Библиотека СОК

621.1.

Министерство образования Российской Федерации
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

Методические указания к выполнению курсового проекта
по дисциплине
«Источники и системы теплоснабжения промпредприятий»
для студентов дневной формы обучения
специальностей: 100700 – Промышленная теплоэнергетика,
101600 – Энергообеспечение предприятий

#6320

Екатеринбург 2004

УДК 621.18

Листок срока возврата книг

Составитель А.М. Дубинин
Научный редактор доц., канд. техн. наук О.М. Панов

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения промпредприятий» / А.М. Дубинин. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. 19 с.

Методические указания предназначены для облегчения выполнения курсового проекта студентами. Приведены тепловые схемы производственных котельных, методика их расчета, выбор основного и вспомогательного оборудования.

Библиогр.: 13 назв. Рис. 3.

Подготовлено кафедрой «Промышленная теплоэнергетика».

© ГОУ ВПО «Уральский государст
технический университет-УП

1. КОТЕЛЬНЫЕ С ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ

Котельная предназначена для отпуска водяного пара промышленным потребителям и для подогрева сетевой воды, необходимой для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленных цехов, общественных, административных и жилых зданий.

Исходные данные для расчета и выбора оборудования

1. Расход промышленного пара, $D_п$, кг/с.
2. Доля возвращаемого конденсата промышленного пара с предприятий, β=0–1 (студент задает самостоятельно).
3. Давление и температура промышленного пара на выходе из котельной, $P_п$, мПа; $t_п$, °С (см. гидравлический расчет паропровода).
4. Система теплоснабжения – закрытая двухтрубная.
5. Максимальная тепловая мощность всех потребителей на отопление и вентиляцию и среднесуточная на горячее водоснабжение (г.в.с.) $Q^{max} = Q_{о,в}^{max} + Q_{гвс}^{ср}$, кВт.
6. Температура прямой и обратной воды в отопительных системах абонентов при расчетной наружной температуре воздуха для отопления: $\tau'_1=\tau'_2$.
7. Расчетный расход сетевой воды на выходе из котельной: $G_р$, кг/с (см. гидравлический расчет сети).
8. Мощность тепловых потерь в теплосети в окружающую среду: $Q_{т.п}$, кВт (см. тепловой расчет сети).
9. Расход подпиточной воды в тепловую сеть: $G_{под.в}$, кг/с.
10. Расход воды на горячее водоснабжение (г.в.с.) – $G_{гвс}$, кг/с.
11. Марка котлов.

Цель расчета тепловой схемы – определить паропроизводительность котельной, потоки воды и пара в отдельных точках схемы, а по ним выбрать основное и вспомогательное оборудование.

Методика справедлива как для вновь создаваемых, так и расширяющихся котельных. При расширении котельной тепловая схема просчитывается на полную мощность с учетом расширения.

Расчетная принципиальная тепловая схема котельной показана на рис.1 (помещается в пояснительную записку).

Паропроизводительность котельной, кг/с, равна:

$$D^*_к = D_п + D_{сп} + D_{сн} - (G_{роу1} + G_{роу2}),$$

где $D_п$ – расход промышленного пара, кг/с; $D_{сп}$ – расход пара на сетевые подогреватели, кг/с; $D_{сн}$ – расход пара на собственные нужды котельной (деаэраторы подпиточной $D_{д1}$ и питательной $D_{д2}$ воды, подогреватели водопроводной $D_{п1}$ и химически умягченной $D_{п2}$ воды и мазутное хозяйство $D_{мх}$=0,03 $D_п$), кг/с; $G_{роу1}$ и $G_{роу2}$ – расход питательной воды, впрыскиваемой в пароохладитель РОУ1 промышленного пара и РОУ2 пара, идущего на собственные нужды и в сетевой подогреватель, кг/с. Определим перечисленные расходы пара.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
ГОУ ВПО "Уральский Государственный
технический университет - УПИ"

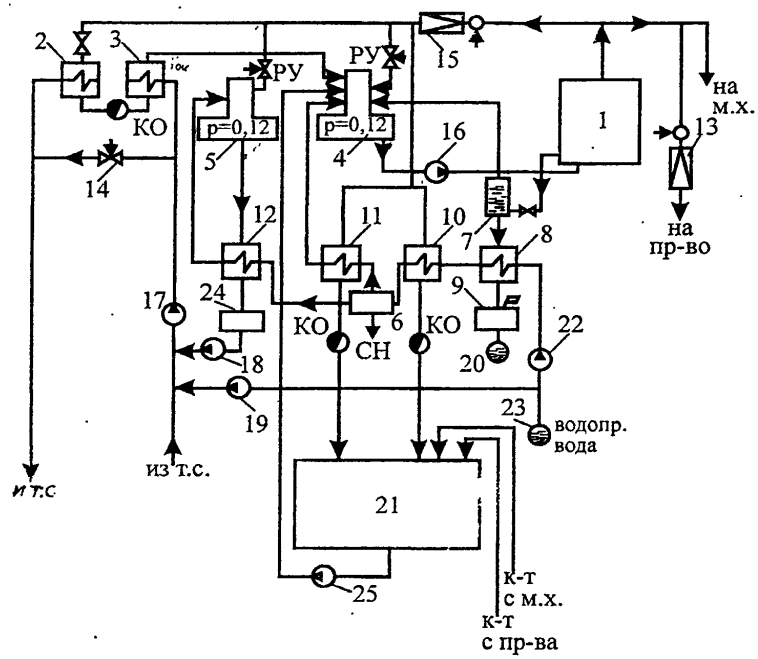


Рис.1. Принципиальная расчетная тепловая схема паровой котельной:

1 – паровые котлы; 2 – сетевые подогреватели; 3 – охладители конденсата; 4,5 – деаэраторы питательной и подпиточной воды; 6 – химводоочистка; 7 – сепаратор непрерывной продувки котлов; 8 – охладитель СНП котлов; 9 – барботер; 10 – подогреватель сырой воды; 11 – подогреватель химочищенной воды; 12 – охладитель деаэрированной воды; 13 – РОУ1 – промышленного пара; 14 – перепускная линия; 15 – РОУ2 – пара на собственные нужды; 16 – питательные насосы; 17 – сетевые насосы; 18 – подпиточные насосы; 19 – насосы аварийной подпитки сети; 20 – канализация; 21 – конденсатный бак; 22 – насосы сырой воды; 23 – коллектор водопроводной воды; 24 – баки-аккумуляторы; 25 – конденсатные насосы

Определение расхода пара на сетевые подогреватели. Для этого сначала определим температуру обратной сетевой воды на входе в котельную:

$$\tau_2^* = \tau_2' - \frac{G_{гвс}(\tau_2' - 15)}{G_p \cdot \eta}, \text{ °C.}$$

Определим энтальпию конденсата греющего пара после охладителя

$$i'_{ок} = 4{,}19(\tau_2^* + \Delta t), \text{ кДж/кг.}$$

Здесь Δt – недоохлаждение конденсата до температуры обратной сетевой воды в охладителе (принимается 10°С); η - КПД подогревателя г.в.с. на ЦТП, принимается 0,98 (98%).

Все остальные обозначения см. в исходных данных для расчета и выбора оборудования.

Температура насыщения в сетевом подогревателе $t_{нас}=\tau'_1+\Delta t_1$, где Δt_1 – недогрев сетевой воды в сетевом подогревателе до температуры насыщения, принимается 10°С.

Энтальпия $i''_{сп}$ и давление в сетевом подогревателе находятся по температуре насыщения (кипения) из таблиц [1].

Расход пара на сетевые подогреватели, кг/с, определяется из уравнения теплового баланса

$$D_{сп} = \frac{Q^{max} + Q_{тп}}{(i''_{сп} - i'_{ок}) \cdot \eta_{сп}},$$

где $\eta_{сп}$ – КПД сетевого подогревателя, принимается 0,98 (98%).

Определим расход продувочной воды из паровых котлов, кг/с,

$$G_{пр} = \frac{\alpha_{пр}}{100}(D_п + D_{сп} + K \cdot D_п),$$

где $\alpha_{пр}$ – процент продувки котлов (зависит от качества сырой (исходной) воды и способа химводоподготовки), рассчитывается по методике [2] или принимается студентом в пределах 3-15%.

Расчет тепловой схемы котельной выполняется методом последовательных приближений, поэтому коэффициент K в первом приближении принимается 0,08-0,15 с последующим уточнением. Величина $K \cdot D_п$ выражает расход пара котельной на собственные нужды, а сумма $D_п + D_{сп} + K \cdot D_п = D_к$ - паропроизводительность котельной, кг/с.

Найдем расход продувочной воды, кг/с, из СНП, уходящей в канализацию из решения системы уравнений материального и теплового балансов СНП (сепаратора непрерывной продувки)

$$G'_{пр} = G_{пр} \frac{i''_{пр} - i^*_{пр}}{i''_{пр} - i'_{пр}}.$$

Расход вторичного пара из СНП, идущего в питательный деаэратор, кг/с,

$$D_{пр} = G_{пр} - G'_{пр},$$

где $i^*_{пр}$ - энтальпия продувочной воды из барабана котла, определяется по давлению воды в барабане котла из таблиц [1].

Промышленные паровые котлы выпускаются на стандартный ряд абсолютных давлений 1; 1,4; 2,4 и 4 МПа. Давление за котлом выбирают по давлению промышленного пара $P_п$ (см. исходные данные).

$i''_{пр}$ и $i'_{пр}$ – энтальпии пара и кипящей воды на выходе из СНП. Находятся из таблиц [1] по давлению 0,12 МПа в деаэраторе питательной воды, с которым СНП связан паропроводом (см.рис.1).

Определим расход водопроводной воды, кг/с, на входе в котельную для восполнения потерь

$$G_{в.в} = 1{,}25\left[(1-\beta)D_п + G_{под.в} + 0{,}03D_п + G'_{пр}\right],$$

где $(1-\beta)D_п$ – невозврат конденсата с производства; $G_{под.в}$ – потеря воды в тепловых сетях; $0{,}03D_п$ – потеря конденсата и воды внутри котельной.

Найдем из уравнения теплового баланса охладителя непрерывной продувки котлов температуру водопроводной воды после охладителя:

$$t'_{вв} = t_х + \frac{G'_{пр}}{G_{в.в}}\left(t'_{пр} - t_{охл}\right)\eta, \text{ °C}.$$

Здесь $t_{охл}$ – температура воды после охладителя, удаляемой в канализацию, принимается 50°С; $t_х$ – температура холодной водопроводной воды, принимается 5°С; η=0,98 – коэффициент теплопотерь охладителя; $t'_{пр}$ – температура воды, уходящей из СНП, равна 105°С.

Расход пара на подогреватель водопроводной воды, кг/с, находится из уравнения теплового баланса подогревателя:

$$D_{п1} = G_{в.в}\frac{4{,}19\left(t''_{в.в} - t'_{в.в}\right)}{\left(i''_п - i'_к\right)\eta_{п1}},$$

где $t''_{в.в}$ – температура водопроводной воды за подогревателем перед ХВО (принимается 30°С для нормальной работы химводоочистки); $i''_п$ и $i'_к$ – энтальпии пара и конденсата за РОУ2 пара, поступающего на сетевые подогреватели и собственные нужды. Определяются из таблиц [1] по давлению пара в сетевых подогревателях (использовано ранее).

Определим расход пара, кг/с, на деаэратор подпиточной воды из уравнения теплового баланса

$$D_{g1} = G_{под.в}\frac{i'_g - 4{,}19t^*}{\left(i''_g - 4{,}19t^*\right)\eta^3_{g1}}$$

где $G_{под.в}$ (см. исходные данные для расчета); i''_g; i'_g – энтальпия пара и конденсата в деаэраторе, кДж/кг. i''_g – находится по давлению после РОУ2 в сетевых подогревателях; i'_g – по давлению в деаэраторе 0,12 МПа;

$t^*=t_н$-20 – температура химочищенной воды на входе в головку деаэратора, °С;

$t_н$ – температура насыщения (кипения) в деаэраторе, находится из таблиц [1] по давлению в деаэраторе 0,12 МПа, °С.

Найдем расход химочищенной воды, кг/с, на входе в головку подпиточного деаэратора

$$G_{хов_1} = G_{под.в} - D_{g_1}.$$

Расход химочищенной воды на входе в головку питательного деаэратора, кг/с,

$$G_{\text{хов}_2} = \frac{G_{\text{в з}}}{1{,}25} - G_{\text{хов}_1}.$$

Определим расход водяного пара на подогреватель химочищенной воды, поступающей в деаэратор питательной воды, кг/с,

$$D_{\text{п2}} = G_{\text{хов}_2} \cdot 4{,}19 \frac{t^* - t_{\text{хов}}}{(i''_{\text{п}} - i'_{\text{к}})\eta}.$$

Здесь $t_{\text{хов}}$ – температура воды за химводоочисткой, принимается 27°С; $t^*=t_{\text{н}}$-20°С (использовалось ранее).

Из системы уравнений теплового баланса и сохранения массы найдем расход пара на питательный деаэратор, кг/с,

$$D_{g_2} = \frac{D_{\text{сп}}(i'_g - i'_{\text{ок}}) + G_{\text{хов}_2}(i'_g - 4{,}19t^*) + (\beta D_{\text{п}} + D_{\text{мх}} + D_{\text{п}_1} + D_{\text{п}_2})(i'_g - 4{,}19t_{\text{к}}) - D_{\text{пр}}(i''_{\text{пр}} - i'_g)}{(i''_n - i'_g)\eta g2}.$$

Здесь $t_{\text{к}}$ – температура конденсата, возвращаемого с производства (принимается 95°С). Все остальные символы использовались ранее.

Производительность питательного деаэратора, кг/с ,

$$G_{g_2} = D_{g_2} + G_{\text{хов}_2} + D_{\text{п}_1} + D_{\text{п}_2} + D_{\text{мх}} + D_{\text{сп}} + D_{\text{пр}} + \beta D_{\text{п}}.$$

Уточненный расход на собственные нужды, кг/с,

$$D_{\text{сн}} = D_{g_1} + D_{g_2} + D_{\text{п}_1} + D_{\text{п}_2} + D_{\text{мх}}.$$

(Ранее принимался в первом приближении $D_{\text{сн}}=K\cdot D_{\text{п}}$, где K=0,08-0,15).

Найдем расход воды, кг/с, впрыскиваемой в пароохладитель РОУ1 при получении редуцированного промышленного пара из уравнения теплового баланса РОУ1:

$$G_{\text{РОУ}_1} = D_{\text{п}} \frac{i''_{\text{к}} - i''_n}{i''_{\text{к}} - i'_{nb}}.$$

Здесь $i''_{\text{к}}$ – энтальпия пара за котлом, определяется по давлению и температуре пара за котлом из таблиц [1]. Параметры пара за котлом определяются из [3]. Марка котлов задается в задании на проект; $i''_{\text{п}}$ – энтальпия пара, отпускаемого на промышленные нужды, находится по давлению и температуре промышленного пара (см. исходные данные для расчета); i'_{nb} – энтальпия питательной воды перед котлом, равна i'_g, кДж/кг (см. ранее).

Расход питательной воды, впрыскиваемой в пароохладитель РОУ2 при получении пара, идущего в сетевые подогреватели и отпускаемого на собственные нужды котельной, кг/с,

$$G_{\text{РОУ}_2} = (D_{\text{сп}} + D_{\text{сн}}) \frac{i''_{\text{к}} - i''_{\text{сн}}}{i''_{\text{к}} - i''_{\text{nb}}}.$$

Здесь $i''_{\text{сн}}$ – энтальпия пара, поступающего в сетевые подогреватели и отпускаемого на собственные нужды, кДж/кг. Находится по давлению в сетевых подогревателях из [1] (см. ранее).

Уточненная паропроизводительность котельной, кг/с ,

$$D^*_{\text{к}} = D_{\text{п}} + D_{\text{сн}} + D_{\text{сп}} - (G_{\text{РОУ1}} + G_{\text{РОУ2}}).$$

Результат сравнить с предварительно принятой паропроизводительностью, кг/с, в первом приближении

$$D_к = D_п + D_{сп} + K \cdot D_п .$$

(K=0,08-0,15)

Расхождение $\frac{|D_к^* - D_к|}{D_к^*} \cdot 100\%$ должно быть не более 2%. В противном случае перезадать K и повторить расчеты.

Далее проверяется материальный баланс котла, кг/с,

$$G_{g_2} = D_к^* + G_{пр} .$$

Расход питательной воды равен расходу пара и продувки из котла (небаланс 2%).

Методику выбора оборудования смотри ниже. Далее строится (см. главу 2) и прилагается в записку температурный график.

2. ВОДОГРЕЙНАЯ КОТЕЛЬНАЯ

Котельная предназначена для снабжения теплотой промышленных цехов, жилых, общественных и административных помещений на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Исходные данные для расчета и выбора оборудования

1. Система теплоснабжения – закрытая, двухтрубная.
2. Расчетный расход сетевой воды на выходе из котельной, $G_р$, кг/с (см. гидравлический расчет водяной тепловой сети).
3. Температура воды на входе в отопительные системы абонентов и выходе из них при расчетной наружной температуре воздуха, τ'/τ_2', °С.
4. Расход подпиточной воды в тепловые сети, $G_{под.в}$, кг/с (см. гидравлический расчет водяной сети).
5. Расход воды на горячее водоснабжение по всем абонентам, $G_{гвс}$, кг/с (см. гидравлический расчет водяной сети).
6. Максимальная тепловая мощность, отпускаемая на отопление и вентиляцию, $Q_{о.в}^{max}$, и среднесуточная на г.в.с. $Q_{гвс}^{ср}$, кВт.
7. Мощность тепловых потерь в сети, $Q_{тп}$, кВт.

Цель расчета тепловой схемы – определить расход воды через водогрейные котлы, тепловую мощность котельной, потоки воды и температуры в отдельных точках, а по ним выбрать основное и вспомогательное оборудование.

Методика справедлива как для вновь создаваемых, так и расширяющихся котельных. При расширении котельной тепловая схема рассчитывается на полную мощность с учетом расширения.

Расчетная принципиальная тепловая схема водогрейной котельной представлена на рис.2 (помещается в пояснительную записку).

Для деаэрации воды используется вакуумный деаэратор. Расход греющей воды, поступающей в вакуумный деаэратор, кг/с, находится из уравнения теплового баланса деаэратора

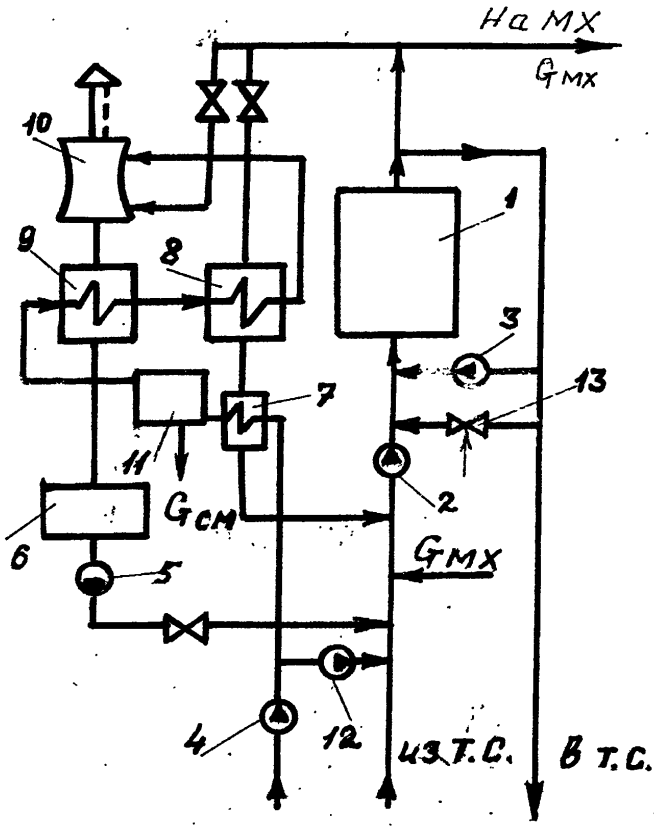


Рис.2. Принципиальная расчетная тепловая схема водогрейной котельной:

1 – водогрейные котлы; 2 – сетевые насосы; 3 – рециркуляционные насосы; 4 – насосы сырой воды; 5 – подпиточные насосы; 6 – бак-аккумулятор; 7, 8 – подогреватели сырой и химочищенной воды; 9 – охладитель деаэрированной воды; 10 – вакуумный деаэратор; 11 – химводоочистка; 12 – насосы аварийной подпитки тепловой сети; 13 – клапан перепуска сетевой воды

$$G_{\text{гр.в.д}} = G_{\text{под.в}} \frac{t_{\text{н}} - t^{*}_{\text{хов}}}{(t_{\text{гр.в}} - t_{\text{н}})\eta_{\text{д}}}.$$

Здесь $t_{\text{н}}$ – температура насыщения в вакуумном деаэраторе, определяется по давлению в деаэраторе, принимаемом 0,1 МПа из таблиц [1]; $t^{*}_{\text{хов}} = t_{\text{н}}$ -20 – температура химочищенной воды на входе в головку деаэратора, °С; $t_{\text{гр.в}}$ – температура греющей воды (на выходе из водогрейных котлов), равна 150°С; $\eta_{\text{д}}$ – КПД потерь тепловой мощности в окружающую среду, принимается 0,98.

Определим производительность деаэратора, кг/с,

$$G_{\text{д}} = G_{\text{под в}} + G_{\text{гр в.д.}}.$$

Тепловая мощность, расходуемая на вакуумный деаэратор, кВт,

$$Q_{\text{д}} = G_{\text{гр.в.д}} \cdot 4{,}19(t_{\text{гр.в}} - t_{\text{н}}).$$

Найдем тепловую мощность охладителя деаэрированной воды, кВт,

$$Q_{\text{охл}} = G_{\text{д}} \cdot 4{,}19(t_{\text{н}} - t^{*}_{\text{н}}).$$

Здесь $t^{*}_{\text{н}} = t'_{\text{хов}} + \Delta t$ - температура деаэрированной воды после охладителя, Δt – недоохлаждение воды до температуры подпиточной воды, принимается 30°С, $t'_{\text{хов}}$ - температура химочищенной воды после ХВО, принимается 27°С.

Температура химочищенной воды после охладителя деаэрированной воды находится из уравнения теплового баланса охладителя, °С,

$$t''_{\text{хов}} = t'_{\text{хов}} + \frac{G_{\text{д}}}{G_{\text{под.в}}}(t_{\text{н}} - t^{*}_{\text{н}})\eta.$$

Здесь η - КПД потерь в охладителе, принимается 0,98.

Определим расход водопроводной (сырой) воды в котельную, кг/с,

$$G_{\text{с.в}} = 1{,}25 \cdot G_{\text{под.в}}.$$

Расход греющей воды на подогреватель химочищенной воды перед деаэратором находится из решения системы уравнений теплового баланса подогревателей сырой и химочищенной воды, кг/с,

$$G_{\text{гр.в}} = \frac{G_{\text{с.в}}(t'_{\text{с.в}} - t_{\text{с.в}}) + G_{\text{по в}}(t'^{*}_{\text{хов}} - t'_{\text{хов}})}{(t_{\text{гр.в}} - t^{*}_{\text{гр.в}})\eta}.$$

Здесь $t_{\text{с.в}}$, $t'_{\text{с.в}}$ – температура сырой воды на входе в котельную и на входе в химводоочистку, принимаются 5°С и 30°С соответственно; $t^{*}_{\text{гр.в}} = t_{\text{с.в}} + \Delta t$ - температура греющей воды после подогревателя сырой воды, °С; Δt – недоохлаждение греющей воды до температуры сырой воды, принимается 30°С.

Тепловая мощность подогревателя водопроводной (сырой) воды, кВт,

$$Q_{\text{с.в}} = G_{\text{с.в}} \cdot 4{,}19(t'_{\text{с.в}} - t_{\text{с.в}}).$$

Тепловая мощность подогревателя химочищенной воды перед деаэратором, кВт,

$$Q_{\text{хов}} = G_{\text{под.в}} \cdot 4{,}19(t^{*}_{\text{хов}} - t''_{\text{хов}}).$$

Определение расхода воды через насосы рециркуляции. Максимальный расход воды бывает в конце отопительного сезона при температуре наружного воздуха +8°С. По этому расходу воды и гидравлическому сопротивлению водогрейного котла выбирается марка насосов. Согласно температурному

графику регулирования отопительной нагрузки температуре наружного воздуха $t_н$=+8°С соответствует температура обратной воды из отопительных систем, °С,

$$\tau_2 = 18 + 64\left(\frac{18-8}{18-t'_н}\right)^{0,8} - \frac{25}{2}\cdot\frac{18-8}{18-t'_н}.$$

Температура обратной воды после ЦТП на входе в источник теплоснабжения, °С,

$$\tau_2^* = \tau'_2 - \frac{G_{гвс}(\tau'_2 - 15)}{G_р \cdot \eta}.$$

Тогда максимальный расход воды, кг/с, через насосы рециркуляции определится из выражения

$$G_{рец}^{max} = \frac{\left(Q_{о,в}^{max} + Q_{гвс}^{ср.с} + Q_{тп}\right)\left(\tau'_2 - \tau_2^*\right)}{4,19\left(\tau'_1 - \tau'_2\right)\left(\tau'_1 - \tau_2^*\right)}.$$

Все условные обозначения использовались ранее.

Минимальный расход воды через насосы рециркуляции соответствует температуре наружного воздуха $t'_н$, причем τ'_2=70°С. Вычисляя τ^*_2 и подставляя в упомянутое выражение для расхода воды через насосы рециркуляции, находим $G_{рец}^{min}$, кг/с. Максимальный расход воды через клапан перепуска, кг/с, приходится на конец отопительного сезона, когда $t_н$=+8°С. Температура воды, подаваемой в отопительные приборы абонентов, равна, τ_1=70°С (срезка температурного графика из-за необходимого подогрева водопроводной воды на горячее водоснабжение (г.в.с.) в ЦТП до $t_г$=55°С).

$$G_{пер}^{max} = G_р \frac{(\tau'_1 - 70)}{(\tau'_1 - \tau_2^*)}.$$

Расход воды через водогрейные котлы, кг/с,

$$G_к = G_р + G_{гр.в\,д} + G_{гр.в} + G_{рец}^{min} + G_{мх}.$$

Здесь $G_{м.х}$ – расход воды на мазутное хозяйство, принимается 1,5 кг/с.

Тепловая мощность котельной, кВт,

$$Q_к = G_к \cdot 4,19\left(\tau'_1 - \tau'_2\right).$$

Далее рассчитывается и прилагается в пояснительную записку температурный график регулирования мощности источника и потребителя $\left(\tau_1^*, \tau_2^* = f(t_н)\right)$ для любого типа котельных и ТЭЦ.

Вид температурных графиков зависит от способа включения подогревателей воды на г.в.с. на ЦТП.

При отношении $0,6 < \frac{Q_{гвс}^{max}}{Q_{о,в}^{max}} < 1,2$ применяется последовательная схема включения подогревателей $\left(Q_{гвс}^{max} = (1,7 \div 2)Q_{гвс}^{ср}\right)$.

Тогда температура в прямой сети на выходе из котельной, °С, будет равна

$$\tau_1^* = \tau_1 + \frac{G_{гвс}^{ср}}{G_р \eta}\left(t_г - t'_х\right).$$

Температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети на входе в источник теплоснабжения, °С, вычисляется из выражения

$$\tau_2^* = \tau_2 - \frac{G_{\text{гвс}}(t'_{\text{х}} - t_{\text{х}})}{G_{\text{р}} \cdot \eta}.$$

Здесь τ_1 – температура в прямой сети за второй ступенью подогрева воды для гвс.на ЦТП, поступающей в отопительные приборы, °С,

$$\tau_1 = 18 + 64\left(\frac{18 - t_{\text{н}}}{18 - t'_{\text{н}}}\right)^{0,8} + \left[(\tau'_1 - \tau'_2) - \frac{25}{2}\right] \cdot \frac{18 - t_{\text{н}}}{18 - t'_{\text{н}}},$$

где τ_2 – температура за отопительными приборами, °С.

$$\tau_2 = 18 + 64\left(\frac{18 - t_{\text{н}}}{18 - t'_{\text{н}}}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{18 - t_{\text{н}}}{18 - t'_{\text{н}}},$$

где $t'_{\text{х}} = \tau_2 - \Delta t$, где Δt=10°С (принимается), $t_{\text{х}}$=5°С. Все остальные обозначения встречались ранее. Далее строится температурный график $\tau_1^* = f(t_{\text{н}})$; $\tau_2^* = \varphi(t_{\text{н}})$. Не забывать делать срезку температуры в прямой сети на уровне 70°С, необходимую для подогрева водопроводной воды для г.в.с. на ЦТП. При отношении $\frac{Q_{\text{гвс}}^{\max}}{Q_{\text{о.в}}^{\max}} \geq 1,2$ на ЦТП применяется параллельная схема включения подогревателей для г.в.с.

В этом случае $\tau_1^* = \tau_1$, а

$$\tau_2^* = \frac{G_{\text{о.в}}\tau_2 + \frac{G_{\text{гвс}}(t_{\text{х}} + \Delta t)}{4,19[\tau_1 - (t_{\text{х}} + \Delta t)]\eta}}{G_{\text{о.в}} + \frac{G_{\text{гвс}}}{4,19[\tau_1 - (t_{\text{х}} + \Delta t)]\eta}}, \text{ °С.}$$

Все условные обозначения использовались ранее. Задавая ряд значений температур наружного воздуха от +8 до $t'_{\text{н}}$, строится температурный график.

3. КОТЕЛЬНАЯ С ПАРОВЫМИ И ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ

Такие котельные строят в том случае, если общая мощность, отпускаемая абонентам с промышленным паром и горячей водой, идущей на отопление, вентиляцию и г.в.с., больше 50 мВт. Методика пригодна как для вновь создаваемых, так и расширяемых котельных.

Исходные данные для расчета

1. Расход промышленного пара, $D_{\text{п}}$, кг/с.
2. Давление и температура, $P_{\text{п}}$, $t_{\text{п}}$, на выходе котельной, МПа, °С.
3. Доля возврата конденсата, β=0–1 (выбирает студент).
4. Максимальные тепловые мощности $Q_{\text{о.в}}^{\max}$ и среднесуточная на г.в.с. $Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}}$, кВт.
5. Мощность тепловых потерь в водяных сетях, $Q_{\text{тп}}$, кВт.
6. Расчетный расход сетевой воды на выходе из источника, $G_{\text{р}}$, кг/с.
7. Подпитка теплосети, $G_{\text{под.в}}$, кг/с.

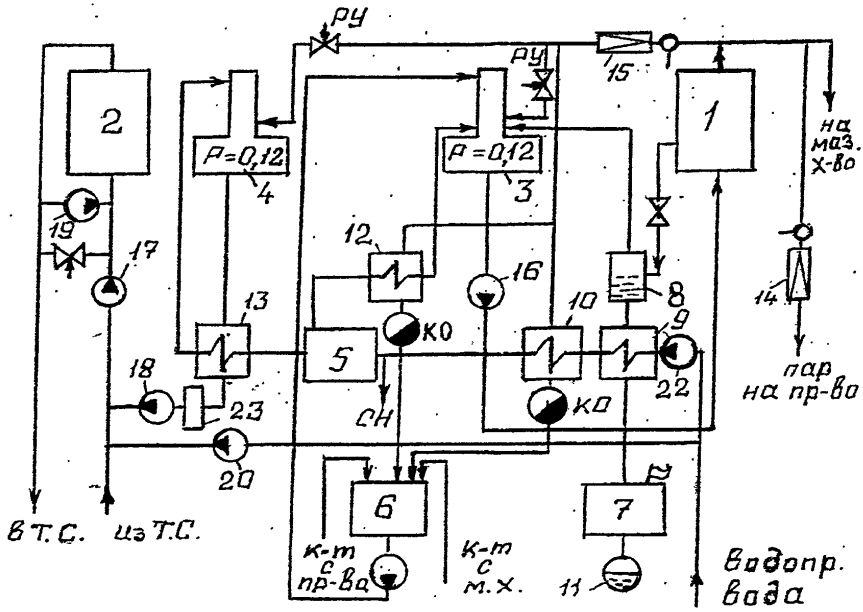


Рис.3. Принципиальная расчетная тепловая схема котельной с паровыми и водогрейными котлами:

1 – паровые котлы; 2 – водогрейные котлы; 3 – деаэратор питательной воды; 4 – деаэратор подпиточной воды; 5 – химводоочистка; 6 – баки для приема конденсата; 7 – барботёр; 8 – расширитель непрерывной продувки котлов; 9 – охладитель непрерывной продувки котлов; 10 – подогреватель сырой воды; 11 – канализация; 12 – подогреватель химочищенной воды; 13 – охладитель деаэрированной воды; 14 – РОУ1 промышленного пара; 15 – РОУ2 пара на собственные нужды; 16 – питательные насосы; 17 – сетевые насосы; 18 – подпиточные насосы; 19 – насосы рециркуляции; 20 – насосы аварийной подпитки сети; 21 – конденсатные насосы; 22 – насосы сырой воды; 23 – баки-аккумуляторы

8. Температуры сетевой воды в отопительных системах абонентов τ_1'/τ_2' при расчетной наружной температуре, °С.

9. Система теплоснабжения – закрытая, двухтрубная.

Цель расчета: определить паропроизводительность паровой части котельной, тепловую мощность водогрейной части котельной, расходы теплоносителей (воды и пара) в различных точках схемы котельной, тепловую мощность подогревателей. На основе расчетных данных выбрать основное и вспомогательное оборудование. К основному оборудованию относятся водогрейные и паровые котлы, к вспомогательному – деаэраторы питательные и подпиточные, теплообменники, насосы, дымовые трубы и т.д. Расчетная принципиальная схема котельной с паровыми и водогрейными котлами представлена на рис.3 (помещается в пояснительную записку).

Паропроизводительность котельной равна, кг/с,

$$D_к=D_п+D_{сн}-G_{РОУ1}-G_{РОУ2}.$$

Здесь $D_п$ – расход пара на производство, кг/с; $D_{сн}$ –расход пара на собственные нужды котельной (деаэраторы подпиточной и питательной воды, подогреватели сырой и химочищенной воды, на мазутное хозяйство), кг/с.

В отличие от паровой котельной расход пара на сетевые подогреватели не рассчитывается, т.к. они отсутствуют. $D_{сп}=0$.

Далее используется методика расчета схемы паровой котельной.

Определяется расход воды через водогрейные котлы, кг/с,

$$G_к=G_р+G_{рец}^{min}.$$

Здесь $G_р$ – расчетный расход воды в тепловой сети на выходе из котельной, кг/с; $G_{рец}^{min}$ – минимальный расход воды через насосы рециркуляции, кг/с.

Далее используется методика расчета схемы водогрейной котельной, с той лишь разницей, что расходы воды на вакуумный деаэратор, подогреватели водопроводной и химически очищенной воды, охладители деаэрированной воды не рассчитываются, т.к. перечисленное оборудование в данной схеме отсутствует.

4. ВЫБОР ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ

По надежности теплоснабжения потребителей котельные делятся на: котельные первой категории, если они являются единственным источником теплоты потребителей первой категории, нарушение теплоснабжения которых связано с опасностью для жизни людей или со значительным ущербом народному хозяйству;

котельные второй категории, если они не являются единственным источником теплоты всех остальных потребителей.

В котельных первой категории ставится один резервный котел. В котельных второй категории установка резервного котла не предусматривается.

Методика выбора оборудования справедлива для любой из рассмотренных схем котельных как для вновь создаваемых, так и расширяющихся.

При выборе паровых или водогрейных котлов в новых котельных следует учитывать рекомендации об однотипности оборудования.

Число паровых котлов определяют из выражения

$$n_к = D_к / D^*,$$

где $D_к$ – паропроизводительность котельной, т/ч; D^* - паропроизводительность одного стандартного котла, т/ч [3].

Для расширяющейся котельной число котлов определяется аналогично, только из суммарной паропроизводительности нужно вычесть производительность работающих котлов.

Количество водогрейных котлов определяется по формуле

$$n_к = Q_к / Q^*.$$

Здесь $Q_к$ – тепловая мощность котельной, мВт; Q^* - тепловая мощность одного стандартного водогрейного котла, мВт, (см. [3]).

Для расширяемых котельных для расчета числа котлов из тепловой мощности котельной, $Q_к$, надо вычесть мощность уже установленных котлов и разделить на Q^*.

Далее необходимо найти расход воды через один котел $G_1 = G_к / n_к$ и сравнить с расходом, установленным заводом изготовителем G_1^* (см. [3]). Эти значения должны примерно совпадать.

В новых паровых или водогрейных котельных первой категории предусматривается не менее двух котлов.

В котельных второй категории допускается установка одного котла.

Оптимальное количество котлов в новой котельной – три.

После выбора котлов производится выбор всего вспомогательного оборудования.

Атмосферные деаэраторы - по расходу воды, вытекающей из них (см. расчет тепловой схемы), и давлению по справочнику [3]. Резервные деаэраторы не предусматриваются.

Для предотвращения запаривания (кавитации) подпиточных и питательных насосов деаэраторы в зависимости от давления в них устанавливаются на соответствующие высотные отметки. При давлении в деаэраторе 0,12 мПа высота установки – 6 м, при 0,6 мПа – 12 м. Если установить на указанную отметку деаэратор по каким-либо причинам не удается, то ставят охладитель воды, вытекающей из деаэратора.

Теплообменные аппараты (сетевые, подогреватели водопроводной и химически очищенной воды, охладители непрерывной продувки котлов и воды из деаэраторов) выбираются по необходимой поверхности теплообмена, расходу воды, пара и давлению теплоносителей из справочника [3].

Поверхность теплообмена определяется делением тепловой мощности аппарата (см. расчет тепловой схемы) на среднелогарифмический температурный напор и коэффициент теплопередачи, значение которого предварительно принимается. Резервные подогреватели не предусматриваются.

Для приема конденсата с производства, из теплообменников и мазутного хозяйства в котельных устанавливают два конденсатных бака. Емкость каждого равняется получасовому расходу возвращаемого конденсата.

Для создания резерва подпиточной воды тепловых сетей устанавливают баки-аккумуляторы. Емкость баков для закрытых тепловых сетей выбирается из расчета 20-минутной производительности подпиточного деаэратора. Устанавливается не менее двух баков-аккумуляторов равной емкости.

Насосы выбираются по производительности (см. расчет тепловой схемы) и давлению из справочников [3,4]. Давление рассчитывается как сумма линейных и местных сопротивлений на пути движения воды, геометрической разности уровней воды в аппаратах (см. компоновочные чертежи котельной) и разности избыточных давлений в аппаратах, между которыми установлен насос. Всегда предусматривается резервирование насосов. Насосы рециркуляции выбираются по максимальному расходу рециркуляционной воды через котел (см. расчет тепловой схемы) и гидравлическому сопротивлению котла (см. [3]). Предусматривается резерв.

Количество сетевых и подпиточных насосов выбирается не менее двух (лучше три), из которых один является резервным.

Предусмотреть установку насосов аварийной подпитки тепловых сетей водопроводной водой. Производительность насоса 0,02 $G_р$ кг/с, напор (см. пьезометрический график). Сепаратор НП котлов выбирается по расходу вторичного пара $D_{пр}$ и допустимому напряжению парового объема ω=0,2 1/с, V=1,5·$D_{пр}$/($\omega\cdot\rho_п$). м^3, из [3].

Диаметры паропроводов и водопроводов рассчитываются из уравнения неразрывности по известному объемному расходу теплоносителя (см. расчет тепловой схемы) и заданной скорости теплоносителя: для пара 40-50 м/с, воды 1-1,5 м/с.

Высоту дымовой трубы, м, обеспечивающую рассеивание и доведение концентрации вредных выбросов в приземном слое атмосферы до предельно допустимой, рассчитывают по формуле

$$H = \sqrt{\frac{A\cdot M\cdot F\cdot m\cdot n\cdot\sqrt[3]{z}}{C_п\sqrt[3]{V\Delta T}}}.$$

Здесь A=120-240; F=1-2,5; z – число труб; n=1-3; m=0,8-1,1; M=V·C – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с; V –объемный расход продуктов сгорания из дымовой трубы от всех котлов, м^3/с; C – концентрация вредного вещества в продуктах сгорания, г/м^3; $C_п$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе, мг/м^3 (см. [3]); ΔT – разность температур дымовых газов и атмосферного воздуха, °С.

$$V = B\cdot V^{\circ}_{дг}\cdot\alpha,$$

где B – расход топлива на все котлы (паровые и водогрейные), кг/с (м^3/с);

$$B = \frac{D_к\left(i''_п - i'_{пв}\right)}{Q^н_р\cdot\eta_{пк}} + \frac{Q_к}{Q^н_р\cdot\eta_{вк}},$$

где $Q_р^н$, $\eta_{пк}$, $\eta_{вк}$ – теплота сгорания натурального топлива, КПД паровых и водогрейных котлов; $V_{дг}^{\circ}$ - количество продуктов сгорания, образующихся при горении одного кг твердого топлива (~4-6 м^3/кг), и природного газа (~11, м^3/м^3); α - коэффициент избытка воздуха за котлом, принимается 1,3; C – принимается 0.4 для твердого топлива, 0,08 – природного газа, г/м^3, а $C_п$=0,05 мг/м^3 по оксидам азота.

Расчеты выполняются для основного и резервного топлив, а высота трубы выбирается наибольшей, с последующим округлением до стандартного значения 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150 и 180 м.

Тягодутьевые машины (дымососы и вентиляторы), если ими не укомплектованы котлы (см. [3]), выбираются по расходу дымовых газов, выходящих из одного котла, или воздуха, подаваемого на горение топлива в котел, и сопротивлению дымового тракта за вычетом самотяги дымовой трубы или сопротивлению воздушного тракта.

Выбор метода, схемы подготовки питательной и подпиточной воды, оборудования проводится исходя из качества исходной (водопроводной) воды и требований к питательной и подпиточной воде согласно [2].

При работе котельной на твердом топливе прорабатываются вопросы доставки, складирования, подготовки твердого топлива к сжиганию [5],золоулавливания и золошлакоудаления [6,7].

При работе котельной на газообразном топливе выбирается схема и оборудование ГРП котельной по расходу газа на все котлы и давлению [8]. Схема помещается в пояснительную записку.

При использовании мазута в качестве основного (или резервного) топлива прорабатываются вопросы доставки и подготовки к сжиганию мазута. Прорабатывается схема трубопроводов мазутного хозяйства, выбирается оборудование согласно [9]. Схема помещается в пояснительной записке. Мазут подогревается либо водой с температурой 150°С, либо паром от паровых котлов.

Обязательным разделом проекта является борьба с загрязнением окружающей среды от выбросов котельной. Этот вопрос прорабатывается с помощью [10,11].

Прорабатывается функциональная схема автоматизации и КИП какого-либо объекта котельной (котла или деаэратора, или подпитки тепловой сети, или др.). С этим вопросом лучше ознакомиться по [12]. Схема размещается в пояснительной записке.

Заключительным этапом расчетной части проекта является определение себестоимости отпускаемой продукции – теплоты, C, руб./ГДж. Методика расчета себестоимости изложена в [13].

Графическая часть курсового проекта включает развернутую тепловую схему, план и разрезы котельной.

На плане показываются ввод и вывод энергоносителей (топливо, водопроводная вода, сетевая вода, электроэнергия, канализация,

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
ГОУ ВПО "Уральский Государственный
технический университет - УПИ"

промышленный пар, конденсат с производства, мазутопроводы, пар и конденсат с мазутного хозяйства).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вукалович М.П. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. М.: Машгиз, 1963. 245 с.
2. Водоподготовка. Процессы и аппараты: Учебное пособие для вузов/ А.А. Громогласов, А.С. Копылов, О.К. Мартынова и др.; Под ред. О.К. Мартыновой. М.: Энергоатомиздат, 1990. 272 с.
3. Роддатис К.Ф., Соколовский Б.Я. Справочник по котельным установкам малой производительности. М.: Энергия, 1975. 370 с.
4. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию/ И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др.; Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376 с.
5. Лебедев А.Н. Подготовка и размол топлива на электростанциях. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.
6. Кузнецов П.М. Удаление шлака и золы на электростанциях. М.: Энергия, 1970. 295 с.
7. Мелентьев В.А., Нагли Е.З. Гидрозолоудаление и золоотвалы. Л.: Энергия, 1968. 238 с.
8. Скафтымов Н.А. Основы газоснабжения. Л.: Недра, 1975. 343 с.
9. Промышленные тепловые электростанции/ М.И. Баженов, А.С. Богородский, Б.В. Сазанов; Под ред Е.Я. Соколова. М.: Энергия, 1979. 296 с.
10. Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.И. Охрана водного и воздушного бассейнов ТЭС. М.: Энергоиздат, 1981. 295 с.
11. Энергетика и охрана окружающей среды/ Под ред. Н.Г. Залогина, Л.П. Кроппа. М.: Энергия, 1979. 352 с.
12. Файерштейн Л.М., Этинген Л.С., Гохбойм Г.Г. Справочник по автоматизации котельных. М.: Энергия, 1978. 340 с.
13. Шишов А.Н., Бухаринов Н.Г., Таротин В.А. Экономика энергетики СССР. М.: Высш. шк . 1979. 448 с.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

Составитель *Дубинин Алексей Михайлович*

Редактор *Н.П. Кубыщенко*

ИД №06263 от 12.11.2001г.

Подписано в печать 10.01.2004 Формат 60x84 1/16
Бумага типографская Офсетная печать Усл. печ.л. 1,63
Буч.-изд.л. 1,54 Тираж 300 Заказ 255 Цена "С"

Редакционно-издательский отдел ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
Ризография НИИ ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
620002, Екатеринбург