = 10,\ °C. \qquad (2.17)$$

Расход пара на подогреватель сырой воды:

$$D_{св} = \frac{G_{св} \cdot (h'_{хов} - h'_{св})}{(h''_{роу} - h_{к}^{роу}) \cdot \eta} = \frac{20{,}3 \cdot (84 - 42)}{(2757 - 670) \cdot 0{,}98} = 0{,}4,\ т/ч, \qquad (2.18)$$

где $h'_{хов}$ – энтальпия сырой воды после подогревателя, принимаем 84 кДж/кг; $h'_{св}$ – энтальпия сырой воды после охладителя непрерывной продувки, определяется по температуре $t'_{св}$, равна 42 кДж/кг; $h_{к}^{роу}$ – энтальпия конденсата редуцированного пара, принимается 670 кДж/кг.

Температура химически очищенной воды после охладителя подпиточной воды:

$$t''_{хов} = t'_{хов} + \frac{0{,}01 \cdot К_{тс} \cdot G \cdot (t_{пв} - t_2) \cdot \eta}{G_{хов}} = 20 +$$

$$+ \frac{0{,}01 \cdot 1{,}5 \cdot 666{,}5 \cdot (104 - 60) \cdot 0{,}98}{18{,}5} = 43,\ °C, \qquad (2.19)$$

где $t'_{хов}$ – температура химически очищенной воды на входе в охладитель подпиточной воды, 20°С; $t_{пв}$ – температура питательной воды, 104°С; t_2 – температура деаэрированной воды после охладителя, принимается равной 60 °С.

Расход пара на подогрев химически очищенной воды в подогревателе

перед деаэратором:

$$D_{хов} = \frac{G_{хов} \cdot (h_к - h''_{хов})}{(h''_{роу} - h_к^{роу}) \cdot \eta} = \frac{18{,}5 \cdot (336 - 182)}{(2757 - 670) \cdot 0{,}98} = 1{,}4,\ т/ч, \qquad (2.20)$$

где $h_к$ – энтальпия химически очищенной воды после подогревателя, определяется по температуре конденсата, принимаем 336 кДж/кг; $h''_{хов}$ – энтальпия химически очищенной воды перед подогревателем, определяется по температуре химически очищенной воды после охладителя подпиточной воды, 182 кДж/кг.

Суммарное количество пара и воды, поступающих в деаэратор без учета греющего пара:

$$G_д = G_{хов} + \beta(D_т + D'_т) + D_{хов} + D_{св} + D_{псв} + D_{расш} =$$

$$= 18{,}5 + 0{,}8 \cdot (10 + 20) + 1{,}4 + 0{,}4 + 47{,}2 + 0{,}4 = 91{,}9,\ т/ч\ . \qquad (2.21)$$

Средняя температура воды в деаэраторе без учета греющего пара:

$$t'_д = [(G_{хов} + \beta(D_т + D'_т) + D_{псв})h_к + (D_{хов} + D_{св})h_к^{роу} + D_{расш} \cdot h''_{расш}]/(4{,}2 \cdot G_д) =$$

$$= [(18{,}5 + 0{,}8 \cdot (10 + 20) + 47{,}2) \cdot 336 + (1{,}4 + 0{,}4) \cdot 670 + 0{,}4 \cdot 2690]/(4{,}2 \cdot 91{.}9) = 84,\ °C. \qquad (2.22)$$

Расход греющего пара на деаэратор:

$$D_д = \frac{G_д \cdot (h_{пв} - 4{,}2\ t'_д)}{(h''_{роу} - h_{пв}) \cdot \eta} = \frac{91{,}9 \cdot (437 - 4{,}2 \cdot 84)}{(2757 - 437) \cdot 0{,}98} = 3{,}4,\ т/ч. \qquad (2.23)$$

Расход редуцированного пара на собственные нужды котельной:

$$D_{сн}^{роу} = D_д + D_{хов} + D_{св} = 3{,}4 + 1{,}4 + 0{,}4 = 5{,}2,\ т/ч\ . \qquad (2.24)$$

Расход свежего пара на собственные нужды котельной:

$$D_{сн} = D_{сн}^{роу} \frac{h''_{роу} - h_{пв}}{h'_{роу} - h_{пв}} = 5{,}2 \frac{2757 - 437}{2833 - 437} = 5{,}0,\ т/ч. \qquad (2.25)$$

Действительная паропроизводительность котельной с учетом расхода пара на собственные нужды:

$$D_к = (D_{вн} + D_{сн}) \cdot (1 + 0{,}01 \cdot К_п) = (75{,}4 + 5) \cdot (1 + 0{,}01 \cdot 2) = 82,\ т/ч. \qquad (2.26)$$

Невязка с предварительно принятой паропроизводительностью котельной:

$$\Delta D = \frac{D - D_к}{D_к} 100 = \frac{82{,}3 - 82}{82} 100 = 0{,}3,\ \%\ . \qquad (2.27)$$

Так как невязка получилась менее 1%, то расчет тепловой схемы считается законченным. При большей невязке расчет следует повторить, изменив расход пара на собственные нужды.

При расчете режима наиболее холодного месяца мощность отопления и вентиляции необходимо уменьшить на 40%, температуру сетевой воды в подающей и обратной линиях – на 10-20 ºС. Для летнего режима температуру сетевой воды в подающей линии принять 75 ºС, в обратной – 50 ºС

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ С ПАРОВЫМИ И ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ

При значительных расходах теплоты на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения и относительно малых расходах пара на технологические нужды обычно проектируются котельные с паровыми и водогрейными котлами.

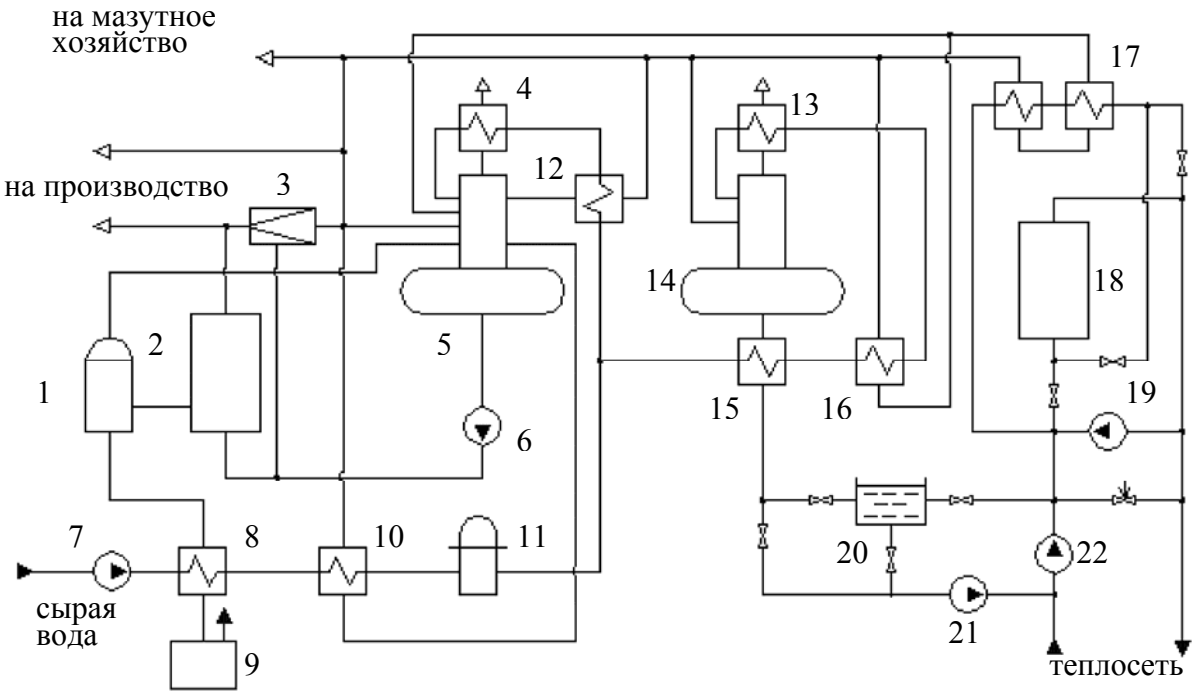


Рис. 3. Тепловая схема котельной с водогрейными и паровыми котлами

На рис. 3 показана принципиальная схема котельной, обеспечивающая одноступенчатый и двухступенчатый подогрев сетевой воды. Связью между паровой и водогрейной частью котельной является химическая очистка питательной воды и теплопроводы для обоих теплоносителей. В связи с тем, что котельная работает на открытую систему теплоснабжения, предусмотрена установка двух деаэраторов: одного для дегазации питательной воды, второго - для подпиточной воды. Оба деаэратора атмосферного типа.

Потоки рабочих тел движутся в следующих направлениях. Насос сырой воды 7 подает воду в охладитель продувочной воды 8, где она нагревается за счет теплоты продувочной воды. Затем сырая вода подогревается до 20-30 °С в пароводяном подогревателе 10 и направляется в химводоочистку 11.

Химически очищенная вода разветвляется на два направления: первое - подогреватель 12, охладитель выпара 4, деаэратор питательной воды 5; второе - охладитель подпиточной воды 15, подогреватель подпиточной воды 16, охладитель выпара 13, деаэратор подпиточной воды 14.

Из деаэратора питательной воды питательным насосом 6 вода поступает в паровые котлы 2 и на впрыск в редукционно-охладительную установку 3. Дегазированная вода из деаэратора подпиточной воды поступает в бак-аккумулятор 20 и далее подпиточным насосом 21 направляется в тепловую сеть. Сетевой насос 22 подает обратную воду в водогрейные котлы 18 и затем нагретую - в подающую линию теплосети. Возможен и другой вариант: обратная вода сначала подогревается в пароводяных сетевых подогревателях 17 и после них поступает в водогрейные котлы, т.е. водогрейные котлы работают как пиковые. Для регулирования количества воды, подаваемой в водогрейные котлы, и температуры сетевой воды в подающем трубопроводе установлены: рециркуляционный насос 19 и перепускная линия.

Пар из паровых котлов частично направляется к технологическим потребителям, частично к РОУ, после которой он используется на собственные нужды и подается потребителям требующим давления 0,6 МПа. Непрерывная продувка от паровых котлов направляется в расширитель 1, где котловая вода вследствие снижения давления частично испаряется. Пар из расширителя поступает в деаэратор питательной воды. Вода из расширителя поступает в охладитель продувочной воды и сбрасывается в продувочный колодец 9.

Вначале расчетов необходимо составить таблицу исходных данных для расчета. Она составляется на основании данных о расходах пара технологическими потребителями и теплоты на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. В этой же таблице указываются значения величин, предварительно принятые в последующих расчетах.

Расчет тепловой схемы котельной рекомендуется производить для трех режимов: максимально зимнего, наиболее холодного месяца и летнего. Ниже приведен расчет котельной, работающей на открытую систему теплоснабжения для максимально-зимнего режима. Остальные режимы рассчитываются аналогично. Основным топливом является мазут.

Определяется расход сетевой воды на горячее водоснабжение:

$$G_{гв} = \frac{860 \cdot Q_{гв}}{t_1 - t_2} = \frac{860 \cdot 15}{100 - 50} = 258, \text{ т/ч.} \qquad (3.1)$$

Расход сетевой воды на отопление и вентиляцию:

$$G_{ов} = \frac{860 \cdot Q_{ов}}{t_1 - t_2} = \frac{860 \cdot 60}{100 - 50} = 1032, \text{ т/ч.} \qquad (3.2)$$

Определяется утечка воды из теплосетей:

$$G_{ут} = 0{,}01 \cdot К_{тс} \cdot G_{ов} = 0{,}01 \cdot 2 \cdot 1032 = 20{,}6,\ т/ч. \quad (3.3)$$

Количество подпиточной воды, необходимое для нужд горячего водоснабжения и утечек в тепловой сети:

$$G_{подп} = G_{гв} + G_{ут} = 258 + 20{,}6 = 278{,}6,\ т/ч. \quad (3.4)$$

Количество теплоты, внесенное с подпиточной водой:

$$Q_{подп} = 0{,}00116 \cdot G_{подп} \cdot t_{подп} = 0{,}00116 \cdot 278{,}6 \cdot 50 = 16{,}2,\ МВт, \quad (3.5)$$

где $t_{подп}$ – температура подпиточной воды, 50°С.

Тепловая нагрузка водоподогревательной установки:

$$Q_{впу} = Q_{ов} + Q_{гв} + 0{,}00116 \cdot G_{ут} \cdot (t_{тс}^{ср} - t_{св}) - Q_{подп} =$$
$$= 60 + 15 + 0{,}00116 \cdot 20{,}6 \cdot (75 - 5) - 16{,}2 = 60{,}5,\ МВт, \quad (3.6)$$

где $t_{тс}^{ср}$ – средняя температура сетевой воды в теплосети, 75 °С.

Расход пара на деаэратор подпиточной воды:

$$D_{дсв} = \frac{G_{подп} \cdot (h'_{дсв} - h''_{дсв})}{h''_{роу} - h'_{дсв}} = \frac{278{,}6 \cdot (437 - 357)}{2757 - 437} = 9{,}6,\ т/ч, \quad (3.7)$$

где $h''_{роу}$ – энтальпия редуцированного пара, 2757 кДж/кг; $h'_{дсв}$ – энтальпия подпиточной воды на выходе из деаэратора, 437 кДж/кг; $h''_{дсв}$ – энтальпия химочищенной воды после подогревателя, 357 кДж/кг.

Расход химически очищенной воды на деаэратор подпиточной воды:

$$G_{дсв}^{хов} = G_{подп} - G_{дсв} = 278{,}6 - 9{,}6 = 269,\ т/ч. \quad (3.8)$$

Определяется температура химически очищенной воды после охладителя подпиточной вод:

$$t''_{охл} = \frac{G_{подп} \cdot (h'_{дсв} - h_{подп})}{4{,}2 \cdot G_{дсв}^{хов}} + t_{хво} = \frac{278{,}6 \cdot (437 - 210)}{4{,}2 \cdot 269} + 20 = 75,\ °С, \quad (3.9)$$

где $h_{подп}$ – энтальпия подпиточной воды после охладителя подпиточной воды, 210 кДж/кг.

Расход пара на подогреватель химически очищенной воды, поступающей в деаэратор подпиточной воды:

$$D_{под}^{хов} = \frac{G_{дсв}^{хов} \cdot (h''_{дсв} - 4{,}2\, t''_{охл})}{(h''_{роу} - h_{к}^{роу})\eta} = \frac{269 \cdot (357 - 4{,}2 \cdot 75)}{(2757 - 600) \cdot 0{,}98} = 5{,}4,\ \ т/ч, \quad (3.10)$$

где $h_{к}^{роу}$ – энтальпия конденсата редуцированного пара, возвращаемого подогревателем, 600 кДж/кг.

Расход пара на подогреватель сетевой воды (определяется только для режимов, при которых подогреватель находится в работе):

$$D_{псв} = \frac{3600 \cdot Q_{псв}}{(h''_{роу} - h_{к}^{роу})\eta} = \frac{3600 \cdot 0}{(2757 - 600) \cdot 0{,}98} = 0, \text{ т/ч}, \quad (3.11)$$

где $Q_{псв}$ – тепловая нагрузка подогревателя сетевой воды (при выборе числа и мощности водогрейных котлов принимается равной нулю).

Определяется расход сырой воды на химводоочистку для подпитки тепловой сети:

$$D_{св}^{тс} = К_{хв} \cdot G_{дсв}^{хов} = 1{,}1 \cdot 269 = 296, \text{ т/ч}. \quad (3.12)$$

Расход пара на подогреватель сырой воды, поступающей на химводоочистку для подпитки теплосети:

$$D_{под}^{св1} = \frac{4{,}2(t'_{хво} - t_{св})G_{св}^{тс}}{(h''_{роу} - h_{к}^{роу})\eta} = \frac{4{,}2 \cdot (20 - 5)296}{(2757 - 600) \cdot 0{,}98} = 8{,}8, \text{ т/ч}, \quad (3.13)$$

где $t'_{хво}$ – температура воды перед химводоочисткой, принимаем 20 °С.

Суммарный расход редуцированного пара внешними потребителями:

$$D''_{роу} = D_{т} + D_{дсв} + D_{под}^{хов} + D_{псв} + D_{под}^{св} = 2 + 9{,}6 + 5{,}4 + 0 + 8{,}8 = 25{,}8, \text{ т/ч}. \quad (3.14)$$

Суммарный расход свежего пара:

$$D_{вн} = \frac{D''_{роу}(h''_{роу} - h'_{дсв})}{h'_{роу} \cdot \eta - h'_{дсв}} + D''_{т} = \frac{25{,}8 \cdot (2757 - 437)}{2833 \cdot 0{,}98 - 437} + 5 = 30{,}1, \text{ т/ч}. \quad (3.15)$$

где $h'_{роу}$ – энтальпия свежего пара, 2833 кДж/кг.

Расход пара на собственные нужды котельной по предварительной оценке:

$$D_{сн} = 0{,}01 \cdot К_{сн} \cdot D_{вн} = 0{,}01 \cdot 45 \cdot 30{,}1 = 13{,}6, \text{ т/ч}, \quad (3.16)$$

где $К_{сн}$ – расход пара на собственные нужды в % суммарного расхода свежего пара внешними потребителями, предварительно принимаем 45 %.

Определяется паропроизводительность котельной по предварительной оценке с учетом потерь теплоты в цикле:

$$D = \frac{D_{вн} + D_{сн}}{1 - 0{,}01 \cdot К_{к}} = \frac{30{,}1 + 13{,}6}{1 - 0{,}01 \cdot 3} = 45, \text{ т/ч}, \quad (3.17)$$

где $К_{к}$ – потери пара в цикле котельной, принимаем равными 3 %.

Количество котловой воды, поступающей в расширитель с непрерывной продувкой:

$$G_{пр} = 0{,}01 \cdot р_{пр} \cdot D = 0{,}01 \cdot 5 \cdot 45 = 2{,}3, \text{ т/ч}. \quad (3.18)$$

Количество пара, образовавшегося в расширителе непрерывной продувки:

$$D_{расш} = \frac{G_{пр}(h_{кв} - h'_{расш})}{x(h''_{расш} - h'_{расш})} = \frac{2{,}3 \cdot (890 - 437)}{0{,}98 \cdot (2695 - 437)} = 0{,}5, \text{ т/ч}, \quad (3.19)$$

где $h_{кв}$ – энтальпия котловой воды, 890 кДж/кг; $h'_{расш}$ – энтальпия продувочной воды, выходящей из сепаратора непрерывной продувки, 437 кДж/кг; $h''_{расш}$ – энтальпия пара, выходящего из сепаратора непрерывной продувки, 2695 кДж/кг.

Количество воды на выходе из расширителя непрерывной продувки:

$$G_{расш} = G_{пр} - D_{расш} = 2{,}3 - 0{,}5 = 1{,}8, \text{ т/ч}. \quad (3.20)$$

Потери конденсата производственными потребителями:

$$G_к^{пот} = (1 - \beta) \cdot (D_т + D'_т) = (1 - 0{,}8) \cdot (2 + 5) = 1{,}4, \text{ т/ч}. \quad (3.21)$$

Потери конденсата в цикле котельной:

$$G_к^{кот} = 0{,}01 \cdot К_к \cdot D = 0{,}01 \cdot 3 \cdot 45 = 1{,}4, \text{ т/ч}. \quad (3.22)$$

Расход химически очищенной воды, поступающей в деаэратор питательной воды:

$$G_{хов} = G_к^{пот} + G_к^{кот} + D_{дсв} = 1{,}4 + 1{,}4 + 9{,}6 = 12{,}4, \text{ т/ч}. \quad (3.23)$$

Расход сырой воды, поступающей на химводоочистку паровых котлов:

$$G_{св} = К_{хв} \cdot G_{хов} = 1{,}1 \cdot 12{,}4 = 13{,}6, \text{ т/ч}. \quad (3.24)$$

Температура сырой воды после охладителя непрерывной продувки:

$$t'_{св} = \frac{G_{расш} \cdot (h'_{расш} \cdot \eta - h''_{пр})}{4{,}2 \cdot (G_{св} + D_{св}^{тс})} + t_{св} = \frac{1{,}8 \cdot (437 \cdot 0{,}98 - 210)}{4{,}2 \cdot (13{,}6 + 296)} + 5 = 5, °C, \quad (3.25)$$

где $h''_{пр}$ – энтальпия продувочной воды, сбрасываемой в дренаж, 210 кДж/кг, принимается для воды температурой 50 °С.

Расход пара на подогреватель сырой воды, поступающей на химводоочистку паровых котлов:

$$D_{под}^{св2} = \frac{G_{св} \cdot 4{,}2 \cdot (t'_{хов} - t'_{св})}{(h''_{роу} - h_к^{роу}) \cdot \eta} = \frac{13{,}6 \cdot 4{,}2 \cdot (20 - 5)}{(2757 - 600) \cdot 0{,}98} = 0{,}4, \text{ т/ч}. \quad (3.26)$$

Расход пара на подогреватель химически очищенной воды, установленного перед деаэратором питательной воды:

$$D_{хов} = \frac{G_{хов} \cdot (h^{хов}_{под} - h''_{хов})}{(h''_{роу} - h^{роу}_{к}) \cdot \eta} = \frac{12{,}4 \cdot (210 - 84)}{(2757 - 600) \cdot 0{,}98} = 1{,}2,\ т/ч, \qquad (3.27)$$

где $h''_{хов}$ – энтальпия химически очищенной воды перед подогревателем, 84 кДж/кг.

Количество конденсата, возвращаемого внешними потребителями:

$$G^{вн}_{к} = \beta \cdot (D_{т} + D'_{т}) = 0{,}8 \cdot (2 + 5) = 5{,}6,\ т/ч. \qquad (3.28)$$

Суммарное количество воды и пара, поступающее в деаэратор питательной воды, без учета греющего пара деаэратора:

$$G^{пв}_{д} = G^{вн}_{к} + G_{хов} + D_{расш} + D^{св}_{под} + D_{хов} + D_{псв} =$$

$$= 5{,}6 + 12{,}4 + 0{,}5 + 8{,}8 + 1{,}2 + 0 = 28{,}5,\ т/ч. \qquad (3.29)$$

Средняя температура воды в деаэраторе:

$$t'_{д} = [G^{вн}_{к} \cdot h_{к} + G_{хов} \cdot h^{хов}_{под} + (D_{хов} + D_{псв} + D^{св}_{под}) h^{роу}_{к} + D_{расш} \cdot h''_{расш}] / (4{,}2 \cdot G^{пв}_{д}) =$$

$$= [5{,}6 \cdot 252 + 12{,}4 \cdot 294 + (8{,}8 + 1{,}2 + 0) \cdot 600 + 0{,}4 \cdot 2690] / (4{,}2 \cdot 28{,}5) = 103,\ °C. \qquad (3.30)$$

Расход пара на деаэратор питательной воды:

$$D^{пв}_{д} = \frac{G^{пв}_{д} \cdot (h_{пв} - 4{,}2 \cdot t'_{д})}{h''_{роу} - h'_{дсв}} = \frac{28{,}5 \cdot (437 - 4{,}2 \cdot 103)}{2757 - 437} = 0{,}05,\ т/ч. \qquad (3.31)$$

Расход редуцированного пара на собственные нужды:

$$D^{роу}_{сн} = D^{пв}_{д} + D^{св1}_{под} + D^{св2}_{под} + D_{хов} = 0{,}05 + 8{,}8 + 0{,}4 + 1{,}2 = 10{,}5,\ т/ч. \qquad (3.32)$$

Расход свежего пара на мазутное хозяйство:

$$D_{м} = (D'_{уд} \cdot D + D''_{уд} \cdot Q_{впу}) \cdot 0{,}001 = (25 \cdot 45 + 40 \cdot 60{,}5) \cdot 0{,}001 = 3{,}6,\ т/ч. \qquad (3.33)$$

где $D'_{уд}$ – удельный расход пара на мазутное хозяйство для паровых котлов, равен 25 кг/т; $D''_{уд}$ – удельный расход пара на мазутное хозяйство для водогрейных котлов, равен 40 кг/МВт.

Расход свежего пара на собственные нужды:

$$D'_{сн} = \frac{D^{роу}_{сн} \cdot (h''_{роу} - h_{пв})}{(h'_{роу} - h_{пв})\eta} + D_{м} = \frac{10{,}5 \cdot (2757 - 437)}{(2833 - 437)\ 0{,}98} + 3{,}6 = 13{,}9,\ т/ч. \qquad (3.34)$$

Действительная паропроизводительность котельной с учетом расхода на собственные нужды и потери пара в котельной:

$$D_{к} = \frac{D_{вн} + D'_{сн}}{1 - 0{,}01 \cdot К_{к}} = \frac{30{,}1 + 13{,}9}{1 - 0{,}01 \cdot 3} = 45{,}4,\ ,\ т/ч. \qquad (3.35)$$

Небаланс с предварительно принятой паропроизводительностью ко-

тельной:

$$\Delta D = \frac{D - D_к}{D_к} 100 = \frac{45 - 45{,}4}{45{,}4} 100 = 0{,}8, \%. \qquad (3.36)$$

Моделирование тепловой схемы котельной считается законченным, если небаланс с предварительно принятой паропроизводительностью котельной меньше 1 %.

При расчете режима наиболее холодного месяца мощность отопления и вентиляции необходимо уменьшить на 40%, температуру сетевой воды в подающей и обратной линиях – на 10-20 ºС. Для летнего режима температуру сетевой воды в подающей линии принять 75 ºС, в обратной – 50 ºС

4. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

4.1. Задание по расчету тепловой схемы котельной с водогрейными котлами

Студент должен согласно своему варианту провести моделирование тепловой схемы котельной с водогрейными котлами для максимально-зимнего периода, периода наиболее холодного месяца, летнего периода. Выбрать число и мощность водогрейных котлов. Проанализировать загрузку котлов для указанных режимов. Выполнить чертеж тепловой схемы котельной для первого режима, указать на чертеже для каждого трубопровода расход температуру теплоносителя. В последнем столбце табл. 1 приведено отсутствующее оборудование для каждого варианта.

Таблица 1

Варианты задания для водогрейной котельной

№	Населенный пункт	Вид топлива	График теплосети	Тип системы теплоснабжения	$Q_{ов}$, МВт	$Q_{гв}$, МВт	Тип деаэратора	№ отсутствующего оборудования по рис.1
1	Минск	прир. газ	110/60	закрытая	15	2	атм.	9
2	Мозырь	мазут	120/65	открытая	100	10	атм.	4
3	Брест	прир. газ	120/70	открытая	10	5	вак.	8
4	Довск	мазут	100/50	открытая	95	5	атм.	4
5	Гродно	мазут	110/70	закрытая	17	3	вак.	8
6	Речица	мазут	130/70	закрытая	3	1	атм.	9
7	Светлогорск	попут. газ	120/60	открытая	22	10	атм.	4
8	Осиповичи	мазут	110/50	закрытая	30	5	вак.	8
9	Полоцк	попут. газ	120/65	открытая	7	3	атм.	9
10	Рогачев	мазут	110/55	закрытая	41	40	атм.	4
11	Гомель	мазут	120/70	закрытая	80	25	вак.	8
12	Добруш	прир. газ	110/70	закрытая	8	5	атм.	-

Окончание табл. 1

№	Населенный пункт	Вид топлива	График теплосети	Тип системы теплоснабжения	$Q_{ов}$, МВт	$Q_{гв}$, МВт	Тип деаэратора	№ отсутствующего оборудования по рис.1
13	Витебск	торф	100/50	закрытая	12	8	атм.	-
14	Калинковичи	торф	120/60	закрытая	40	10	атм.	9
15	Минск	мазут	110/50	открытая	34	10	вак.	8
16	Жлобин	дрова	120/60	закрытая	10	3	атм.	-
17	Гомель	прир. газ	90/50	закрытая	44	20	вак.	8
18	Минск	мазут	100/60	закрытая	55	10	атм.	-
19	Калинковичи	прир. газ	105/65	открытая	28	5	атм.	4
20	Брест	торф	100/60	закрытая	10	7	вак.	8
21	Витебск	мазут	105/65	открытая	20	3	атм.	-
22	Довск	мазут	100/50	закрытая	25	10	атм.	4
23	Калинковичи	прир. газ	110/60	закрытая	60	7	атм.	9
24	Минск	мазут	110/70	закрытая	10	3	вак.	-
25	Орша	прир. газ	120/70	открытая	65	10	атм.	4
26	Рогачев	мазут	110/60	открытая	33	5	атм.	9
27	Гомель	мазут	120/60	закрытая	17	5	вак.	8
28	Добруш	дрова	100/60	закрытая	2	1	атм.	-
29	Минск	мазут	90/50	закрытая	32	4	вак.	8
30	Речица	попут. газ	110/65	закрытая	10	16	атм.	4

4.2. Задание по расчету тепловой схемы котельной с паровыми котлами

Студент должен согласно своему варианту провести моделирование тепловой схемы котельной с паровыми котлами для максимально-зимнего периода, периода наиболее холодного месяца, летнего периода. Выбрать число и мощность паровых котлов. Проанализировать загрузку котлов для указанных режимов. Выполнить чертеж тепловой схемы котельной для первого режима, указать на чертеже для каждого трубопровода расход температуру теплоносителя. В последнем столбце табл. 2 приведено отсутствующее оборудование для каждого варианта. Тепловой график сети, долю возврата конденсата задает преподаватель. Варианты с четными номерами имеют открытую систему теплоснабжения, с нечетными – закрытую.

Таблица 2

Варианты задания для котельной с паровыми котлами

№	Населенный пункт	Вид топлива	$D'_т$, т/ч	$p_{пер}$, МПа	$D_т$, т/ч	$p_{нас}$, МПа	$Q_{ов}$, МВт	$Q_{гв}$, МВт	№ отсутствующего оборудования по рис.2
1	Минск	дрова	45	1,1	5	0,6	10	25	5
2	Мозырь	прир. газ	-	-	10	0,4	44	5	6
3	Брест	мазут	12	2,0	5	0,5	55	5	2, 5
4	Витебск	прир. газ	18	2,2	21	0,5	28	10	-
5	Гродно	торф	16	0,9	8	0,6	10	10	13
6	Речица	мазут	19	0,8	6	0,6	20	3	5, 13
7	Светлогорск	мазут	5	1	10	0,6	25	20	6, 13
8	Осиповичи	прир. газ	12	1,8	5	0,6	60	10	5
9	Полоцк	мазут	50	1,5	11	0,5	10	5	6
10	Рогачев	прир. газ	6	2	5	0,6	65	7	2, 5
11	Гомель	мазут	-	-	3	0,6	33	3	-
12	Добруш	мазут	33	1,1	3	0,5	17	10	13
13	Довск	дрова	22	2,2	5	0,6	2	7	5, 13
14	Калинковичи	мазут	14	0,9	8	0,5	32	3	6, 13
15	Минск	попут. газ	-	-	5	0,5	10	10	5
16	Жлобин	прир. газ	5	0,8	5	0,5	15	5	6
17	Гомель	мазут	26	1,1	33	0,6	100	5	2, 5
18	Минск	прир. газ	32	1	8	0,5	10	1	-
19	Калинковичи	торф	16	0,9	4	0,6	12	4	13
20	Брест	мазут	7	2	3	0,3	17	16	5, 13
21	Витебск	мазут	-	-	15	0,6	3	2	6, 13
22	Довск	попут. газ	8	1,1	-	0,4	22	10	5
23	Калинковичи	мазут	6	1	20	0,5	30	5	6
24	Минск	попут. газ	110	0,9	10	0,6	7	8	2, 5
25	Орша	мазут	15	1	5	0,6	41	3	-
26	Рогачев	мазут	22	0,9	8	0,5	80	1	13
27	Гомель	прир. газ	13	1,6	2	0,6	8	10	5, 13
28	Добруш	мазут	7	0,8	7	0,5	95	5	6, 13
29	Минск	торф	2	0,9	10	0,4	40	3	5
30	Речица	мазут	12	1,0	6	0,3	34	40	13

4.3. Задание по расчету тепловой схемы котельной с водогрейными и паровыми котлами

Студент должен согласно своему варианту провести моделирование тепловой схемы котельной с водогрейными и паровыми котлами для максимально-зимнего периода, периода наиболее холодного месяца, летнего периода. Выбрать число и мощность водогрейных и паровых котлов. Проанализировать загрузку котлов для указанных режимов. Выполнить чертеж тепловой схемы котельной для первого режима, указать на чертеже для каждого трубопровода расход температуру теплоносителя. В последнем столбце табл. 3 приведено отсутствующее оборудование для каждого варианта. Тепловой график сети, долю возврата конденсата задает преподаватель. Варианты с четными номерами имеют открытую систему теплоснабжения, с нечетными – закрытую.

Таблица 3

Варианты задания для котельной с паровыми котлами

№	Населенный пункт	Вид топлива	$D'_т$, т/ч	$p_{пер}$, МПа	$D_т$, т/ч	$p_{нас}$, МПа	$Q_{ов}$, МВт	$Q_{гв}$, МВт	№ отсутствующего оборудования по рис.3
1	Минск	дрова	45	1,1	5	0,6	10	25	8
2	Мозырь	прир. газ	-	-	-	-	44	5	10
3	Брест	мазут	12	2,0	5	0,5	55	5	12
4	Витебск	прир. газ	18	2,2	21	0,5	28	10	-
5	Гродно	торф	16	0,9	8	0,6	10	10	1
6	Речица	мазут	19	0,8	6	0,6	20	3	16
7	Светлогорск	мазут	5	1	10	0,6	25	20	1,8
8	Осиповичи	прир. газ	12	1,8	5	0,6	60	10	1,10
9	Полоцк	мазут	50	1,5	11	0,5	10	5	16
10	Рогачев	прир. газ	6	2	5	0,6	65	7	8
11	Гомель	мазут	-	-	-	-	33	3	-
12	Добруш	мазут	33	1,1	3	0,5	17	10	10
13	Довск	дрова	22	2,2	5	0,6	2	7	1
14	Калинковичи	мазут	14	0,9	8	0,5	32	3	12
15	Минск	попут. газ	-	-	-	-	10	10	8,10
16	Жлобин	прир. газ	5	0,8	5	0,5	15	5	16
17	Гомель	мазут	26	1,1	33	0,6	100	5	10
18	Минск	прир. газ	32	1	8	0,5	10	1	-

Окончание табл. 3

№	Населенный пункт	Вид топлива	$D'_т$, т/ч	$p_{пер}$, МПа	$D_т$, т/ч	$p_{нас}$, МПа	$Q_{ов}$, МВт	$Q_{гв}$, МВт	№ отсутствующего оборудования по рис.3
19	Калинковичи	торф	16	0,9	4	0,6	12	4	8
20	Брест	мазут	7	2	3	0,3	17	16	10
21	Витебск	мазут	-	-	15	0,6	3	2	1
22	Довск	попут. газ	8	1,1	-	-	22	10	12
23	Калинковичи	мазут	6	1	20	0,5	30	5	16
24	Минск	попут. газ	110	0,9	10	0,6	7	8	2,8
25	Орша	мазут	15	1	5	0,6	41	3	-
26	Рогачев	мазут	22	0,9	8	0,5	80	1	10
27	Гомель	прир. газ	13	1,6	2	0,6	8	10	1,8
28	Добруш	мазут	7	0,8	7	0,5	95	5	10
29	Минск	торф	2	0,9	10	0,4	40	3	16
30	Речица	мазут	12	1,0	6	0,3	34	40	8

ЛИТЕРАТУРА

1. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : справочник / под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.:Энергоатомиздат, 1991.
2. Эстеркин Р.И. Котельные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ
С ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ 3
2. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ
С ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ 8
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ
С ПАРОВЫМИ И ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ 14
4. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ . . 21
4.1. Задание по расчету тепловой схемы котельной
с водогрейными котлами 21
4.2. Задание по расчету тепловой схемы котельной
с паровыми котлами 21
4.3. Задание по расчету тепловой схемы котельной
с водогрейными и паровыми котлами 21
ЛИТЕРАТУРА 24

МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Практикум по выполнению лабораторных и контрольных работ по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» заочной формы обучения

Автор-составитель: **Токочаков** Владимир Иванович

Подписано в печать.06.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,63. Уч. - изд. л. 1,69.
Изд. № 109.
E-mail: ic@gstu.gomel.by
http://www.gstu.gomel.by

Отпечатано на МФУ XEROX WorkCentre 35 DADF
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, т. 47-71-64.