МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ

В.В. Кисс, А.В. Казаков, Ю.А. Рахманов

РАСЧЁТ ПАРОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург
2014

УДК 697.32.001

Кисс В.В., Казаков А.В., Рахманов Ю.А. Расчёт паровой системы теплоснабжения пищевого предприятия: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 68 с.

Приведены характеристика паровой системы теплоснабжения пищевого предприятия; методики определения нормативного расхода пара и теплоты на технологические и вспомогательные нужды, составления теплового баланса предприятия для наиболее напряженного режима эксплуатации. Обоснованы принципы подбора тепловых котлов. Рассмотрены методики определения основных технико-экономических показателей работы теплового хозяйства предприятий, расчета и подбора теплообменников и вспомогательного оборудования. Дана характеристика вторичных энергоресурсов предприятий, тепловых схем их использования.

Предназначено для студентов направлений 151000, 220700, 260100, 260200, 240700 очной формы обучения.

Рецензенты: доктор техн. наук, проф. В.А. Арет; доктор техн. наук, проф. С.А. Громцев

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Института холода и биотехнологий

В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Кисс В.В., Казаков А.В., Рахманов Ю.А., 2014

ВВЕДЕНИЕ

При переработке пищевого сырья широко используются тепловые процессы: пастеризация, стерилизация, варка, вытопка, дефростация, выпаривание, сушка, выпечка, опалка и т. д. Также значительное количество теплоты расходуется на обеспечение горячего водоснабжения, отопления и вентиляции производственных и вспомогательных цехов, административно-бытовых зданий и сооружений. Анализ использования теплоты на пищевых предприятиях показывает, что её расход на технологическое теплопотребление составляет 45–60 %, горячее водоснабжение – 23–30 %, отопление и вентиляцию – 10–25 %, собственные нужды – до 10 %. Поэтому пищевые предприятия относятся к энергоёмким производствам.

Для обеспечения предприятия теплотой в виде пара или горячей воды предназначена система теплоснабжения. В условиях рыночной экономики, повышения цен на топливо, роста тарифов на отпускаемую энергию затраты на теплоснабжение пищевых предприятий составляют значительную долю в себестоимости производимой продукции, что требует совершенствования разработки и эксплуатации систем теплоснабжения.

В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2030 г.», Федеральными законами Российской Федерации от 23.11.2009 г. № 261–ФЗ и от 10.07.2012 г. № 109–ФЗ о энергосбережении и повышении энергетической эффективности каждое учреждение обязано обеспечить значительное снижение потребления им ресурсов (воды, энергоносителей, электрической энергии) [1, 2]. В связи с этим решение проблемы надёжного экономичного теплоснабжения представляет собой важную задачу. Актуальность проблемы определяется также ограниченностью невозобновляемых энергетических ресурсов, необходимостью проведения энергосберегающей политики и снижением техногенной нагрузки на окружающую среду.

Задача активной энергосберегающей политики на пищевых предприятиях заключается в сбережении расходуемых энергоресурсов на всём пути: от источника теплоты, где происходит преобразование первичных энергоресурсов в другие виды энергии; далее в системе транспорта этой энергии, распределения её по потребителям и при использовании.

Для снижения расхода теплоты на выработку единицы продукции необходимо:

совершенствовать технологию и оборудование получения и использования теплоты;

модернизировать или заменять неэффективное тепловое оборудование;

совершенствовать технологические процессы;

повышать коэффициент загрузки теплового оборудования;

использовать побочные энергетические ресурсы.

I. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСНОЙ, МОЛОЧНОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Системы теплоснабжения предприятий состоят из источника теплоты, тепловых сетей и систем теплопотребления с теплоиспользующим оборудованием. Они должны обеспечивать получение и бесперебойную подачу потребителям теплоносителей с заданными параметрами, гарантирующими получение продукции высокого качества, предусматривать возможность максимального использования энергетического потенциала получаемых теплоносителей и побочных энергоресурсов.

В качестве теплоносителей на пищевых предприятиях главным образом применяются влажный насыщенный водяной пар под давлением до 2,4 МПа и со степенью сухости до 0,97, а также горячая вода (температура 70–150 °С).

В зависимости от вида источника теплоты системы теплоснабжения подразделяются:

на централизованные системы теплоснабжения с теплоснабжением от теплоэлектроцентралей, районных, групповых котельных;

на индивидуальные системы теплоснабжения – от собственной котельной, тепловых насосов;

на комбинированные системы теплоснабжения, когда предприятие снабжается горячей водой от ТЭЦ, а паром – от собственной котельной.

По виду теплоносителя системы теплоснабжения делятся на водяные и паровые. Экономически целесообразная подача теплоносителей от ТЭЦ для пара составляет до 3 км, для горячей воды –

до 10 км, что обусловливает зачастую целесообразность теплоснабжения предприятия от собственной котельной.

II. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Тепловой баланс предприятия

Тепловой баланс предприятия характеризует расходы теплоты на технологические и санитарно-гигиенические нужды, а также учитывает расход теплоты на собственные нужды котельной и топливного хозяйства и отпуск теплоты сторонним потребителям. Это необходимо для подбора нужного количества и типов теплогенераторов, определения максимального часового и годового расхода топлива, обоснования мероприятий по обеспечению надежности теплоснабжения предприятия.

Тепловой баланс составляется для наиболее напряженного режима работы системы теплоснабжения в период массовой переработки сырья в расчете на дневную рабочую схему, ГДж/см,

$$Q = Q_{т.н} + Q_{г.в} + Q_{от} + Q_{вен} + Q_{ст} + Q_{с.н} ,$$

где Q – выработка теплоты в котельной, ГДж/см; $Q_{т.н}$, $Q_{г.в}$, $Q_{от}$, $Q_{вен}$, $Q_{ст}$, $Q_{с.н}$ – расход теплоты на технологические нужды, горячее водоснабжение, отопление, вентиляцию, отпуск теплоты сторонним потребителям, на собственные нужды котельной и топливного хозяйства, ГДж/см.

1.1. Расход теплоты и пара на технологические нужды

Расход теплоты и пара на технологические нужды может приниматься по данным теплового и продуктового расчетов технологического производства, при их отсутствии – по укрупненным показателям, приведенным в соответствующей литературе, например для мясокомбинатов и молочных заводов – в учебнике «Теплотехника» под общей редакцией А.М. Архарова и В.Н. Афанасьева [3]. Можно ориентировочно принять удельный расход пара на единицу продукции для хлебобулочного производства на 1 т продукции равным около 0,22 т; для пивоваренного производства на 1 дал пива – около 7,0 кг [4–6].

Расход пара на технологические нужды, т/см,

$$D_{\text{т.н}} = \sum_{i=1}^{n} D_i + D_{\text{н}},$$

где D_i – расход пара на выработку отдельных видов энергоёмкой продукции, т/см,

$$D_i = d_i M_i,$$

здесь d_i – удельный расход пара на выработку отдельных видов продукции, т/т; т/туб (табл. 1.1 и 1.2); M_i – проектная мощность по выработке отдельных видов продукции, т/см; туб/см; $D_{\text{н}}$ – расход пара на производство остальных видов менее энергоёмкой продукции, т/см,

$$D_{\text{н}} = \varphi_{\text{н}} \sum_{i=1}^{n} D_i,$$

здесь $\varphi_{\text{н}}$ – доля ненормируемого расхода пара на технологические нужды от нормируемого (см. табл. 1.1 и 1.2)

Расход теплоты на технологические нужды. При расчёте удельного расхода теплоты на получение отдельных видов продукции надо знать энтальпию пара, отпускаемого источником теплоты (ИТ) и поступающего на производство. Для этого можно рассмотреть принципиальную технологическую схему паровой системы теплоснабжения (рис. 1.1).

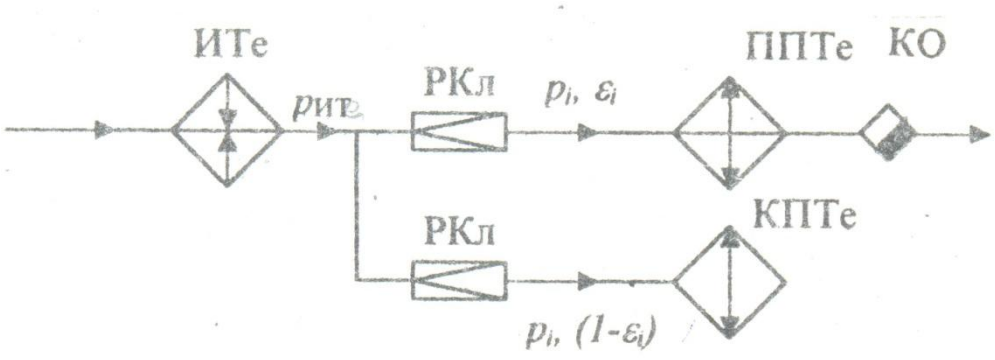

Рис. 1.1

Таблица 1.1

Расход пара на выработку основных видов продукции предприятий мясной промышленности, т/т (для консервов – т/туб) и доля ненормируемого потребления пара

Предприятия с проектной мощностью по выработке мяса, т/см	10	20	30	50	70	100	150
Свинина*	0,35–0,40	0,30–0,35	0,28–0,33	0,26–0,30	0,25–0,29	0,24–0,28	0,22–0,26
Колбасные изделия	2,4–2,7	2,1–2,3	2,0–2,2	1,9–2,0	1,7–1,9	1,7–1,9	1,6–1,8
Сухие животные корма	6,8–7,3	6,5–7,0	6,3–6,8	6,1–6,6	6,0–6,5	5,9–6,3	5,8–6,2
Жир	0,72–0,78	0,65–0,70	0,62–0,67	0,60–0,64	0,58–0,62	0,56–0,60	0,52–0,56
Птица	0,92–1,00	0,87–0,93	0,84–0,90	0,82–0,87	0,80–0,85	0,78–0,82	0,76–0,80
Консервы	5,1–5,7	4,8–5,3	4,5–5,0	4,3–4,8	4,1–4,6	4,0–4,5	3,9–4,3
Доля ненормируемого потребления пара $\varphi_п$, доли единицы	0,12–0,16	0,11–0,14	0,10–0,12	0,06–0,09	0,06–0,08	0,05–0,08	0,05–0,06

_____

*При производстве говядины пар не используется.

Таблица 1.2

Расход пара на выработку основных видов продукции предприятий молочной промышленности, т/т (для консервов – т/туб) и доля ненормируемого потребления пара

Предприятия с проектной мощностью по переработке молока, т/см	50	100	150	200	250	300	400
Цельномолочная и кисломолочная продукция	0,23–0,27	0,21–0,25	0,20–0,24	0,19–0,23	0,18–0,21	0,17–0,20	0,16–0,18
Масло животное	7,2–7,6	7,0–7,4	6,8–7,2	6,6–7,0	6,4–6,8	6,3–6,7	6,2–6,6
Сыры, брынза	7,4–7,8	7,2–7,6	7,0–7,4	6,8–7,2	6,6–7,0	6,5–6,9	6,4–6,8
Сухое молоко	19–21	18–20	17–19	16–18	15–17	14,5–16,5	14–16
Консервы молочные	3,0–3,4	2,8–3,2	2,6–3,0	2,5–2,9	2,4–2,8	2,3–2,7	2,3–2,5
Доля ненормируемого потребления пара $\varphi_п$, доли единицы	0,15–0,18	0,13–0,16	0,12–0,15	0,11–0,14	0,10–0,13	0,10–0,12	0,09–0,11

На схеме (см. рис. 1.1) пар, отпускаемый источником теплоты (котельная, ТЭЦ и т. п.), при давлении $p_{ИТ}$ по паропроводу поступает на производство, где с помощью редукционного клапана (РК) его давление снижают до давления, требуемого потребителю p_i. Так как при дросселировании энтальпия не меняется, энтальпии пара, отпускаемого ИТ и поступающего к потребителям, при p_i равны между собой, т. е. $h_{ИТ} = h_1$ ($h_1 = h_2$) [7, 8].

Часть пара в виде «глухого» пара поступает к поверхностным потребителям теплоты (ППТе) в относительном количестве ε_i (доля «глухого» пара в общем потреблении при получении отдельных видов продукции, например масла, молока, сыра и т. п.); часть пара в количестве $(1 - e_i)$ – к контактным потребителям теплоты (КПТе). Отдавая теплоту потребителю, пар конденсируется.

В реальных паровых системах теплоснабжения на выходе из поверхностных теплообменников потребителей теплоты после конденсатоотводчика (КО) выходит пароконденсатная смесь с небольшим содержанием пара (10–15 %) при давлении p_t и поступает далее в систему сбора и возврата конденсата. Давление пара, поступающего в систему теплоснабжения, зависит от вида источника теплоты.

Источником теплоты системы теплоснабжения предприятия могут служить: собственная котельная, отпускающая пар под давлением от 0,27 до 1,4; 2,4 и 3,9 МПа; собственная котельная, отпускающая пар под давлением до 2,4 МПа и горячую воду с параметрами 95–70, 130–70 или 150–70 °С; районная котельная или ТЭЦ, отпускающие горячую воду с параметрами 130–70 или 150–70 °С (в этом случае на территории предприятия предусматривается своя котельная, отпускающая пар на технологические нужды); районная, групповая котельные или ТЭЦ, отпускающие горячую воду с параметрами 95–70, 130–70 или 150–70 °С и пар под давлением до 1,4; 2,4 и 3,9 МПа. В случае теплоснабжения от ТЭЦ давление пара, отпускаемого ТЭЦ (ИТ), принимают по максимальному давлению пара, требующемуся потребителям теплоты (табл. 1.3), с учетом возможных потерь давления пара в паропроводах (0,1–0,2 МПа).

При теплоснабжении от котельной давление принимают равным номинальному давлению пара $p_{ном}$, отпускаемого котлами котельной. Например, в котельных хлебозаводов обычно применяют паровые котлы на давление пара $p_{ном} = 0{,}17$ МПа; могут применяться котлы на давление пара $p_{ном} = 0{,}9$ МПа и выше в зависимости

от требуемой паропроизводительности. В котельных мясокомбинатов и молочных заводов в зависимости от требуемого давления пара на технологические нужды и требуемой паропроизводительности применяют паровые котлы на давление пара 0,9; 1,4 и 2,4 МПа; в котельных крупных предприятий и групповых котельных могут применяться паровые котлы на давление пара $p_{ном}$ = 3,9 МПа.

Таблица 1.3

Максимальное давление пара на технологические нужды по видам пищевого производства

Вид производства	Максимально потребное давление пара, МПа	Вид производства	Максимально потребное давление пара, МПа
Хлебозаводы	0,15–0,17	Пивоваренные заводы	0,4–0,7
Макаронные фабрики	0,4–0,5	Заводы безалкагольных напитков	0,4–0,7
Кондитерские фабрики	0,5–0,7	Винодельческие заводы	0,4–0,5
Крахмально-сушильные заводы	0,5–0,6	Консервные заводы	0,5–1,1
Крахмально-паточные заводы	0,5–0,6	Сахарные заводы	0,3–0,4
Дрожжевые заводы	0,5–0,6	Табачные фабрики	0,5–1,3

Доля «глухого» пара ε_i на технологические нужды производства отдельных видов продукции определяют в зависимости от мощности теплопотребления и аппаратурно-технологического оформления теплопотребляющих процессов технологии производства (использование контактных и поверхностных теплообменных аппаратов). Для мясокомбинатов и молочных заводов ε_i следует принимать по рекомендациям [3] и технической литературы; для хлебозаводов – равной 0,1; для пивоваренных заводов – 0,75.

Степень сухости пара, отпускаемого котлами и поступающего в систему теплоснабжения, принимать равной 0,93–0,95; степень

сухости пароконденсатной смеси после конденсатоотводчиков потребителей теплоты – 0,1–0,15 ГДж/см,

$$Q_{\text{т.н}} = \sum_{i=1}^{n} Q_i + Q_{\text{н}},$$

где Q_i – расход теплоты на выработку нормируемых видов энергоёмкой продукции, ГДж/см,

$$Q_i = q_i \; M_i,$$

здесь q_i – удельный расход теплоты на выработку отдельных видов продукции, ГДж/т,

$$q_i = [h_2 \, (1 - \varepsilon_i) + (h_2 - h_{3i}) \, \varepsilon_i] \, d_i \cdot 10^{-3};$$

$$h_2 = h_1 = h_1' + r_1 \, x_1 = f \, (P_1);$$

$$h_{nkci} = h_i' + r_i \, x_{nkci} = f \, (P_i),$$

h_2 – энтальпия пара, поступающего в цеха, принимается без потерь теплоты при его транспортировке, т. е. равной энтальпии пара h_1', вырабатываемого котельным агрегатом, кДж/кг; h_1' – энтальпия кипящей воды при давлении P_1, кДж/кг; r_1 – теплота парообразования при давлении P_1, кДж/кг; x_1 – степень сухости пара, принимается в пределах 0,93–0,97; ε_i – доля «глухого» пара в его общем потреблении при выработке отдельных видов продукции (табл. 1.4); h_{nkci} – энтальпия пароконденсатной смеси для отдельных видов продукции, кДж/кг; h_i' – энтальпия кипящей воды при давлении пароконденсатной смеси P_i для отдельных видов продукции, кДж/кг; r_i – теплота парообразования при давлении P_i для отдельных видов продукции, кДж/кг (табл. 1.5); x_{nkci} – степень сухости пароконден-сатной смеси для отдельных видов продукции (см. табл. 1.4); $Q_{\text{н}}$ – расход теплоты на производство ненормируемых видов продукции, ГДж/см.

Таблица 1.4

Параметры пара и пароконденсатной смеси

Вид продукции	Давление пара P_i, МПа	Доля «глухого» пара ε_i, доли единицы	Степень сухости пароконденсатной смеси x_{nkci}
Предприятия мясной промышленности			
Свинина	0,23–0,30	0,30–0,45	0,15–0,20
Колбасные изделия	0,28–0,40	0,25–0,45	0,12–0,18
Сухие животные корма	0,45–0,70	0,55–0,85	0,12–0,15
Жир	0,17–0,30	0,60–0,85	0,15–0,18
Птица	0,17–0,30	0,20–0,50	0,15–0,18
Консервы	0,35–0,65	0,65–0,90	0,12–0,16
Другие виды продукции	0,30–0,45	0,40–0,60	0,13–0,18
Предприятия молочной промышленности			
Цельномолочная и кисломолочная продукция	0,20–0,40	0,35–0,50	0,10–0,14
Масло животное	0,20–0,45	0,35–0,50	0,10–0,14
Сыры, брынза	0,22–0,40	0,30–0,60	0,10–0,15
Сухое молоко	0,50–0,90	0,60–0,85	0,10–0,15
Консервы молочные	0,40–0,90	0,55–0,80	0,10–0,15
Другие виды продукции	0,40–0,60	0,40–0,60	0,10–0,13
Клеежелатиновые заводы			
Желатин	0,30–0,70	0,60–0,80	0,10–0,13
Клей жидкий	0,40–0,70	0,65–0,85	0,12–0,16
Клей сухой	0,45–0,80	0,70–0,90	0,12–0,18
Жир технический	0,40–0,75	0,50–0,75	0,12–0,18
Мука кормовая	0,50–0,80	0,60–0,85	0,12–0,15
Другие виды продукции	0,45–0,65	0,60–0,80	0,12–0,16

Расход теплоты на производство ненормируемых видов продукции, ГДж/см,

$$Q_{\text{н}} = \varphi_{\text{н}} \sum_{i=1}^{n} Q_i .$$

Таблица 1.5

Теплотехнические свойства насыщенного водяного пара

Давление P, кПа	Температура, $t_н$, °С	Удельный объём, м^3/кг		Энтальпия, кДж/кг		Теплота парообразования r_t, кДж/кг
		Кипящей воды V'	Сухого насыщенного пара V''	Кипящей воды h'	Сухого насыщенного пара h''	
100	99,6	0,00104	1,69	417,5	2676	2258,5
120	104,8	0,00105	1,43	439,4	2684	2244,6
140	109,3	0,00105	1,24	458,4	2691	2232,6
160	113,3	0,00106	1,09	475,4	2697	2221,6
180	116,9	0,00106	1,08	490,7	2702	2211,3
200	120,2	0,00106	0,89	504,7	2707	2202,3
300	133,5	0,00107	0,61	561,4	2725	2163,6
400	143,6	0,00108	0,46	604,7	2739	2134,3
500	151,8	0,00109	0,37	640,1	2749	2108,9
600	158,8	0,00111	0,32	670,4	2756	2085,6
700	165,0	0,00111	0,27	697,1	2763	2065,9
800	170,4	0,00112	0,24	720,9	2768	2047,1
900	175.4	0,00112	0,21	742,9	2773	2030,1
1000	179,9	0,00113	0,19	762,6	2777	2014,1
1100	184,1	0,00113	0,18	781,1	2780	1998,9
1200	188,0	0,00114	0,16	798,4	2783	1984,6
1300	191,6	0,00114	0,15	814,7	2786	1971,3
1400	195,0	0,00115	0,14	830,1	2788	1957,9

1.2. Расход теплоты и пара на горячее водоснабжение

Расход теплоты и пара на горячее водоснабжение определяется по данным теплового и продуктового расчетов технологического производства, расчетов расходов горячей воды на мытье оборудования и полов, душевые и т. п. При отсутствии этих данных можно пользоваться укрупненными показателями, приведенными в соответствующей литературе [5, 6]. Для мясокомбинатов и молочных заводов укрупненный удельный расход горячей воды можно принимать по рекомендациям, приведенным в источнике [3].

Расход горячей воды, м^3/см,

$$V_{\text{г.в}} = \sum_{i=1}^{n} V_i + V_{\text{н}},$$

где V_i – расход горячей воды на выработку отдельных видов продукции, м^3/см,

$$V_i = W_i \; M_i,$$

здесь W_i – расход горячей воды на выработку отдельных видов продукции, м^3/т (табл. 1.6, 1.7); $V_{\text{н}}$ – расход горячей воды на производство остальных видов продукции и коммунальные нужды, м^3/см,

$$V_{\text{н}} = \varphi_{\text{г.в}} \sum_{i=1}^{n} V_i,$$

здесь $\varphi_{\text{г.в}}$ – доля ненормируемого расхода горячей воды в нормируемом расходе (см. табл. 1.6, 1.7)

Для хлебозаводов и пивоваренных заводов ориентировочный сменный расход горячей воды может определяться по следующим зависимостям, м^3/см:

для хлебозаводов

$$V_{\text{г.в}} = 3{,}7 \; M_i + 0{,}002 \; F_{\text{пол}} + 0{,}08 \; n_{\text{см}};$$

для пивоваренных заводов

$$V_{\text{г.в}} = 0{,}0059 \; M_i + 0{,}002 \; F_{\text{пол}} + 0{,}08 \; n_{\text{см}}.$$

Таблица 1.6

Расход горячей воды на выработку основных видов продукции предприятий мясной промышленности, $м^3$/т (для консервов – $м^3$/туб) и доля ненормируемого потребления горячей воды

Предприятия с проектной мощностью по выработке мяса, т/см	10	20	30	50	70	100	150
Мясо	5,0–5,8	4,6–5,4	4,2–5,0	3,8–4,6	3,6–4,3	3,5–4,0	3,3–3,8
Колбасные изделия	5,1–6,0	4,8–5,4	4,6–5,3	4,1–4,8	3,8–4,6	3,7–4,2	3,5–4,0
Сухие животные корма	16,8–18,0	15,4–16,4	15,0–16,2	14,6–15,8	14,4–15,6	14,2–15,4	14,0–15,0
Жир	6,0–7,2	5,5–6,5	5,5–6,3	5,0–5,8	4,8–5,5	4,7–5,2	4,5–5,0
Птица	7,2–7,8	6,7–7,4	6,3–7,2	6,0–6,7	5,8–6,5	5,7–6,1	5,5–5,9
Консервы	10,5–11,5	10–11	9,6–10,5	9,2–10,2	8,4–10,0	7,2–9,6	7,0–8,4
Доля ненормируемого потребления горячей воды $\varphi_{г.в}$, доли единицы	0,22–0,28	0,21–0,26	0,20–0,24	0,16–0,20	0,15–0,17	0,14–0,16	0,13–0,15

Таблица 1.7

Расход горячей воды на выработку основных видов продукции предприятий молочной промышленности, $м^3/т$ (для консервов – $м^3$/туб) и доля ненормируемого потребления горячей воды

Предприятия с проектной мощностью по переработке молока, т/см	50	100	150	200	250	300	400
Цельномолочная и кисломолочная продукция	0,45–0,50	0,40–0,45	0,38–0,42	0,36–0,40	0,35–0,38	0,34–0,37	0,33–0,35
Масло животное	5,5–6,0	5,0–5,5	4,8–5,2	4,6–5,0	4,5–4,8	4,4–4,7	4,3–4,5
Сыры, брынза	4,5–5,0	4,0–4,5	3,8–4,2	3,6–4,0	3,5–3,8	3,4–3,7	3,3–3,5
Сухое молоко	2,4–2,6	2,0–2,4	1,8–2,2	1,7–2,0	1,6–1,9	1,5–1,8	1,5–1,7
Консервы молочные	6,5–7,0	6,0–6,5	5,8–6,2	5,6–6,0	5,5–5,8	5,4–5,7	5,3–5,5
Доля ненормируемого потребления горячей воды $\varphi_{г.в}$, доли единицы	0,23–0,28	0,20–0,25	0,18–0,21	0,16–0,19	0,14–0,17	0,13–0,16	0,12–0,15

где M_i – производительность предприятия по отпускаемой продукции, т/см; дал/см; $F_{пол}$ – площадь пола, м^2 ($F_{пол} \approx V_п/h$), здесь h – высота помещения, м ($h \approx 5$ м); $n_{см}$ – максимальное количество работающих в смену, чел./см,

Расход пара на нагрев воды в пароводяных подогревателях системы горячего водоснабжения, т/см,

$$D_{г.в} = \frac{V_{г.в}\, c\, p\,(t_{г.в} - t_{х.в})}{(h_1 - h_к^{г.в})\,\eta_в} 10^{-3},$$

где c – теплоёмкость воды, кДж/(кг · К); р – плотность воды, кг/м^3; $t_{х.в}$, $t_{г.в}$ – температура холодной и горячей воды, °С ($t_{х.в}$ = 5÷15 °С); h_1 – энтальпия пара, вырабатываемого в котельной и подаваемого в пароводяные подогреватели (определяется по давлению P_1 и степени сухости пара), кДж/кг; $h_к^{г.в}$ – энтальпия конденсата, возвращаемого из пароводяных подогревателей, кДж/кг: $h_к^{г.в} = ct_к^{г.в}$, здесь $t_к^{г.в}$ – температура конденсата (принимается на 25–30 °С выше температуры горячей воды); $\eta_в$ – коэффициент полезного использования теплоты в водоподогревателях (принимается равным 0,92–0,96).

Расход теплоты на нагрев воды для нужд горячего водоснабжения, ГДж/см,

$$Q_{г.в} = D_{г.в}(h_1 - h_к^{г.в})10^{-3}.$$

1.3. Расход теплоты и пара на отопление

Расход теплоты на отопление каждого из зданий и сооружений предприятия для средней за отопительный период температуры наружного воздуха, ГДж/см,

$$Q_{от} = \sum_{i=1}^{n} [\, q_{от}\, V_{зд}\, (t_{в.н} - t_н)]\, \tau_{см} \cdot 10^{-9},$$

где $q_{от}$ – отопительные характеристики отдельного здания, Вт/(м^3 · К) (табл. 1.8, 1.9); $V_{зд}$ – объём отапливаемого здания по наружному периметру, м^3 (табл. 1.10, 1.11); $t_{в.н}$ – температура воздуха в отапливаемых помещениях (принять равной 18 °С); $t_н$ – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С (табл. 1.12); $\tau_{см}$ – продолжительность смены, с ($\tau_{см}$ = 8 · 3600 с).

Таблица 1.8

Отопительные характеристики зданий предприятий мясной промышленности, Вт/($м^3$ · К)

Предприятия с проектной мощностью по выработке мяса, т/см	10	20	30	50	70	100	150
Корпус первичной переработки скота	0,26–0,30	0,24–0,28	0,23–0,27	0,20–0,24	0,19–0,22	0,18–0,20	0,17–0,19
Колбасный цех	0,34–0,39	0,30–0,35	0,25–0,30	0,22–0,26	0,20–0,24	0,18–0,20	0,17–0,19
Птицецех	–	0,27–0,30	0,26–0,29	0,25–0,28	0,23–0,26	0,22–0,25	0,20–0,23
Консервный цех	–	–	0,20–0,24	0,19–0,22	0,18–0,21	0,18–0,20	0,16–0,18
Санбойня	–	0,38–0,42	0,35–0,40	0,32–0,38	0,30–0,35	0,30–0,33	0,28–0,32
Помещение для кратковременного содержания скота	1,8–2,0	1,7–1,9	1,7–1,9	1,6–1,8	1,4–1,6	1,3–1,5	1,2–1,4
Вспомогательные цеха	0,32–0,37	0,44–0,48	0,40–0,45	0,26–0,30	0,23–0,27	0,21–0,25	0,20–0,23
Бытовые помещения	0,5–0,55	0,30–0,35	0,28–0,33	0,26–0,30	0,23–0,26	0,21–0,24	0,20–0,22
Административные помещения	0,60–0,65	0,65–0,70	0,65–0,70	0,70–0,75	0,60–0,65	0,50–0,55	0,40–0,45

Таблица 1.9

Отопительные и вентиляционные характеристики зданий предприятий молочной промышленности, Вт/(м^3 · К)

Предприятия с проектной мощностью по переработке молока, т/см	50	100	150	200	250	300	400
Отопительные характеристики							
Производственные корпуса	0,45–0,50	0,42–0,46	0,40–0,46	0,38–0,43	0,36–0,40	0,32–0,36	0,30–0,34
Вспомогательные цеха	0,40–0,45	0,38–0,42	0,36–0,40	0,35–0,38	0,32–0,36	0,30–0,34	0,28–0,31
Административно-бытовые здания	0,05–0,60	0,50–0,55	0,48–0,52	0,45–0,50	0,42–0,46	0,40–0,44	0,37–0,40
Вентиляционные характеристики							
Производственные корпуса	0,75–0,80	0,73–0,78	0,70–0,76	0,68–0,75	0,66–0,72	0,64–0,70	0,62–0,67

Таблица 1.10

Объём (по наружному периметру) зданий предприятий молочной промышленности, тыс. м^3

Предприятия с проектной мощностью по переработке молока, т/см	50	100	150	200	250	300	400
Производственные корпуса	14–17	18–23	22–27	28–33	30–36	34–40	40–48
Вспомогательные цеха	4–5	4,5–5,5	5–6	6–7	7–8,5	9–10	10–12
Административно-бытовые здания	2,5–3,0	3,0–3,5	3,2–3,7	3,5–4,0	4,0–4,5	4,4–4,9	5–6

Таблица 1.11

Объём (по наружному периметру) зданий предприятий мясной промышленности, тыс. м^3

Предприятия с проектной мощностью по выработке мяса, т/см	10	20	30	50	70	100	150
Корпус первичной переработки скота	9–10	20–21	20–22	24–26	28–30	32–35	38–42
Колбасный цех	2,5–3,5	8–10	12–14	13–15	15–17	18–22	24–27
Птицецех	–	2,3–2,6	2,5–2,8	2,7–3,0	3,2–3,6	4,0–4,5	5,0–5,7
Консервный цех	–	–	8–10	10–12	12–15	14–17	15–18
Санбойня	–	1,8–2,0	2,7–3,0	3,0–3,5	3,6–4,0	4,0–4,5	5,0–6,0
Помещение для кратковремен-ного содержания скота	0,6–0,8	0,8–1,0	1,0–1,1	1,2–1,3	1,4–1,6	1,6–1,9	2,0–2,5
Вспомогательные цеха	4,0–4,5	6,0–6,5	7–8	11–13	13–15	16–20	22–25
Бытовые помещения	2,0–2,2	3,0–3,5	4,5–5,0	6–7	8–10	11–13	15–17
Административные помещения	0,4–0,6	1,0–1,2	1,3–1,6	1,6–2,0	1,8–2,0	2,2–2,5	3,0–3,5

Таблица 1.12

Климатологические данные некоторых городов на 1989 г.

Город	Продолжительность отопительного периода, сут	Средняя температура воздуха за отопительный период, °С	Расчётная температура воздуха при проектировании систем, °С		Город	Продолжительность отопительного периода, сут	Средняя температура воздуха за отопительный период, °С	Расчётная температура воздуха при проектировании систем, °С	
			отопления	вентиляции				отопления	вентиляции
Алма-Ата	166	–2,1	–25	–10	Омск	220	–7,7	–37	–23
Астрахань	172	–1,6	–22	–8	Пермь	226	–6,4	–34	–20
Барнаул	219	–8,3	–39	–23	Архангельск	251	–4,7	–32	–19
Владивосток	201	–4,8	–25	–16	Баку	119	+5,1	–4	+1
Волгоград	182	–3,4	–22	–13	Брянск	206	–2,6	–24	–13
Иркутск	241	–8,9	–38	–25	Воронеж	199	–3,4	–25	–14
Караганда	212	–7,5	–32	–20	Иваново	217	–4,4	–28	–16
Киров	231	–5,8	–31	–19	Казань	218	–5,7	–30	–18
Курск	198	–3,0	–24	–14	Киев	187	–1,1	–21	–10
Ленинград	219	–2,2	–25	–11	Красноярск	235	–7,2	–40	–22
Махачкала	151	+2,6	–14	–2	Кустанай	213	–8,7	–35	–22
Москва	205	–3,2	–25	–14	Львов	183	+0,3	–19	–7
Новосибирск	227	–9,1	–39	–24	Минск	203	–1,2	–25	–10

Окончание табл. 1.12

Город	Продолжительность отопительного периода, сут	Средняя температура воздуха за отопительный период, °С	Расчётная температура воздуха при проектировании систем, °С		Город	Продолжительность отопительного периода, сут	Средняя температура воздуха за отопительный период, °С	Расчётная температура воздуха при проектировании систем, °С	
			отопления	вентиляции				отопления	вентиляции
Мурманск	281	–3,3	–28	–18	Харьков	189	–2,1	–23	–11
Одесса	165	+1,0	–17	–6	Чита	240	–11,6	–38	–30
Оренбург	201	–8,1	–29	–20	Рязань	212	–4,2	–27	–16
Петрозаводск	237	–2,9	–29	–14	Саратов	198	–5,0	–25	–16
Ростов-на-Дону	175	–1,1	–22	–8	Семипалатинск	202	–8	–38	–21
Самарканд	132	+2,8	–13	+3	Ташкент	130	+2,4	–15	–6
Свердловск	228	–6,4	–31	–20	Тюмень	220	–5,7	–35	–21
Смоленск	210	–2,7	–26	–13	Ульяновск	213	–5,7	–31	–18
Томск	234	–8,8	–40	–25	Хабаровск	205	–10,1	–32	–23
Тула	207	–3,8	–28	–14	Челябинск	216	–7,1	–29	–20
Уфа	211	–6,4	–29	–19					

Величины удельных отопительных и вентиляционных характеристик зданий для средней за отопительный период температуры наружного воздуха для хлебозаводов можно принимать равными $q_{от}$ = 0,35÷0,4 Вт/(м^3 · °С) и $q_{вен}$ = 0,75÷0,85 Вт/(м^3 · °С); для пивоваренных заводов – соответственно $q_{от}$ = 0,3÷0,42 Вт/(м^3 · °С) и $q_{вен}$ = 0,5÷0,62 Вт/(м^3 · °С).

Расход пара на нужды отопления для средней за отопительный период температуры наружного воздуха, т/см,

$$D_{от} = \frac{Q_{от}}{(h_1 - h_{от}^{к})\,\eta_в}\,10^3,$$

где $h_{от}^{к}$ – энтальпия конденсата, возвращаемого из пароводяных подогревателей системы водяного отопления, кДж/кг,

$$h_{от}^{к} = c\,t_{от}^{к},$$

здесь $t_{от}^{к}$ – температура конденсата, °С (принимается на 35–45 °С выше температуры обратной воды системы отопления).

Максимальный расход теплоты на отопление каждого из зданий и сооружений для самой холодной пятидневки года, ГДж/см,

$$Q'_{от} = \sum_{i=1}^{n} [\,q'_{от}\,V_{зд}\,(t_{в.н} - t'_{н})]\,\tau_{см}\cdot 10^{-9},$$

где $q'_{от}$ – отопительные характеристики здания для самой холодной пятидневки года, Вт/(м^3 · К),

$$q'_{от} = q_{от}[1 + 0,01(t_{н} - t'_{н})],$$

здесь $t'_{н}$ – температура наружного воздуха для самой холодной пятидневки года, °С (см. табл. 1.12).

1.4. Расход теплоты и пара на вентиляцию

Расход теплоты на вентиляцию для средней за отопительный период температуры наружного воздуха, ГДж/см,

$$Q_{\text{вен}} = \sum_{i=1}^{n} [\, q_{\text{вен}} V_{\text{зд}}^{\text{вен}} (t_{\text{вен}} - t'_{\text{н}})] \tau_{\text{см}} \cdot 10^{-9},$$

где $q_{\text{вен}}$ – вентиляционные характеристики здания для средней за отопительный период температуры наружного воздуха, Вт/(м^3 · К) – см. табл. 1.9 и 1.13; $V_{\text{зд}}^{\text{вен}}$ – объём вентилируемых помещений технологических цехов, м^3 (принимается равным 0,35–0,45 от общих объёмов цехов).

Расход пара на нужды вентиляции, т/см,

$$D_{\text{вен}} = \frac{Q_{\text{вен}}}{(h_1 - h_{\text{к}}^{\text{к}})\,\eta_{\text{вен}}} 10^{-3},$$

где $h_{\text{к}}^{\text{к}}$ – энтальпия конденсата, возвращаемого из калориферов системы вентиляции, кДж/кг,

$$h_{\text{к}}^{\text{к}} = c\ t_{\text{к}}^{\text{к}},$$

здесь $t_{\text{к}}^{\text{к}}$ – температура конденсата (принимается равной 85–95 °С).

1.5. Баланс потребления теплоты и пара предприятием

Общее потребление пара на нужды предприятия в сезон переработки сырья, т/см,

$$D_{\text{пот}} = D_{\text{т.н}} + D_{\text{г.в}} + D_{\text{от}} + D_{\text{вен}} + D_{\text{ст}} + D_{\text{с.н}}.$$

Общее потребление теплоты на нужды предприятия в сезон переработки сырья, ГДж/см,

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{т.н}} + Q_{\text{г.в}} + Q_{\text{от}} + Q_{\text{вен}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{с.н}}.$$

Таблица 1.13

Удельные вентиляционные характеристики зданий предприятий мясной промышленности, Вт/($м^3$ · К)

Предприятия с проектной мощностью по выработке мяса, т/см	10	20	30	50	70	100	150
Корпус первичной переработки скота	1,0–1,1	0,8–0,9	0,8–0,85	0,83–0,88	0,80–0,83	0,74–0,77	0,72–0,75
Колбасный цех	0,35–0,40	0,80–0,85	0,80–0,85	0,82–0,88	0,86–0,90	0,80–0,84	0,73–0,75
Птицецех	–	1,1–1,2	1,0–1,1	0,95–1,0	0,90–0,95	0,85–0,90	0,80–0,85
Консервный цех	–	–	0,87–0,92	0,85–0,90	0,82–0,87	0,80–0,85	0,75–0,80
Санбойня	–	1,1–1,2	1,0–1,1	0,95–1,0	0,90–0,95	0,88–0,93	0,85–0,90

Расход теплоты в форме пара, отпускаемого сторонним потребителям, ГДж/см,

$$Q_{ст}^{п} = D_{ст} (h_1 - \varphi_{вз}\ h_к^{ст})\ 10^{-3},$$

где $D_{ст}$ – отпуск пара сторонним потребителям, т/см; $\varphi_{вз}$ – доля возврата конденсата; $h_к^{ст}$ – энтальпия конденсата, возвращаемого сторонним потребителям, кДж/кг,

$$h_к^{ст} = c\ t_к^{ст},$$

здесь $t_к^{ст}$ – температура возвращаемого конденсата (принимается равной 70–90 °С).

Расход теплоты в форме горячей воды, отпускаемой сторонним потребителям, ГДж/см,

$$Q_{г.в}^{ст} = V_{ст}\ c\ p_{г.в}\ (t_{г.в} - t_{х.в})\ 10^{-6}.$$

Расход пара на получение горячей воды для сторонних потребителей, т/см,

$$D_{г.в}^{ст} = \frac{Q_{г.в}^{ст}}{h_1 - h_{г.в}} 10^3.$$

Расход пара на собственные нужды котельной и топливного хозяйства, т/см,

$$D_{с.н} = \beta_{с.н}\ (Q_{т.н} + Q_{г.в} + Q_{от} + Q_{вен} + Q_{ст}\ ),$$

где $\beta_{с.н}$ – доля теплоты, расходуемой на собственные нужды котельной и топливного хозяйства (для котельных, работающих на твердом топливе, равна 0,025–0,035; на мазуте – 0,06–0,08; на природном газе – 0,02–0,025).

Расход теплоты на собственные нужды котельной и топливного хозяйства, ГДж/см,

$$Q_{с.н} = \beta_{с.н}\ (Q_{т.н} + Q_{г.в} + Q_{от} + Q_{вен} + Q_{ст}\ ).$$

Результаты расчета заносят в табл. 1.14.

1.6. Характеристики режимов потребления и возврата конденсата пара и горячей воды предприятием

Расход горячей воды по предприятию, м^3/ч,

$$V_{\text{пр}}^{\text{ч}} = \frac{V_{\text{г.в}}\,\gamma_{\text{г.в}_i}}{\sum_{\tau=8}^{\tau=16}\gamma_{\text{г.в}_i}},$$

где $\gamma_{\text{г.в}_i}$ – коэффициент неравномерности потребления горячей воды предприятием.

Расход горячей воды, отпускаемой сторонним потребителям, м^3/ч,

$$V_{\text{ст}}^{\text{ч}} = \frac{V_{\text{ст}}\,\gamma_{\text{г.в}_i}^{\text{ст}}}{\sum_{\tau=8}^{\tau=16}\gamma_{\text{г.в}_i}^{\text{ст}}},$$

где $\gamma_{\text{г.в}_i}^{\text{ст}}$ – коэффициент неравномерности отпуска горячей воды предприятием.

Результаты расчета заносят в табл. 1.15. По результатам расчетов строят график (рис. 1.2).

Расход пара на технологические нужды предприятия, т/ч,

$$D_{\text{т.н}}^{\text{ч}} = \frac{D_{\text{т.н}}\,\gamma_{\text{т.н}_i}}{\sum_{\tau=8}^{\tau=16}\gamma_{\text{т.н}_i}},$$

где $\gamma_{\text{т.н}_i}$ – коэффициент неравномерности потребления пара на технологические нужды (табл. 1.16).

Расход пара на выработку горячей воды, т/ч,

$$D_{\text{г.в}}^{\text{ч}} = D_{\text{г.в}}\,\frac{V_{\text{пр}}^{\text{ч}} + V_{\text{ст}}^{\text{ч}}}{V_{\text{г.в}} + V_{\text{г.в}}^{\text{ст}}}\ .$$

Расход пара на нужды отопления (принимается равномерным в течение смены), т/ч,

$$D_{\text{от}}^{\text{ч}} = \frac{D_{\text{от}}}{8}.$$

Таблица 1.14

Структура парового и теплового балансов предприятия

Форма 1

Характеристика	Единица измерения	Технологические нужды	Горячее водоснабжение	Отопление	Вентиляция	Общее потребление	Отпуск сторонним предприятиям	Расход на собственные нужды	Выработка
D	т/см, %	+	+	+	+	+	+	+	+
Q	т/см, %	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 1.15

Расход горячей воды, м^3 /ч

Форма 2

Потребитель	Сменный расход, м^3/см	Часовой интервал							
		8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16
Предприятие	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сторонние потребители	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Всего	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 1.16

Значения коэффициента неравномерности сменных графиков тепловых нагрузок

Тепловые нагрузки	Часовой интервал							
	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16
Предприятия мясной промышленности								
Потребление пара на технологические нужды	0,7–0,82	0,8–0,88	0,88–0,92	1,0	0,6–08	0,75–0,8	0,78–0,36	0,72–0,78
Потребление горячей воды	0,52–0,58	0,6–0,66	0,8–0,9	0,85–0,95	0,7–0,76	0,8–0,86	0,9–0,96	1,0
Предприятия молочной промышленности								
Потребление пара на технологические нужды	0,62–0,70	0,82–0,9	1,0	0,85–0,95	0,72–0,82	0,78–0,86	0,8–0,88	0,76–0,86
Потребление горячей воды	0,52–0,62	0,58–0,70	0,85–0,95	0,88–0,96	0,75–0,85	0,72–0,82	1,0	0,86–0,96
Отпуск на сторону								
Пар	0,6–0,7	0,72–0,82	1,0	0,85–0,95	0,8–0,88	0,75–0,83	0,86–0,96	0,8–0,9
Горячая вода	0,45–0,55	0,50–0,60	0,6–0,7	0,7–0,8	0,6–0,7	1,0	0,8–0,9	0,8–0,9

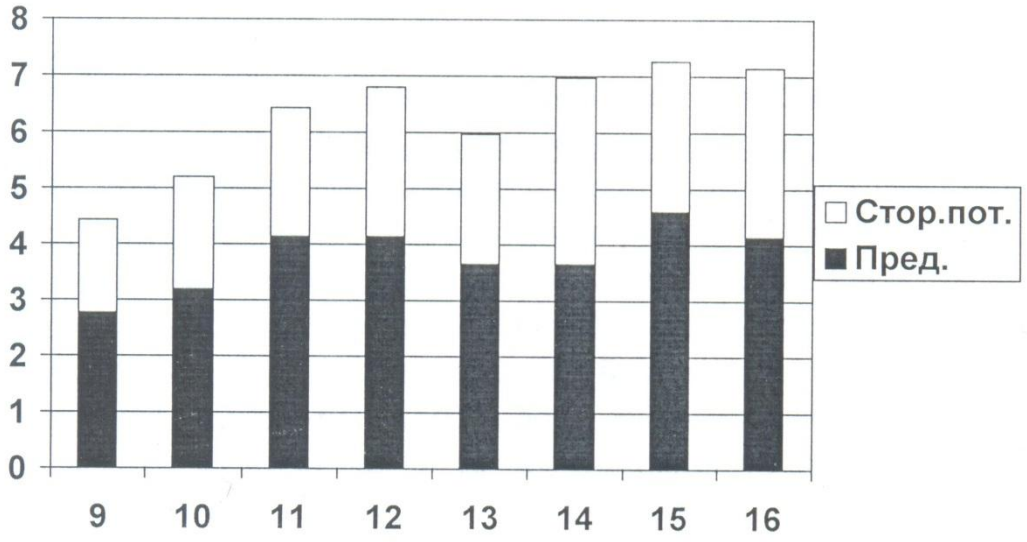

Рис. 1.2

Расход пара на нужды вентиляции (принимается равномерным в течение смены), т/ч,

$$D_{\text{вен}}^{\text{ч}} = \frac{D_{\text{вен}}}{8}.$$

Расход пара на нужды сторонних потребителей, т/ч,

$$D_{\text{ст}}^{\text{ч}} = \frac{D_{\text{ст}}\,\gamma_{\text{ст}_i}}{\sum_{\tau=8}^{\tau=16}\gamma_{\text{ст}_i}},$$

где $\gamma_{\text{ст}_i}$ – коэффициент неравномерности отпуска пара сторонним потребителям (см. табл. 1.16).

Расход пара на собственные нужды котельной и топливного хозяйства, т/ч,

$$D_{\text{сн}}^{\text{ч}} = \beta_{\text{сн}}\,(D_{\text{т.н}}^{\text{ч}} + D_{\text{г.в}}^{\text{ч}} + D_{\text{от}}^{\text{ч}} + D_{\text{вен}}^{\text{ч}} + D_{\text{ст}}^{\text{ч}}).$$

Результаты расчета заносят в табл. 1.17. По результатам расчетов строят график (рис. 1.3).

Таблица 1.17

Расход пара, т/ч

Форма 3

Потребитель	Сменный расход, т/см	Часовой интервал							
		8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16
Технологические аппараты	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Система горячего водоснабжения	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Система отопления	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Система вентиляции	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сторонние предприятия	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Собственные нужды котельной и топливного хозяйства	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Всего	+	+	+	+	+	+	+	+	+

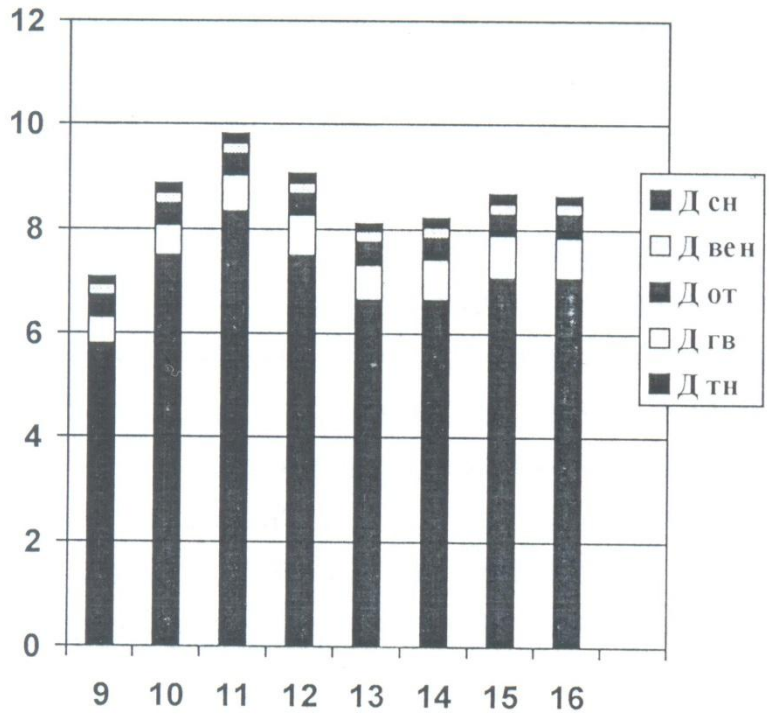

Рис. 1.3

Выход конденсата от технологических паропотребляющих аппаратов, т/ч,

$$D^{\text{ч}}_{\text{к(т.н)}} = \sum_{i=1}^{n} (D_i\, \varepsilon_i) \frac{\gamma_{\text{т.н}_i}}{\sum_{\tau=8}^{\tau=16} \gamma_{\text{т.н}_i}}.$$

Выход конденсата от теплообменников системы горячего водоснабжения, отопления и вентиляции принимают равным расходу пара на эти нужды, т/ч,

$$D^{\text{ч}}_{\text{к(г.в)}} = D^{\text{ч}}_{\text{г.в}};\ \ D^{\text{ч}}_{\text{к(от)}} = D^{\text{ч}}_{\text{от}};\ D^{\text{ч}}_{\text{к(вен)}} = D^{\text{ч}}_{\text{вен}}.$$

Возврат конденсата от сторонних потребителей рассчитывают по формуле, т/ч,

$$D^{\text{ч}}_{\text{к(ст)}} = D^{\text{ч}}_{\text{ст}}\ \varphi_{\text{ст.}}$$

Результаты расчета заносят в табл. 1.18. По результатам расчета строят график (рис. 1.4).

Таблица 1.18

Возврат конденсата, т/ч

Форма 4

Источник	Сменный расход, т/см	Часовой интервал							
		8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16
Технологические аппараты	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Система горячего водоснабжения	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Система отопления	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Система вентиляции	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сторонние предприятия	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Всего	+	+	+	+	+	+	+	+	+

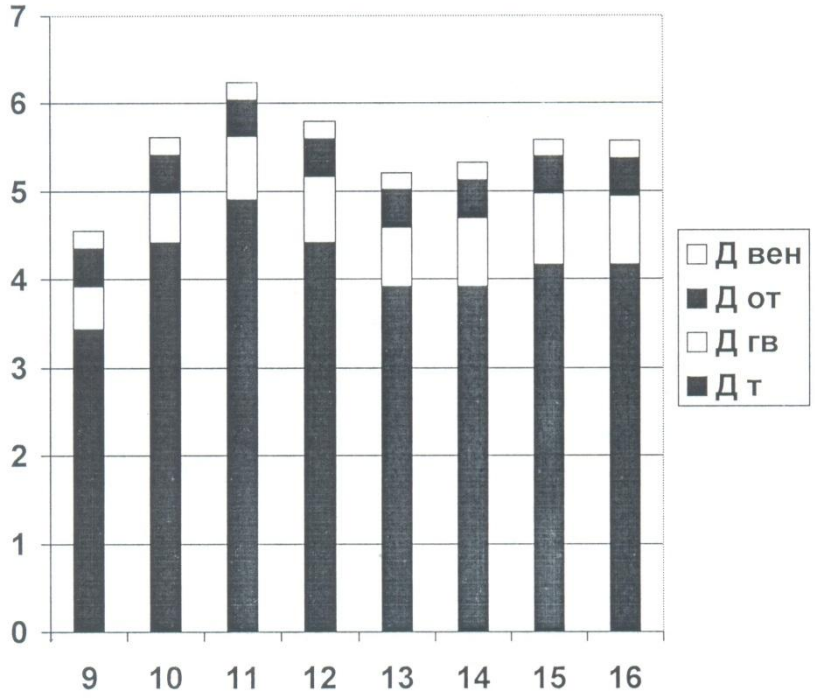

Рис. 1.4

2. Подбор теплогенерирующего и вспомогательного оборудования источника теплоты системы теплоснабжения

Обычно теплогенерирующее оборудование подбирают по максимально требуемым производительности и параметрам теплоносителей. Тогда необходимые потребителю параметры теплоносителя получают путем снижения температуры или давления пара с помощью редукционного клапана, редукционно-охладительной установки или противодавленческой, расширительной машины, обеспечивающей, помимо снижения давления пара до требуемого, получение дополнительной механической или электрической энергии. В общем случае источник теплоты отпускает сетевой пар, требуемый потребителю, под давлением $P_1 > P_i$.

Вспомогательное оборудование котельной обеспечивает безопасность и надежность работы котельных агрегатов, стабильность заданных параметров и режимов эксплуатации системы теплоснабжения предприятия. К вспомогательному оборудованию относятся: установки для химической обработки питательной воды, удаления из нее растворенных газов; баки питательной воды; насосы различного

назначения; экономайзеры; дутьевые вентиляторы; дымососы, а также устройства теплового контроля и автоматики.

2.1. Подбор теплогенераторов

Используя данные табл. 1.17, по максимальному часовому потреблению пара произвести подбор необходимого количества и типов котлов [3, 9, 10] .

Следует учитывать, что суммарная производительность котлов должна иметь резерв, обеспечивая максимальное часовое потребление пара.

Для обеспечения предприятия паром в случае проведения его реконструкции котельная должна иметь резерв по пару до 15–20 % от номинальной производительности с учётом возможной остановки любого из котлов для ремонта.

Если максимальное потребление пара превышает 2 т/ч, следует устанавливать котлы серии ДКВР, ДЕ или КЕ, основные технические характеристики которых приведены в табл. 2.1–2.3. Общее количество котлов обычно не превышает пяти.

2.2. Подбор экономайзеров

Экономайзеры предназначены для подогрева питательной воды за счет охлаждения дымовых газов, выходящих из котлоагрегатов. Для котлов типа ДКВР, ДЕ и КЕ целесообразно применять некипящие чугунные, ребристые экономайзеры системы ВТИ.

Поверхность нагрева экономайзера, м^2,

$$F_{\text{эк}} = \frac{D_{\text{ном}}(1+0{,}01\beta)(h''_{\text{эк}} - h_{\text{п.в}})10^3}{3600 K_{\text{эк}} \Delta t_{\text{ср}}},$$

где $h''_{\text{эк}}$ – энтальпия питательной воды на выходе из экономайзера (принимается при температуре $t''_{\text{э}}$, которая на 25–30 °С ниже температуры кипения воды при давлении в барабане котла P_1), кДж/кг; $h_{\text{п.в}}$ – энтальпия питательной воды на входе в экономайзер, равная энтальпии деаэрированной воды (соответствует температуре D), кДж/кг; $K_{\text{эк}}$ – коэффициент теплопередачи, кВт/(м$^2 \cdot$ К) (можно принять равным 18–22 Вт/(м$^2 \cdot$ К);

Таблица 2.1

Технические характеристики котлоагрегатов типа КЕ

Показатель	Типоразмер			
	КЕ–4–14С	КЕ–6,5–14С	КЕ–10–14С	КЕ–25–14С
Номинальная паропроизводительность, т/ч	4	6,5	10	25
Номинальное давление пара, МПа	1,4	1,4	1,4	1,4
Состояние пара	Влажный насыщенный			
Площадь поверхности нагрева, $м^2$	114,5	176,5	244,2	532,0
В том числе радиационная, $м^2$	20,5	27,8	30,3	125,0
КПД котлоагрегата, %	81,25	82,35	83,40	86,30
Расчётный часовой расход топлива, кг	1120	1500	2270	5500
Видимое теплонапряжение зеркала горения, $кВт/м^2$	986	1190	1248	1458

Таблица 2.2

Технические характеристики котлоагрегатов типа ДЕ

Показатель	Типоразмер				
	ДЕ–4–14ГМ	ДЕ–6,5–14ГМ	ДЕ–10–14ГМ	ДЕ–16–14ГМ	ДЕ–25–14ГМ
Номинальная паропроизводительность, т/ч	4	6,5	10	16	25
Номинальное давление пара, МПа	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Состояние пара	Влажный насыщенный				
Площадь поверхности нагрева, $м^2$	69,6	96,0	156,0	214,1	272,8
В том числе радиационная, $м^2$	22,2	28,0	40,0	48,1	60,5
КПД котлоагрегата, %	90,3/86,7	91,0/89,3	92,2/90,8	91,8/90,1	92,8/91,4
Расчётный часовой расход топлива, $м^3$ или кг	404/286	489/461	743/696	1194/1127	1845/1736
Видимое теплонапряжение топочного объёма, $кВт/м^2$	380/386	438/444	437/443	534/542	640/646

Примечание. Показатель в числителе дроби – для газа, в знаменателе – для мазута.

Таблица 2.3

Технические характеристики котлоагрегатов типа Е-1/9

Показатель	Типоразмер				
	Е-1/9-1Т	Е-1/9-1Г	Е-1/9-1М	Е-1/9Г	Е-1/9Ж
Паропроизводительность, т/ч	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Давление пара, МПа	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Вид топлива	Антрацит АС, АМ, каменный уголь	Газ	Мазут М-100	Газ	Дизельное топливо
Температура, °С:					
питательной воды	50	50	50	50	50
уходящих газов	250	250	300	250	300
Поверхность нагрева, $м^2$	30	30	30	17,1	17,1
КПД, %	71,2	81	82	86	84
Расход топлива:					
антрацита АС и АМ, кг/ч	134	–	–	–	–
газа, $м^3$/ч	–	88	–	88	–
мазута, кг/ч	–	–	81	–	–
дизельного, кг/ч	–	–	–	–	75

Температуру дымовых газов до и после экономайзера можно принимать по табл. 2.4.

По результатам расчёта производят подбор экономайзеров. Технические характеристики экономайзеров приведены в табл. 2.5.

2.3. Подбор дутьевых вентиляторов

Дутьевые вентиляторы предназначены для подачи в топку холодного воздуха, забираемого из верхней зоны помещения котельной. Их подбирают по требуемой производительности и напору (табл. 2.6).

Производительность вентилятора, м^3/ч,

$$V_{\text{в}} = \frac{\zeta_1 \, \alpha_{\text{т}} \, V^0 \, B_{\text{р}} \, (t_{\text{х.в}} + 273)}{273},$$

где ζ_1 – коэффициент запаса по производительности (принимается равным 1,05); $\alpha_{\text{т}}$ – коэффициент избытка воздуха в топке (для камерных топок при сжигании газа и мазута составляет 1,1–1,2; для слоевых топок при сжигании твердого топлива – 1,3–1,5); V^0 – теоретическое количество воздуха для сжигания выбранного вида топлива, рассчитывается в соответствии с составом топлива, м^3/кг; $B_{\text{р}}$ – расчётный расход топлива, м^3/ч, кг/ч; $t_{\text{х.в}}$ – температуры холодного воздуха (30–35 °С).

Для сжигания твёрдого и жидкого топлива (табл. 2.7) теоретическое количество воздуха, м^3/кг,

$$V^0 = 0{,}0889 \, (\text{C}^{\text{р}} + 0{,}375 \, S_{\text{л}}^{\text{р}}) + 0{,}265 \, \text{H}^{\text{р}} - 0{,}0333 \, \text{O}^{\text{р}},$$

где $\text{C}^{\text{р}}$, $S_{\text{л}}^{\text{р}}$, $\text{H}^{\text{р}}$, $\text{O}^{\text{р}}$ – массовое содержание горючих компонентов и кислорода в рабочей массе топлива, %.

Для газообразного топлива (табл. 2.8)

$$V^0 = 0{,}0476 \, [0{,}5 \, \text{CO} + 0{,}5 \, \text{H}_2 + 1{,}5 \, \text{H}_2\text{S} + \sum (m + n/4) \, \text{C}_m \, \text{H}_n - \text{O}_2],$$

где CO, H_2, H_2S, C_m, H_n, O_2 – содержание горючих компонентов и кислорода в газообразном топливе, %.

Таблица 2.4

Некоторые характеристики котлов типа ДЕ и КЕ

Тип котла	Топливо	Температура газов за котлом, °С	Температура газов за экономайзером °С	Сопротивление воздушного тракта, кПа	Сопротивление газового тракта, кПа
ДЕ–4–14ГМ	Газ	336	164	0,94	0,546
ДЕ–4–14ГМ	Мазут	378	197	0,94	0,546
ДЕ–6,5–14ГМ	Газ	326	162	1,14	1,10
ДЕ–6,5–14ГМ	Мазут	364	195	1,14	1,10
ДЕ–10–14ГМ	Газ	273	146	1,24	1,96
ДЕ–10–14ГМ	Мазут	310	174	1,24	1,96
ДЕ–16–14ГМ	Газ	310	147	1,73	1,68
ДЕ–16–14ГМ	Мазут	363	173	1,73	1,68
ДЕ–25–14ГМ	Газ	319	142	1,86	2,70
ДЕ–25–14ГМ	Мазут	371	172	1,86	2,70
КЕ–4–14С	Уголь каменный	308	155	0,75	1,123
КЕ–4–14С	Уголь бурый	305	160	0,75	1,460
КЕ–6,5–14С	Уголь каменный	310	157	0,75	1,120
КЕ–6,5–14С	Уголь бурый	306	161	0,75	1,460
КЕ–10–14С	Уголь каменный	305	145	0,75	1,284
КЕ–10–14С	Уголь бурый	310	152	0,75	1,542
КЕ–25–14С	Уголь каменный	310	150	0,75	1,227
КЕ–25–14С	Уголь бурый	312	155	0,75	1,594

Таблица 2.5

Блочные чугунные экономайзеры

Характеристика	Марка экономайзера					
	ЭП2-94	ЭП2-142	ЭП2-236	ЭП1-330	ЭП1-646	ЭП1-808
Площадь поверхности нагрева, $м^2$	94,4	141,6	236	330,4	646	808
Число колонок, шт.	2	2	2	1	1	1
Длина труб, м	2	2	2	2	3	3
Предельное рабочее давление, МПа	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Аэродинамическое сопротивление, Па	Не более 343	Не более 343	Не более 343	Не более 343	Не более 343	Не более 343
Изготовитель	Кусинский машиностроительный завод					

Таблица 2.6

Вентиляторы дутьевые типа ВДН

Марка вентилятора	Производительность, $м^3/ч$	Напор, кПа	Мощность электро-двигателя, кВт	Изготовитель
ВДН-8	$10{,}2 \cdot 10^3$	2,19	11,0–15,0	Бийский котельный завод
ВДН-9	$14{,}65 \cdot 10^3$	2,78	11,0–15,0	
ВДН-10	$19{,}6 \cdot 10^3$	3,45	11,0–30,0	
ВДН-11,2	$27{,}65 \cdot 10^3$	4,82	22,0–45,0	
ВДН-12,5	$39{,}1 \cdot 10^3$	5,32	40,0	

Таблица 2.7

Расчётные характеристики некоторых видов твёрдого и жидкого топлива

Топливо (бассейн, месторождение/ характеристика)	Марка	Класс	Состав рабочей массы, %							Низшая теплота сгорания $Q_н^р$, МДж/кг
			$W^р$	$A^р$	$S^р_{op+k}$	$C^р$	$H^р$	$N^р$	$O^р$	
Уголь										
Донецкий	Д	Р	13,0	21,8	3,0	49,3	3,6	1,0	8,3	19,59
	Г	Р	8,0	23,0	3,2	55,2	3,8	1,0	5,8	22,02
	Т	Р	5,0	23,8	2,8	62,7	3,1	0,9	1,7	24,20
Кузнецкий	Д	Р, СШ	12,0	13,2	0,3	58,7	4,2	1,9	9,7	22,82
Экибастузский	СС	Р	7,0	38,1	0,8	43,4	2,9	0,8	7,0	16,75
Подмосковный	Б2	Р	32,0	25,2	2,7	28,7	2,2	0,6	8,6	10,42
Печорский	Ж	Р	5,5	23,8	0,8	59,6	3,8	1,3	5,4	23,65
Кизеловский	Г	Р, К, М	6,0	31,0	6,1	48,5	3,6	0,8	4,0	19,68
Челябинский	Б3	Р	18,0	29,5	1,0	37,3	2,8	0,9	10,5	13,94
Сучанский	Т	Р	5,0	22,8	0,5	64,6	2,9	0,8	3,4	24,24
Артёмовский	Б3	Р, СШ	24,0	24,3	0,3	35,7	2,9	0,7	12,1	13,31
Мазут										
Малосернистый	–	–	3,0	0,05	0,3	84,65	11,7	–	0,3	40,28
Сернистый	–	–	3,0	0,1	1,4	83,80	11,2	–	0,5	39,73
Высокосернистый	–	–	3,0	0,1	2,8	83,00	10,4	–	0,7	38,77

Таблица 2.8

Расчётные характеристики природных газов

Газопровод	Состав газа по объёму, %							Низшая температура сгорания сухого газа $Q_н^c$, МДж/м^3
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12} и более тяжёлые	N_2	CO_2	
Саратов–Москва	84,5	3,8	1,9	0,9	0,3	7,8	0,8	35,80
Саратов–Нижний Новгород	91,9	2,1	1,3	0,4	0,1	3,0	1,2	36,13
Ставрополь–Москва 1-я нитка	93,8	2,0	0,8	0,3	0,1	2,6	0,4	36,09
Ставрополь–Москва 2-я нитка	92,8	2,8	0,9	0,4	0,1	2,5	0,5	36,55
Ставрополь–Москва 3-я нитка	91,2	3,9	1,2	0,5	0,1	2,6	0,5	35,34
Серпухов–Ленинград	89,7	5,2	1,7	0,5	0,1	2,7	0,1	37,43
Гоголево–Полтава	85,8	0,2	0,1	0,1	0	13,7	0,1	30,98
Дашава–Киев	98,9	0,3	0,1	0,1	0	0,4	0,2	35,88
Рудки–Минск–Вильнус	95,6	0,7	0,4	0,2	0,2	2,8	0,1	35,50
Брянск–Москва	92,8	3,9	1,1	0,4	0,1	1,6	0,1	37,30
Шебелинка–Брянск–Москва	94,1	3,1	0,6	0,2	0,8	1,6	–	37,87
Тимерртау–Ишимбай–Магнитогорск	81,7	5,3	2,9	0,9	0,3	8,8	0,1	36,80
Промысловка–Астрахань	97,1	0,3	0,1	0	0	2,4	0,1	35,04
Гаэли–Коган–Ташкент	94,0	2,8	0,4	0,3	0,1	2,0	0,4	36,26
Ставрополь–Невинномысск–Грозный	98,2	0,4	0,1	0,1	0	1,0	0,2	35,63
Саушино–Лог–Волгоград	96,1	0,7	0,1	0,1	0	2,8	0,2	35,13
Бухара–Урал	94,9	3,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,4	36,72
Средняя Азия–Центр	93,8	3,6	0,7	0,2	0,4	0,7	0,6	37,55
Уренгой–Помары–Ужгород	98,4	0,1	–	–	–	1,2	0,3	41,75

Расчётный расход топлива, м^3/ч, кг/ч,

$$B_{\text{р}} = \frac{D_{\text{н}}\,[h_1 - h_{\text{п.в}} + 0{,}01\beta_{\text{пр}}\,(h_1' - h_{\text{п.в}})](1 - 0{,}01 q_{\text{ч}})}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}\,\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}},$$

где $D_{\text{н}}$ – номинальная паропроизводительность котла, кг; $\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}}$ – коэффициент полезного действия котла; $\beta_{\text{пр}}$ – величина продувки, %; $q_{\text{ч}}$ – потеря теплоты от механической неполноты сгорания, %.

Требуемый расчётный напор дутьевого вентилятора, кПа,

$$\text{Н}_{\text{в}} = \zeta_2\,\text{Н}_{\text{в.т}},$$

где ζ_2 – коэффициент запаса по напору; $\text{Н}_{\text{в.т}}$ – полное сопротивление воздушного тракта при нормальных режимах эксплуатации котлоагрегатов (см. табл. 2.4).

2.4. Подбор дымососов

Дымососы служат для создания разрежения в топке и перемешивания продуктов сгорания топлива по газовому тракту.

Производительность дымососа, м^3/ч,

$$V_{\text{д}} = \frac{B_{\text{р}}\,V_{\text{г}}\,(t''_{\text{ух}} + 273)\,\zeta_1}{273},$$

где $V_{\text{г}}$ – объём продуктов сгорания топлива, м^3/м^3, м^3/кг,

$$V_{\text{г}} = V_{\text{г}}^0(\alpha_{\text{ух}} - 1)\,V^0,$$

здесь $V_{\text{г}}^0$ – объём продуктов сгорания топлива при нормальных условиях и при коэффициенте избытка воздуха, равном единице; рассчитывается в соответствии с составом топлива, м^3/м^3, м^3/кг,

$$V_{\text{г}}^0 = V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{R}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0,$$

$\alpha_{ух}$ – коэффициент избытка воздуха в дымовых газах перед дымовой трубой (при сжигании твёрдого топлива можно принять 1,5–1,6; природного газа и мазута – 1,35–1,45); $t''_{ух}$ – температура уходящих газов, равная температуре дымовых газов после экономайзера; ζ_1 – коэффициент запаса производительности (можно принять равным 1,05).

При сжигании твёрдого и жидкого топлива объем трёхатомных газов, м^3/кг,

$$V_{RO_2} = 0{,}01866\ (C^p + 0{,}375\ S^p_л).$$

Теоретический объём азота, м^3/кг,

$$V^0_{N_2} = 0{,}79\ V^0 + 0{,}008\,N^p.$$

Теоретический объём водяных паров, м^3/кг,

$$V^0_{H_2O} = 0{,}111\,H^p + 0{,}0124\,W^p + 0{,}0161 V^0.$$

При сжигании газообразного топлива, м^3/м^3,

$$V_{RO_2} = 0{,}01\ [CO_2 + CO + H_2S + \sum (m\ C_m\ H_n)];$$

$$V^0_{N_2} = 0{,}79 V^0 + 0{,}01\ N_2;$$

$$V^0_{H_2O} = 0{,}01\ [H_2S + H_2 + \sum (0{,}5\ n\ C_m\ H_n) + 0{,}0124\ W] + 0{,}0161\ V^0.$$

Напор дымососа, кПа,

$$H_д = \zeta_2\, H_г,$$

где ζ_2 – коэффициент запаса напора (можно принять равным 1,1); $H_г$ – общее сопротивление дымового тракта, кПа (см. табл. 2.4)

Характеристики дымососов приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Дымососы центробежные типа ДН

Тип дымососа	Производительность, $м^3/ч$	Напор, кПа	Мощность электродвигателя, кВт	Изготовитель
ДН-9	$14{,}65 \cdot 10^3$	1,78	11,0 15,0	Бийский котельный завод
ДН-10	$19{,}6 \cdot 10^3$	2,21	11,0 30,0	
ДН-11,2	$27{,}65 \cdot 10^3$	2,76	22,0 45,0	
ДН-12,5	$39{,}1 \cdot 10^3$	3,43	40,0 75,0	
ДН-15	$50 \cdot 10^3$	2,26	40,0 75,0	

2.5. Подбор оборудования химводоподготовки

Для химической обработки воды целесообразно применять двухступенчатое умягчение, обеспечивающее остаточную жёсткость воды для котлов типа ДКВР, ДЕ и КЕ, не превышающую 0,02 мг-экв/кг.

Устанавливают не менее двух натрий-катионитовых фильтров для каждой ступени (один резервный). В целях взаимозаменяемости установленного оборудования целесообразно для обеих ступеней умягчения применять фильтры одного типоразмера.

Компоновочная схема системы химводоподготовки должна предусматривать возможность отключения любого фильтра для регенерации и ремонта, а также для переключения с первой ступени на вторую ступень.

Максимальный часовой расход химически очищенной воды для подпитки котлов, т/ч,

$$D_{\text{х.о.в}} = \zeta \, (D_{\text{ч}}^{\max} + D_{\text{пр}} + D_{\text{к}}^{\max}),$$

где ζ – коэффициент запаса производительности (принимается равным 1,1–1,2); $D_{\text{пр}}$ – расход продувочной воды, т/ч,

$$D_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{ч}}^{\max}\beta_{\text{пр}}}{100},$$

здесь $\beta_{\text{пр}}$ – процент продувки, %; $D_{\text{к}}^{\max}$ – масса возвращаемого конденсата, т/ч.

Диаметр фильтров, м,

$$d_{\text{ф}} = \sqrt{\frac{4D_{\text{х.о.в}} \cdot 1000}{\pi \cdot 3600 \rho w_{\text{ф}} z_{\text{ф}}}},$$

где $w_{\text{ф}}$ – скорость фильтрования воды (принять равной 0,007 м/с); $z_{\text{ф}}$ – количество работающих фильтров каждой ступени. Типоразмер фильтров принять по табл. 2.10.

Таблица 2.10

Характеристики натрий-катионитовых фильтров

Диаметр, м	0,7	1,0	1,5	2,0	2,6	3,0
Площадь фильтрования, $м^2$	0,39	0,76	1,72	3,1	5,2	6,98

2.6. Подбор деаэраторов

Деаэраторы предназначены для удаления из питательной воды растворенных газов в целях предохранения тепловых сетей и поверхности нагрева котлоагрегатов от коррозии.

В схеме компоновки оборудования котельной необходимо предусматривать возможность отключения любого деаэратора для ремонта и ревизии.

Максимальный расход питательной воды, т/ч, определяют по формуле

$$D_{\text{п.в}} = D_{\text{ч}}^{\max} + D_{\text{пр}}.$$

Подбор деаэраторов осуществляют по табл. 2.11, 2.12.

Таблица 2.11

Деаэраторы атмосферного давления

Характеристики	Марка деаэратора					
	ДА-1	ДА-3	ДА-5	ДА-15	ДА-25	ДА-50
Номинальная производительность, т/ч	1	3	5	15	25	50
Рабочее давление, МПа	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Температура деаэрированной воды, ºС	104	104	104	104	104	104
Полезная вместимость аккумуляторного бака, $м^3$	0,6	1,0	2	4	8	15

Таблица 2.12

Деаэраторы вакуумные

Характеристики	Марка деаэратора			
	ДВ-5	ДВ-15	ДВ-25	ДВ-50
Номинальная производительность, т/ч	5	15	25	50
Рабочее давление, МПа	0,0075–0,05	0,0075–0,05	0,0075–0,05	0,0075–0,05
Температура, ºС	40–80	40–80	40–80	40–80
Допускаемое повышение давления, МПа	0,17	0,17	0,17	0,17
Вместимость, $м^3$	0,67	0,90	1,20	1,96

Расход пара на деаэрацию воды, т/ч,

$$D_{д} = \frac{D_{п.в}\,(h''_{д} - h'_{д})}{h_1 - h'_{д}} + D_{вып},$$

где $h''_{д}$ – энтальпия воды после деаэратора, кДж/кг (соответствует температуре кипения воды при рабочем давлении в деаэраторе по табл. 2.11 и 2.12),

$$h''_{д} = c\,t''_{д};$$

$h'_д$ – энтальпия воды, поступающей в деаэратор, кДж/кг,

$$h'_д = c\,t'_д,$$

здесь

$$t'_д = \frac{t_{х.в}\,(D_{п.в} - D_к) + t_к\,D_к}{D_{п.в}},\ °C;$$

$t_{х.в}$ – температура химически очищенной воды, °С; $t_к$ – температура конденсата (принимается равной 50–70 °С); $D_{вып}$ – потери пара с выпаром (принимают равными 5–10 кг на 1 т деаэрируемой воды).

3. Расчёт тепловых сетей

Расчёт наружных тепловых сетей заключается в определении диаметров теплопроводов, толщины слоев тепловой изоляции, удельных потерь теплоты. Эти расчёты основываются на максимальных значениях часового расхода теплоносителей.

3.1. Определение внутреннего диаметра теплопровода

(паропровода на технологические нужды,
конденсатопровода, трубопровода горячей воды).

Внутренний диаметр теплопровода, м, рассчитывают по формуле

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4V_с}{\pi\,\omega}},$$

где $V_с$ – расход теплоносителя, протекающего по трубопроводу, м^3/с; ω – допускаемая скорость теплоносителя, м/с (для влажного насыщенного пара – 30–40; воды – 2–2,5; конденсата – 1–1,5).

Секундный объёмный расход влажного насыщенного пара, м^3/с,

$$V_с = U_x D_с;$$

$$v_x = vx \ (x = 0{,}95 \div 0{,}97);$$

$$V_с = v_x D_с;$$

$$v_x = v'' x,$$

где v_x – удельный объём влажного насыщенного пара, м/кг; $D_с$ – максимальный секундный расход пара, кг/с.

По расчётному значению $d_{вн}$ подбирают ближайший бóльший диаметр теплопровода (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Характеристики трубопроводов

Внутренний диаметр, м	Толщина стенки, м	Наружный диаметр, м	Площадь поперечного сечения, м^2
0,041	0,0035	0,048	0,00132
0,050	0,0035	0,057	0,001963
0,069	0,0035	0,076	0,003739
0,081	0,004	0,089	0,005153
0,100	0,004	0,108	0,007854
0,125	0,004	0,133	0,01221
0,150	0,0045	0,159	0,01767
0,203	0,008	0,219	0,03236
0,257	0,009	0,273	0,519
0,305	0,009	0,323	0,7306
0,309	0,01	0,329	0,7449
0,357	0,01	0,377	0,1001

3.2. Расчёт и подбор толщины тепловой изоляции теплопроводов

Толщину теплоизоляционного слоя $\delta_{из}$ наружных теплосетей определяют из уравнения

$$\frac{d_н + 2\delta_{из}}{d_н} \ln \frac{d_н + 2\delta_{из}}{d_н} = \frac{2\lambda_{из}(t_т - t_0)}{\alpha_2 d_н (t_п - t_0)},$$

где $d_н$ – наружный диаметр трубопровода, м; $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности тепловой изоляции, Вт/(м · К); $t_т$, $t_п$, t_0 – температура теплоносителя, поверхности изоляционного слоя и окружающего воздуха, °С ($t_0 = t'_н$); α_2 – коэффициент теплоотдачи от изолированного теплопровода к окружающему воздуху, Вт/(м^2 · К).

Основные характеристики наиболее распространенных теплоизоляционных материалов приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Теплоизоляционные материалы и их характеристики

Наименование материала	ρ, кг/м^3	λ, Вт/(м · К)	Максимальная температура применения, ºС
Асбестовый матрац, заполненный:			
совелитом	280	0,097	450
стекловолокном	200	0,076	450
Асбестовый шнур	750–900	0,145	450
Асбозурит мастичный	600	0,174	900
Асботермит мастичный	570	0,144	500
Асбовермиркулитовые изделия	250–300	0,099–0,105	600
Вермикулит вспученный	230	0,088	900
Войлок:			
строительный	200	0,061	100
отеплительный	100	0,068	100
Вулканитовые изделия	350–400	0,093–0,096	600
Диатомовые изделия	500–600	0,134–0,158	900
Жгут стеклянный ЖСТ-30	130	0,058	450
Маты минераловые прошивные	130–200	0,061–0,068	450–600
Маты и плиты минераловатные на синтетическом связующем	115	0,061	400
Маты и полосы из непрерывного стекловолокна прошивные	200	0,061	450
Маты и плиты стекловатные на синтетическом связующем	60–90	0,062–0,070	180

Окончание табл. 3.2

Наименование материала	ρ, кг/м^3	λ, Вт/(м · К)	Максимальная температура применения, ºС
Пенодиатомовые изделия	350–400	0,099–0,111	850
Пенобетонные изделия	400–500	0,134–0,151	400
Пеношамотные изделия	950	0,298	1350
Пенопласт марки:			
ФК-20	180	0,063	120
ФК-40	200	0,065	120
ФРП-1	40–60	0,050	130
ФФ	140–200	0,052–0,066	150
Перлитоцементные изделия	300–350	0,091–0,097	600
Перлитокерамические изделия	250–300	0,085–0,091	800
Плиты минераловатные полужесткие	120–150	0,061–0,062	400
Полуцилиндры теплоизоляционные из минеральной ваты	150–200	0,065–0,067	300
Совелитовые изделия	350–400	0,091–0,093	500
Совелит мастичный	500	0,107	500
Скорлупы минераловатные	300	0,084	600
Цилиндры теплоизоляционные из минеральной ваты	150–200	0,065–0,071	300
Шнур теплоизоляционный из минеральной ваты	200–300	0,071–0,076	150–600

Коэффициент теплоотдачи от поверхности изолированного теплопровода к окружающему воздуху, Вт/(м^2 · К), рассчитывают по эмпирической формуле

$$\alpha_2 = 9{,}8 + 0{,}0525\,(t_{\text{п}} - t_0).$$

Зная значения функции

$$\frac{d_{\text{н}} + 2\delta_{\text{из}}}{d_{\text{н}}} \ln \frac{d_{\text{н}} + 2\delta_{\text{из}}}{d_{\text{н}}} = x \ln x,$$

приведенные в табл. 3.3, можно определить x и толщину изоляции $\delta_{из}$, значения которой для дальнейших расчетов округляют в бóльшую сторону (кратным 0,005 м).

Таблица 3.3

Значения функции $x \ln x$

x	$x \ln x$	x	$x \ln x$	x	$x \ln x$
1,0	0,0	1,30	0,340	1,55	0,679
1,05	0,05	1,35	0,405	1,60	0,751
1,10	0,10	1,40	0,470	1,65	0,827
1,15	0,161	1,45	0,539	1,70	0,902
1,20	0,218	1,50	0,607	1,75	0,980

3.3. Расчёт удельных потерь теплоты и снижения энтальпии теплоносителя при транспортировке по наружным тепловым сетям

Удельные потери теплоты наружными теплопроводами, Вт/м, определяют по формуле

$$q_1 = \frac{\pi (t_т - t_0)}{\frac{1}{\alpha_1 d_{вн}} + \frac{1}{2\lambda_{тр}} \ln \frac{d_н}{d_{вн}} + \frac{1}{2\lambda_{из}} \ln \frac{d_н + 2\delta_{из}}{d_н} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot 2\ (d_н + 2\delta_{из})}},$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к стенке трубы, Вт/(м$^2 \cdot$ К); $\lambda_{тр}$ – коэффициент теплопроводности материала трубы, Вт/(м $\cdot$ К).

Снижение энтальпии для каждого из теплоносителей при их транспортировке по наружным теплосетям, кДж/кг,

$$\Delta h = \frac{q_l L}{D} 10^{-3},$$

где L – протяжённость теплосети между котельной и производственным корпусом (100–200 м); $D_с$ – максимальный расход теплоносителя, кг/с.

Степень увлажнения пара, %,

$$\Delta y = \frac{\Delta h}{r_1} 100,$$

где r_1 – теплота парообразования при давлении P_1, кДж/кг.

Снижение температуры воды (конденсата), °С,

$$\Delta t = \frac{\Delta h_0}{c}.$$

4. Расчёт и подбор оборудования теплоподготовительной установки

4.1. Расчёт и подбор водоподогревателей системы отопления

Исходными данными для расчёта водоподогревателей являются: максимальный часовой расход горячей воды в сезон массовой переработки сырья, максимальный расход теплоты на отопительные нужды в период самой холодной пятидневки года, температура холодной и горячей воды в системе горячего водоснабжения, а также прямой и обратной воды в системе отопления. Следует предусмотреть не менее двух водоподогревателей для систем отопления и горячего водоснабжения (табл. 4.1).

Суммарную поверхность нагрева $F_с^{от}$, кВт, пароводяных подогревателей для системы отопления определяют из уравнения

$$\overline{Q}_{от} = \frac{10^6 Q_{от}}{8 \cdot 3600} = 34{,}7; \quad Q'_{от} = k\ F_с^{от} \Delta t_{ср},$$

где k – коэффициент теплопередачи водоподогревателей, кВт/(м$^2 \cdot$ К) (для пароводяных – 1,6–2,0; для водо-водяных – 1,05–1,25); $\Delta t_{ср}$ – средняя разность между температурой греющего пара и температурой нагреваемой воды:

если $\Delta t_б / \Delta t_м > 1{,}7$,

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{\ln \dfrac{\Delta t_б}{\Delta t_м}};$$

Таблица 4.1

Пароводяные подогреватели (ОСТ 108.271.105–76)

Марка подогревателя		Площадь поверхности нагрева, $м^2$	Теплопроизводительность, МВт	Диаметр корпуса, м	Давление греющего пара, МПа	Расход воды номинальный, т/ч	Число ходов по воде, шт.
С эллиптическими днищами	С плоскими днищами						
Температурный график 70/150 °С							
ПП-1-9-7-1У	ПП-2-9-7-1У	9,5	1,31	0,325	0,7	16,1	4
ПП-1-17-7-1У	ПП-2-17-7-1У	17,2	2,42	0,426	0,7	29,4	4
ПП-1-24-7-1У	ПП-2-24-7-1У	24,4	3,42	0,480	0,7	41,7	4
ПП-1-32-7-1У	–	32,0	4,51	0,530	0,7	55,0	4
ПП-1-53-7-1У	–	53,9	7,62	0,630	0,7	93,0	4
ПП-1-76-7-1У	–	76,8	10,93	0,720	0,7	133,0	4
ПП-1-108-7-1У	–	108,0	15,47	0,820	0,7	188,0	4
Температурный график 70/130 °С							
ПП-1-9-7-11	ПП-2-9-7-11	9,5	1,89	0,325	0,7	32,4	2
ПП-1-17-11	ПП-2-17-7-11	17,2	3,46	0,426	0,7	59,0	2
ПП-1-24-11	ПП-2-24-7-11	24,4	4,91	0,480	0,7	83,5	2
ПП-1-32-7-11	–	32,0	6,48	0,530	0,7	110,5	2
ПП-1-53-7-11	–	53,9	10,7	0,630	0,7	182,0	2
ПП-1-76-7-11	–	76,8	15,35	0,720	0,7	261,0	2
ПП-1-108-7-11	–	108,0	21,05	0,820	0,7	358,0	2

Окончание табл. 4.1

Марка подогревателя		Площадь поверхности нагрева, $м^2$	Теплопроизводительность, МВт	Диаметр корпуса, м	Давление греющего пара, МПа	Расход воды номинальный, т/ч	Число ходов по воде, шт.
С эллиптическими днищами	С плоскими днищами						
Температурный график 70/95 °С							
ПП-1-6-2-11	ПП-2-6-2-11	6,3	0,68	0,325	0,2	29,2	2
ПП-1-11-2-11	ПП-2-11-2-11	11,4	1,24	0,426	0,2	53,4	2
ПП-1-16-2-11	ПП-2-16-2-11	16,0	1,77	0,480	0,2	76,0	2
ПП-1-21-2-11	–	21,2	2,31	0,530	0,2	103,5	2
ПП-1-35-2-11	–	36,3	3,93	0,630	0,2	169,0	2
ПП-1-50-2-11	–	50,5	5,84	0,720	0,2	251,0	2
ПП-1-71-2-11	–	71,0	7,95	0,820	0,2	342,0	2

если $\Delta t_б / \Delta t_м < 1{,}7$,

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_б + \Delta t_м}{2}.$$

4.2. Расчёт и подбор водоподогревателей системы горячего водоснабжения

Суммарную поверхность нагрева пароводяных подогревателей системы горячего водоснабжения, м^2, определяют по формуле

$$F_с^{г.в} = \frac{V_{г.в}^{ч(max)} c\, p\, (t_{г.в} - t_{х.в})}{3600 k\, \Delta t_{ср}}.$$

4.3. Расчёт и подбор аккумуляторов горячей воды

Баки – аккумуляторы горячей воды (не менее двух) выбирают на основании сравнения интегрального графика потребления горячей воды (рис. 4.1, график *a*) со средним потреблением за смену (см. рис. 4.1, график *b*) по данным потребления горячей воды (см. табл. 1.15).

Геометрический объём баков – аккумуляторов должен быть на 5–10 % больше расчетного (см. табл. 4.1).

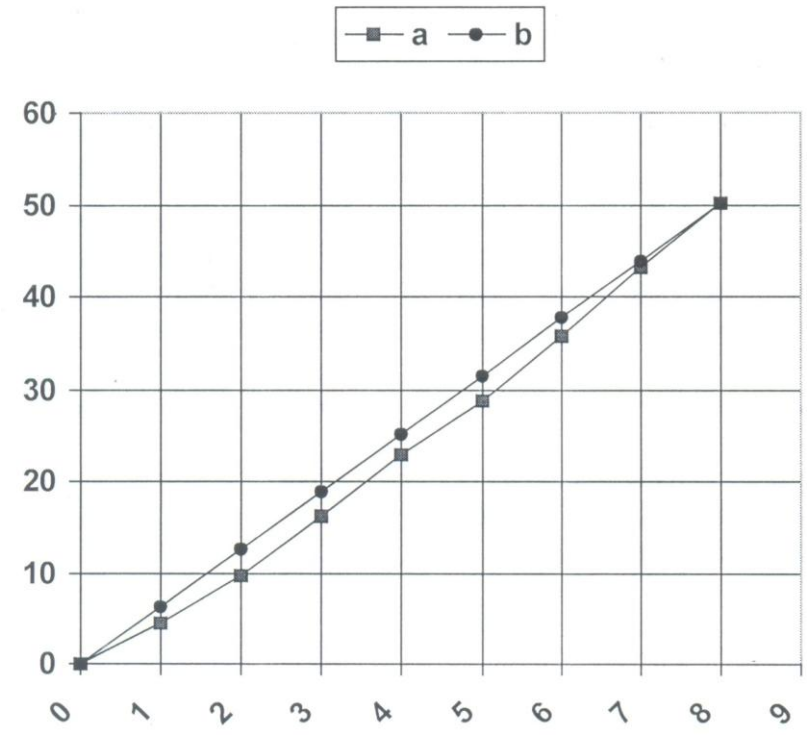

Рис. 4.1

4.4. Подбор насосов системы горячего водоснабжения

Выбор единичной мощности и числа устанавливаемых насосов системы горячего водоснабжения определяется максимальным расходом горячей воды (см. рис. 1.2 и табл. 1.15).

Наиболее целесообразной является схема горячего водоснабжения с тремя насосами. При этом устанавливают два насоса для максимального расхода и один – для минимального, а схему автоматизируют (табл. 4.2 и 4.3).

Таблица 4.2

Центробежные насосы типа К (консольные)

Марка	Номинальная производительность, $м^3/ч$	Полный напор, кПА	Допустимое давление на входе в насос, кПа	Мощность на валу, кВт
3К-6у	45	540	150	10,5
3К-6у-а	40	415	150	7,5
4К-6у	90	870	150	32,9
4К-6у-а	85	760	150	28
4К-8у-а	90	430	150	15,8
4К-12у-а	85	986	150	9,2

Таблица 4.3

Центробежные насосы типа КМ (консольные моноблочные)

Марка	Номинальная производительность, $м^3/ч$	Полный напор, кПа	Допустимое давление на входе в насос, кПа	Мощность на валу, кВт
КМ 8/18	8	180	200	0,9
КМ 20/18	20	180	200	1,5
КМ 20/30	20	300	200	2,7
КМ 45/30	45	300	200	5,5
КМ 45/30а	35	225	200	3,1
КМ 90/20а	70	180	200	4,5

4.5. Подбор циркуляционных насосов системы отопления

Циркуляционные насосы системы отопления подбирают по тем же параметрам для наиболее напряженного режима её эксплуатации в самую холодную пятидневку года. Устанавливают не менее двух циркуляционных насосов для максимального расхода. Целесообразно также предусмотреть возможность переключения на насосы, работающие в режиме средней тепловой нагрузки отопительной системы (см. табл. 4.2, 4.3).

Производительность насоса, м^3/ч,

$$\overset{\bullet}{V}_{\text{в}} = \frac{Q'_{\text{от}} \cdot 10^6}{c_{\text{в}} (t_{\text{пр}} - t_{\text{обр}}) 8 \rho_{\text{в}}}.$$

4.6. Подбор конденсатных насосов

Конденсатные насосы подбирают аналогично циркуляционным на основании максимального выхода конденсата от различных потребителей (см. табл. 1.18, 4.4).

Таблица 4.4

Центробежные конденсатные насосы (ТУ 26-06-12-60–80)

Характеристики	Марка насоса			
	Кс-12-50	Кс-12-110	Кс-20-50	Кс-20-110
Номинальная производительность, м^3/ч	12,0	12,0	20,0	20,0
Напор, кПа	0,5	1,1	0,5	1,1
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	11,0	7,5	18,5
Изготовитель	Катайский насосный завод (Курганская область)			

4.7. Подбор конденсатных баков

Конденсатные баки подбирают для режима непрерывной подачи конденсата в котельную или на ТЭЦ. В тепловой схеме целесообразно предусмотреть установку двух баков вместительностью не менее 50 % от максимальной расчетной (см. табл. 1.18, табл. 4.5).

Таблица 4.5

Конденсатные баки

Тип	Типоразмер	Объём бака, м^3	Диаметр бака
Т40.01.00.000СБ	1	1	1,0
Т40.02.00.000СБ	1	2	1,4
Т40.03.00.000СБ	1	3	1,4
Т40.04.00.000СБ	1	5	1,8
Т40.05.00.000СБ	2	10	2,0
Т40.06.00.000СБ	2	16	2,2
Т40.07.00.000СБ	2	20	2,6
Т40.08.00.000СБ	2	45	3,6
Т40.09.00.000СБ	3	40	3,2

Расчётную вместительность конденсатных баков определяют путем сравнения интегрального графика выхода конденсата (см. рис. 4.1, график *а*) и его среднего выхода (см. рис. 4.1, график *б*).

5. Показатели работы системы теплоснабжения

Годовой расход теплоты на технологические нужды, ГДж/год,

$$Q_{\text{год}}^{\text{т.н}} = Q_{\text{т.н}}\ z_{\text{см}}\ \psi_{\text{п.м}},$$

где $z_{\text{см}}$ – число рабочих смен в году (для мясокомбинатов – 550, молочных заводов – 580, хлебозаводов – 990, пивоваренных заводов – 969); $\psi_{\text{п.м}}$ – средний за год коэффициент загрузки производственных мощностей (0,80–0,95).

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение, ГДж/год,

$$Q_{\text{год}}^{\text{г.в}} = Q_{\text{г.в}}\ z_{\text{см}}\ \psi_{\text{п.м}}.$$

Годовой расход теплоты на отопление, ГДж/год,

$$Q_{\text{год}}^{\text{от}} = Q_{\text{от}}\ \ z_{\text{см}}^{\text{от}}\ \psi_{\text{от}},$$

где $z_{\text{см}}^{\text{от}}$ – число смен, в течение которых отапливаются здания предприятия (определяют по продолжительности отопительного периода) – см. табл. 1.12; $\psi_{\text{от}}$ – коэффициент, учитывающий снижение расхода теплоты на отопительные нужды за счет прерывистого отопления в выходные дни и нерабочие смены (принимают равным 0,7–0,75).

Годовой расход теплоты на вентиляцию, ГДж/год,

$$Q_{\text{год}}^{\text{вен}} = Q_{\text{вен}}\ z_{\text{см}}^{\text{вен}}\ \psi_{\text{от}}.$$

Годовой отпуск теплоты сторонним потребителям, ГДж/год,

$$Q_{\text{год}}^{\text{ст}} = Q_{\text{ст}}\ z_{\text{см}}^{\text{ст}}\ \psi_{\text{ст}},$$

где $z_{\text{см}}^{\text{ст}}$ – число смен в год отпуска теплоты сторонним потребителям (500–700); $\psi_{\text{ст}}$ – средний за год коэффициент загрузки от сторонних потребителей (0,8–0,9).

Годовой расход теплоты на собственные нужды, ГДж/год,

$$Q_{\text{год}} = \beta_{\text{с.н}}\,(Q_{\text{год}}^{\text{т.н}} + Q_{\text{год}}^{\text{г.в}} + Q_{\text{год}}^{\text{от}} + Q_{\text{год}}^{\text{вен}} + Q_{\text{год}}^{\text{ст}}).$$

Суммарная годовая теплопроизводительность источника теплоты, ГДж/год,

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{год}}^{\text{т.н}} + Q_{\text{год}}^{\text{г.в}} + Q_{\text{год}}^{\text{от}} + Q_{\text{год}}^{\text{вен}} + Q_{\text{год}}^{\text{ст}} + Q_{\text{год}}^{\text{с.н}},$$

Средний коэффициент загрузки эксплуатируемых котельных агрегатов

$$\psi_{\text{к}} = \frac{D}{8 D_{\text{н}}\, n},$$

где D – сменная выработка пара, т/см (см. табл. 1.16); $D_{\text{н}}$ – номинальная паропроизводительность котла, т/ч; n – число котлов.

Коэффициент полезного действия котельной с учетом коэффициента загрузки эксплуатируемых котельных агрегатов, %,

$$\eta_{ф}^{бр} = \eta_{н}^{бр} [1 - a (1 - \psi_{к})],$$

где $\eta_{н}^{бр}$ – номинальный КПД котлов, %; a – поправочный коэффициент (для котельных, работающих на твердом топливе, составляет 0,09–0,12; на мазуте – 0,08–0,10; на природном газе – 0,05–0,07).

Годовой расход топлива составляет:

$$B^{год} = \frac{Q_{год} \cdot 10^{8}}{Q_{н}^{р} \eta_{ф}^{бр}}, \text{ м}^3\text{/год , кг/год (натуральное топливо);}$$

$$B_{у}^{год} = B^{год} \frac{Q_{н}^{р}}{29300}, \text{ кг/год (условное топливо).}$$

Максимальный часовой расход топлива котельной, ГДж/ч,

$$Q_{ч}^{max} = \left[D_{ч}^{max} (h_1 - h_{п.в}) + D_{ч}^{max} \frac{\beta_{пр}}{100} (h_1' - h_{п.в}) \right] 10^{-3},$$

где $D_{ч}^{max}$ – максимальное потребление пара, т/ч;

$$\beta_{ч}^{max} = \frac{Q_{ч}^{max} \cdot 10^{8}}{Q_{н}^{р} \eta_{ф}^{бр}}, \text{ м}^3\text{/ч, кг/ч,}$$

здесь $Q_{н}^{р}$ – низшая теплота сгорания топлива, кДж/м^3, кДж/кг.

Номинальная теплопроизводительность котельной, ГДж/ч,

$$Q_{ном} = D_{н} n \left[(h_1 - h_{п.в}) + \frac{\beta_{пр}}{100} (h_1' - h_{п.в}) \right] 10^{-3}.$$

Удельный расход топлива на получение теплоты составляет:

$$b = \frac{B_{\text{год}}}{Q_{\text{год}}}, \text{ м}^3/\text{ГДж, кг/ГДж (натуральное топливо);}$$

$$b_{\text{у}} = b\,\frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{29300}, \text{ кг/ГДж (условное топливо).}$$

Испарительность топлива составляет:

$$\text{И} = \frac{D_{\text{ч}}^{\max} \cdot 10^3}{B_{\text{ч}}^{\max}}, \text{ кг/м}^3\text{, кг/кг (натуральное топливо);}$$

$$\text{И}_{\text{у}} = \text{И}\,\frac{29300}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \text{ кг/кг (условное топливо).}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.

2. ФЗ № 207-ФЗ «О теплоснабжении» от 27.07.2010 г.

3. Теплотехника: Учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 792 с.

4. Справочник по вентиляции, кондиционированию и теплоснабжению предприятий пищевой промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1968. – 287 с.

5. Нормы технологического проектирования предприятий хлебопекарной промышленности. Ч. 1. Хлебозаводы. ВНТП 02–92. – М., 1992.

6. Нормы технологического проектирования предприятий пивоваренной промышленности. ВНТП 10–91. Главагропромнаучпроект. – М., 1991.

7. **Ноздрин С.И., Руденко Г.С.** Рациональное использование топлива и теплоты на предприятиях мясной и молочной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985.

8. **Руденко Г.С.** Системы теплоснабжения предприятий мясокомбинатов и молочных заводов. – М.: МГУПБ, 2011. – 140 с.

9. **Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н.** Котельные установки промышленных предприятий: Учеб. для вузов. 3-е изд. – М.: Энергостомиздат, 1989. – 529 с.

10. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы: Справ. / Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорньге. – М.: МЭИ, 2000.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
I. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСНОЙ, МОЛОЧНОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 4
II. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ 5
1. Тепловой баланс предприятия 5
1.1. Расход теплоты и пара на технологические нужды 5
1.2. Расход теплоты и пара на горячее водоснабжение 14
1.3. Расход теплоты и пара на отопление 17
1.4. Расход теплоты и пара на вентиляцию 24
1.5. Баланс потребления теплоты и пара предприятием 24
1.6. Характеристики режимов потребления и возврата конденсата пара и горячей воды предприятием 27
2. Подбор теплогенерирующего и вспомогательного оборудования источника теплоты системы теплоснабжения 34
2.1. Подбор теплогенераторов 35
2.2. Подбор экономайзеров 35
2.3. Подбор дутьевых вентиляторов 39
2.4. Подбор дымососов 44
2.5. Подбор оборудования химводоподготовки 46
2.6. Подбор деаэраторов 47
3. Расчёт тепловых сетей 49
3.1. Определение внутреннего диаметра теплопровода 49
3.2. Расчёт и подбор толщины тепловой изоляции теплопроводов 50
3.3. Расчёт удельных потерь теплоты и снижения энтальпии теплоносителя при транспортировке по наружным тепловым сетям 53
4. Расчёт и подбор оборудования теплоподготовительной установки 54
4.1. Расчёт и подбор водоподогревателей системы отопления 54
4.2. Расчёт и подбор водоподогревателей системы горячего водоснабжения 57
4.3. Расчёт и подбор аккумуляторов горячей воды 57
4.4. Подбор насосов системы горячего водоснабжения 58
4.5. Подбор циркуляционных насосов системы отопления 59
4.6. Подбор конденсатных насосов 59
4.7. Подбор конденсатных баков 60
5. Показатели работы системы теплоснабжения 60
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 64

Кисс Валерий Вячеславович
Казаков Александр Васильевич
Рахманов Юрий Алексеевич

РАСЧЁТ ПАРОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Редактор
Е.О. Трусова

Компьютерная верстка
Н.В. Гуральник

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Подписано в печать 12.06.2014. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,96. Печ. л. 4,25. Уч.-изд. л. 4,0
Тираж 100 экз. Заказ № С 21

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9