

СТО 02494733-5.4-02-2006. Расчет ТЕПЛОВЫХ СХЕМ КОТЕЛЬНЫХ

Наименование документа: СТО 02494733-5.4-02-2006

Тип документа: СТО

Статус документа: действующий

Название рус.: Расчет тепловых схем котельных

Настоящий стандарт разработан с учетом достижений науки и техники в области проектирования котельных для зданий различного назначения в целях распространения и использования результатов исследований и разработок в данной области. Стандарт содержит методику расчета тепловых схем отопительно-производственных

Область применения: котельных с паровыми котлами КЕ для открытой и закрытой системы теплоснабжения. Требования настоящего стандарта подлежат обязательному соблюдению производственными подразделениями «СантехНИИпроекта», а также другими субъектами хозяйственной деятельности на добровольной основе, если в договоре на разработку проектной документации сделана ссылка на этот стандарт.

1 Область применения

2 Нормативные ссылки

3 Общие положения

Приложение А (обязательное) Исходные данные и примеры расчета тепловых схем котельных

Таблица А.1 - Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения

Таблица А.2 - Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения

Таблица А.3 - Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения

Краткое содержание: Таблица А.4 - Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения

Рисунок А.1 - Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения

Рисунок А.2 - Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения

Рисунок А.3 - Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды

Рисунок А.4 - Коэффициент снижения расхода тепла на отопление и вентиляцию в степени 0,8 (для определения температуры прямой сетевой воды на выходе из котельной).

Рисунок А.5 - Удельный расход пара на деаэрацию питательной воды

для закрытой системы теплоснабжения
Рисунок А.6 - Удельный расход пара на деаэратор питательной воды
для открытой системы теплоснабжения
Рисунок А.7 - Выбор типа и количества работающих котлов в
зависимости от суммарной паровой нагрузки котельной

**Дата актуализации
текста:** 01.10.2008

Дата введения: 15.12.2006

**Дата добавления в
базу:** 01.02.2009

**Доступно сейчас
для просмотра:** 100% текста. Полная версия документа.

**Дополнительная
информация:** Введен впервые.

Опубликован: ФГУП "СантехНИИпроект" № 2006

**Документ
утвержден:** ФГУП "СантехНИИпроект" от 2006-12-15

**Документ
разработан:** ФГУП "СантехНИИпроект" 105203, г. Москва, ул. Нижняя
Первомайская, 46

Федеральное государственное унитарное предприятие

**Проектный, конструкторский и научно-исследовательский институт
«СантехНИИпроект»**



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ КОТЕЛЬНЫХ

СТО 02494733 5.4-02-2006

Дата введения - 2006-12-15

Предисловие

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Проектный, конструкторский и научно-исследовательский институт «СантехНИИпроект»

2 ВНЕСЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Проектный, конструкторский и научно-исследовательский институт «СантехНИИпроект»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом ФГУП «СантехНИИпроект» от 15 декабря 2006 г. № 19

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Введение

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № [184-ФЗ](#) «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организаций - [ГОСТ Р 1.4-2004](#) «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения»

Настоящий стандарт разработан с учетом достижений науки и техники в области проектирования котельных для зданий различного назначения в целях распространения и использования результатов исследований и разработок в данной области.

Стандарт содержит методику расчета тепловых схем отопительно-производственных котельных с паровыми котлами КЕ для открытой и закрытой системы теплоснабжения.

Требования настоящего стандарта подлежат обязательному соблюдению производственными подразделениями «СантехНИИпроекта», а также другими субъектами хозяйственной деятельности на добровольной основе, если в договоре на разработку проектной документации сделана ссылка на этот стандарт.

Содержание

[1 Область применения](#)

[2 Нормативные ссылки](#)

[3 Общие положения](#)

[Приложение А \(обязательное\) Исходные данные и примеры расчета тепловых схем котельных](#)

[Таблица А.1 - Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения](#)

[Таблица А.2 - Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения](#)

[Таблица А.3 - Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения](#)

[Таблица А.4 - Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения](#)

[Рисунок А.1 - Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения](#)

[Рисунок А.2 - Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения](#)

[Рисунок А.3 - Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды](#)

[Рисунок А.4 - Коэффициент снижения расхода тепла на отопление и вентиляцию в степени 0,8 \(для определения температуры прямой сетевой воды на выходе из котельной\).](#)

[Рисунок А.5 - Удельный расход пара на деаэрацию питательной воды для закрытой системы теплоснабжения](#)

[Рисунок А.6 - Удельный расход пара на деаэрацию питательной воды для открытой системы теплоснабжения](#)

[Рисунок А.7 - Выбор типа и количества работающих котлов в зависимости от суммарной паровой нагрузки котельной](#)

1 Область применения

1.1 В работе изложены рекомендации по расчету тепловых схем котельных с паровыми котлами, рассчитанными для работы при давлении пара 14 МПа (пар насыщенный).

Приводится методика расчета тепловых схем для закрытой и открытой систем теплоснабжения, иллюстрируемая соответствующими примерами.

Предусматривается выполнение расчетов для наиболее характерных режимов работы котельных.

По отдельным позициям для ускорения расчетов в работе приведены аналитический и графический ([приложение А](#)) методы.

В основу определения расхода пара на деаэрацию питательной воды, являющегося наиболее сложным элементом расчета, положен только графический метод.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

[СанПиН 2.1.2.1002-00](#) Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям

[СНиП 23-01-99*](#) Строительная климатология

[СНиП 2.04.01-85*](#) Внутренний водопровод и канализация зданий

[ГОСТ 30494-96](#) Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

3 Общие положения

3.1 Расчет тепловой схемы котельной производится с целью определения расхода пара и воды для отдельных узлов при характерных режимах работы котельной и составления общего материального баланса пара и воды.

Расчет выполняется параллельно для всех режимов с применением табличной формы в рекомендуемой последовательности (см. таблицы [2](#) и [4](#)).

Расчетом определяется температура различных потоков воды (сетевой, подпиточной, химочищенной исходной) и конденсата.

3.2 На расчетной тепловой схеме котельной (рисунки [A.1](#) и [A.2](#)) указываются направления основных потоков теплоносителя, его расходы и параметры.

3.3 Расчет тепловой схемы котельной выполняется в следующей последовательности:

- рассчитывается предварительный пароводяной баланс котельной (без учета непрерывной продувки), который используется в расчете химводоочистки для установления необходимости непрерывной продувки, ее величины, а также для уточнения собственных нужд химводоочистки;

- производится полный расчет тепловой схемы котельной по всем позициям, в частности уточняется пароводяной баланс, суммарная паровая нагрузка котельной и намечаются варианты для выбора типоразмера и количества котлов. Выбор основного варианта установки котлов производится при составлении технико-экономического обоснования.

В процессе расчета тепловой схемы методом последовательных приближений уточняется расход пара на деаэрацию питательной воды. Предлагаемый метод расчета позволяет уточнить этот расход после одного приближения, причем погрешность находится в пределах 5 %;

- результаты расчета являются исходными данными для расчета и выбора оборудования отдельных узлов тепловой схемы и основных трубопроводов котельной. Выбор числа и единичной мощности котлов также производится на основании результатов расчета тепловой схемы. В случае наличия двух или более вариантов установки котлов выбор следует производить на основании технико-экономического обоснования.

3.4 Методика расчета тепловых схем и примеры приведены для наиболее общего случая тепловой схемы - отопительно-производственной котельной (с теплоносителями - высокотемпературная вода и насыщенный пар).

Расчеты отопительной (теплоноситель высокотемпературная вода) и производственной котельной (теплоноситель насыщенный пар) являются частными случаями общего расчета тепловой схемы.

3.5 Расчетные режимы.

Для отопительно-производственной и отопительной котельных расчет ведется для четырех характерных режимов:

- максимального зимнего при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции;

- при средней температуре наиболее холодного месяца;
- при температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды (при наличии нагрузки на горячее водоснабжение);
- летнего режима.

В случае отсутствия нагрузки на горячее водоснабжение режим при температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды заменяется режимом в конце отопительного периода (температура наружного воздуха 8°C).

Для отопительной котельной при наличии только отопительно-вентиляционной нагрузки исключается летний режим (котельная в летний период не работает).

Производственная котельная рассчитывается для максимального зимнего режима, режима при средней температуре самого холодного месяца и летнего.

3.6 Исходные данные, к примеру, расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной для закрытой системы теплоснабжения приведены в таблице [1](#).

Дополнительные исходные данные:

- топливо твердое; сжигание топлива - слоевое, поэтому отсутствует мазутное хозяйство, и в расчетах $D_{\text{маз}}$ принято равным 0; при камерном сжигании твердого топлива требуется мазут для растопки и подсветки факела. В этом случае и в случае использования мазута в качестве топлива (основного, резервного или аварийного) необходимо предусматривать мазутное хозяйство и учитывать в расчете расход пара на мазутное хозяйство;
- возврат конденсата от производственных потребителей под напором.

Для примера расчета тепловой схемы с учетом расхода теплоты на мазутное хозяйство для отопительно-производственной котельной с открытой системой теплоснабжения в качестве топлива принят мазут.

3.7 Исходные данные, к примеру, расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной для открытой системы теплоснабжения приведены в таблице [3](#).

Примеры расчетов тепловых схем для закрытых и открытых систем теплоснабжения даны, как наиболее сложные, с использованием качественного регулирования. При использовании количественного регулирования в расчетах тепловых схем следует:

- принимать температуру прямой и обратной сетевой воды на выходе из котельной и температуру обратной сетевой воды перед сетевыми насосами во всех расчетных режимах равной температуре при максимальном режиме.

3.8 В приведенных примерах (таблицы [2](#) и [4](#)) был принят, согласно заданию, температурный график сетевой воды $150-70^{\circ}\text{C}$. Расчетные формулы температуры наружного воздуха в точке излома, температуры прямой и обратной сетевой воды составлены для заданного температурного графика.

При температурном графике $130-70^{\circ}\text{C}$ указанные величины могут быть определены по следующим формулам или рисунку:

- температура наружного воздуха в точке излома

$$t_{н.изл} = t_{ев} - 0,418 \cdot (t_{ев} - t_{нр}) \quad (\text{рис. 3});$$

- температура прямой сетевой воды

$$t_1 = 18 + 64,5 \cdot K_{ое}^{0,8} + 47,5 \cdot K_{ое};$$

- температура обратной сетевой воды

$$t_2 = t_1 - 60 \cdot K_{ое}.$$

Для иного температурного графика температуру сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах при любой температуре наружного воздуха следует определять по формулам:

- в подающем трубопроводе

$$t_1 = t_{ев} + \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_{ев} \right) \cdot K_{ое}^{0,8} + \left(\Delta t_{\text{макс}} - \frac{\Delta t}{2} \right) \cdot K_{ое};$$

- в обратном трубопроводе

$$t_2 = t_{ев} + \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_{ев} \right) \cdot K_{ое}^{0,8} - \frac{\Delta t}{2} \cdot K_{ое},$$

где t_1 - расчетная температура в подающем трубопроводе тепловой сети при любой температуре наружного воздуха, °С;

t_2 - расчетная температура в обратном трубопроводе тепловой сети при любой температуре наружного воздуха, °С;

t_1 - расчетная температура в подающем трубопроводе местной системы, °С (95°С);

t_2 - расчетная температура в обратном трубопроводе местной системы, °С (70°С);

$t_{вн}$ - внутренняя температура помещения;

$K_{ов}$ - коэффициент снижения расхода тепла на отопление и вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха;

$\Delta t_{\text{макс}}$ - расчетный перепад температур в тепловой сети (150-70; 130-70; 115-70 и т.д.).

По полученным точкам строится температурный график.

Точкой излома температурного графика является точка, соответствующая температуре в подающем трубопроводе 70°С. По этой точке по температурному графику определяется температура наружного воздуха в точке излома ($t_{н.изл}$).

3.9 Максимальный часовой отпуск тепла на горячее водоснабжение промышленного предприятия совпадает со среднечасовым (коэффициент часовой неравномерности $K_{ч}$ согласно [СНиП 2.04.01](#)).

При отпуске тепла на горячее водоснабжение городов и населенных пунктов максимальный часовой расход принимается с коэффициентом 1,3 от среднечасового.

3.10 Для быстрого определения ряда расчетных величин рекомендуется использовать графики (приложение А, рисунки [1-5](#)).

Абсолютное значение величины расхода пара на деаэрацию питательной воды вычисляется по удельному расходу пара. Удельный расход пара определяется по графику (для закрытой системы теплоснабжения - рисунок [5](#), для открытых - рисунок [6](#)). График на рисунке [6](#) построен при коэффициенте непрерывной продувки $\Pi = 0$. На величину непрерывной продувки вводится поправка (см. рисунок [6 б](#)).

Удельные потери пара с выпаром из деаэратора приняты в примере 0,002 т на 1 т деаэрированной воды (по рекомендации ЦКТИ могут быть в пределах 0,002-0,004 т/т).

Приложение А

(обязательное)

Исходные данные и примеры расчета тепловых схем котельных

А.1 Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения приведены в таблице [А.1](#).

А.2 Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения приведен в таблице [А.2](#).

А.3 Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения приведены в таблице [А.3](#).

А.4 Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения приведен в таблице [А.4](#).

А.5 Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения приведена на рисунках [А.1](#) и [А.1 а](#).

А.6 Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения приведена на рисунке [А.2](#).

А.7 Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды определяется по графику на рисунке [А.3](#).

А.8 Коэффициент снижения расхода тепла на отопление и вентиляцию в степени 0,8 приведен на рисунке [А.4](#).

А.9 Удельный расход пара на деаэрактор питательной воды для закрытой системы теплоснабжения определяется по графикам на рисунках [А.5](#), [А.5 а](#) и [А.5 б](#).

А.10 Удельный расход пара на деаэрактор питательной воды для открытой системы теплоснабжения определяется по графикам на рисунках [А.6](#), [А.6 а](#), [А.6 б](#) и [А.6 в](#).

А.11 Выбор типа и количества работающих котлов в зависимости от суммарной паровой нагрузки котельной определяется по графику на рисунке [А.7](#).

Таблица А.1 - Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Расчетный режим				Летний	Примечание
			Максимальный зимний	При средней температуре наиболее холодного месяца	При температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды			
1 Расчетная температура наружного воздуха	<i>t_n</i>	°С	-39	-17,2	*	-	Согласно СНиП 23-01-99*	
2 Температура воздуха внутри отапливаемого помещения	<i>t_{вн}</i>	°С	20	20	20	20	Согласно ГОСТ 30494-96 , СанПиН 2.1.2-1002-00	

3	Максимальная температура прямой сетевой воды	t_{1max}	°С	150	-	-	-	Задается
4	Минимальная температура прямой сетевой воды в точке излома	$t_{1изл}$	°С	-	-	70	-	Задается
5	Максимальная температура обратной сетевой воды	t_{2max}	°С	70	-	-	-	Задается
6	Температура деаэрированной воды после деаэратора	T	°С	104	104	104	104	Из таблиц насыщения пара и воды при давлении 0,12 МПа
7	Энтальпия деаэрированной воды после деаэратора	i	кДж/кг	436,26	436,26	436,26	436,26	
8	Температура сырой воды на входе в котельную	T_1	°С	5	5	5	15	Принимается
9	Температура сырой воды перед химводоочисткой	T_3	°С	25	25	25	25	
10	Удельный объем воды в системе теплоснабжения в тоннах на 1 МВт суммарного отпуска тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение	$g_{сист}$	м ³ /МВт	30	30	30	30	Для промышленных предприятий
	Параметры пара, вырабатываем							

ого котлами
(до
редукционной
установки):

11	Давление	<i>P1</i>	МПа (кгс/см ²)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	
12	Температура	<i>t1</i>	°С	194,1	194,1	194,1	194,1	Из таблиц насыщенног о пара
13	Энтальпия	<i>i1</i>	кДж/кг	2787,6	2787,6	2787,6	2787,6	
Параметры пара после редукционной установки:								
14	Давление	<i>P2</i>	МПа (кгс/см ²)	0,7 (7)	0,7 (7)	0,7 (7)	0,7 (7)	
15	Температура	<i>t2</i>	°С	164,2	164,2	164,2	164,2	Из таблиц насыщенног о пара
16	Энтальпия	<i>i2</i>	кДж/кг	2762,9	2762,9	2762,9	2762,9	
Параметры пара, образующегос я в сепараторе непрерывной продувки:								
17	Давление	<i>P3</i>	МПа (кгс/см ²)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	
18	Температура	<i>t3</i>	°С	114,3	114,3	114,3	114,3	Из таблиц насыщенног о пара
19	Энтальпия	<i>i3</i>	кДж/кг	2697,6	2697,6	2697,6	2697,6	
Параметры пара, поступающего в охладитель выпара из деаэратора:								
20	Давление	<i>P4</i>	МПа (кгс/см ²)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	
21	Температура	<i>t4</i>	°С	104	104	104	104	Из таблиц насыщенног о пара
22	Энтальпия	<i>i4</i>	кДж/кг	2681,2	2681,2	2681,2	2681,2	
Параметры конденсата после охладителя выпара:								

23	Давление	P_4	МПа (кгс/см ²)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	
24	Температура	t_4	°С	104	104	104	104	Из таблиц насыщенного пара
25	Энтальпия	i_5	кДж/кг	436,3	436,3	436,3	436,3	
Параметры продувочной воды на входе в сепаратор непрерывной продувки:								
26	Давление	P_1	МПа (кгс/см ²)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	
27	Температура	t_1	°С	194,1	194,1	194,1	194,1	Из таблиц насыщенного пара
28	Энтальпия	i_7	кДж/кг	826	826	826	826	
Параметры продувочной воды на выходе из сепаратора непрерывной продувки:								
29	Давление	P_3	МПа (кгс/см ²)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	
30	Температура	t_3	°С	114,6	114,6	114,6	114,6	Из таблиц насыщенного пара
31	Энтальпия	i_8	кДж/кг	480,6	480,6	480,6	480,6	
32	Температура продувочной воды после охладителя продувочной воды	$t_{пр}$	°С	40	40	40	40	
33	Температура конденсата от блока подогревателя сетевой воды	$t_{к.б}$	°С	80	80	80	80	Принимается
34	Температура конденсата после	t_2	°С	164,2	164,2	164,2	164,2	Из таблиц насыщенного пара и воды при

пароводяного подогревателя сырой воды							давлении 0,7 МПа (7 кгс/см ²)
35 Энтальпия конденсата после пароводяного подогревателя сырой воды	<i>i_б</i>	кДж/кг	743,5	743,5	743,5	743,5	
36 Температура конденсата, возвращаемог о с производства	<i>t_{к.п}</i>	°С	80	80	80	80	Задается
37 Величина непрерывной продувки	<i>П</i>	%	5	5	5	9	Принимаетс я из расчета химводоочи стки
38 Удельные потери пара с выпаром из деаэраторов в тоннах на 1 т деаэрированн ой воды	<i>d_{вып}</i>	т/т	0,002	0,002	0,002	0,002	Принимаетс я по рекомендац иям ЦКТИ
39 Коэффициент собственных нужд химводоочист ки	<i>K_{хво}</i>	-	1,2	1,2	1,2	1,2	Принимаетс я из расчета химводоочи стки
40 Коэффициент внутрикотель ных потерь пара	<i>K_{пот}</i>	-	0,02	0,02	0,02	0,02	Принимаетс я
41 Максимальны й часовой отпуск тепла из котельной на отопление и вентиляцию	<i>Q_{ов макс}</i>	МВт	11,25	-	-	-	Задается
42 Среднечасово й отпуск тепла на горячее водоснабжени е за сутки	<i>Q_{г.с}</i>	МВт	1,25	-	-	-	Задается

наибольшего
водопотребле
ния

43 Часовой
отпуск пара

производствен ным	$D_{номр}$	т/ч	13,4	13,4	13,4	13,4	Задается
----------------------	------------	-----	------	------	------	------	----------

потребителям

44 Возврат
конденсата от

производствен ных	$G_{номр}$	т/ч	6,6	6,6	6,6	6,6	Задается
----------------------	------------	-----	-----	-----	-----	-----	----------

потребителей

45 Расход

пара на
мазутное
хозяйство **

$D_{маз}$	т/ч	-	-	-	-
-----------	-----	---	---	---	---

46 Удельная
теплоемкость

C	$\frac{кДж}{м^3 \cdot ^\circ C}$	4,186	4,186	4,186	4,186
-----	----------------------------------	-------	-------	-------	-------

воды

* Температура наружного воздуха в точке излома определяется расчетом (см. пункт 3.8) или графически (см. рисунок 3)

** Расход пара на мазутное хозяйство, учитывается только при работе котельной на мазуте

Таблица А.2 - Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Способ определения	Расчетная формула	Рисунок	Расчетный режим	
						Максимальный зимний	При температуре наружного воздуха в точке излома
						При средней температуре наиболее холодного месяца	При температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды
1	$t_{н.изл}$	$^\circ C$		$t_{гр} - K_{ог} \cdot (t_{гр} -$ Рис. -		20 -	Летний -

3	Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды								$0,363 \times (20 - (-39)) = -1,4$
2	Коэффициент снижения расхода тепла на отопление и вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха	K_{ov}	$-\frac{t_{ев} - t_n}{t_{ев} - t_{хв}}$	-	1				$\frac{20 - (-17,2)}{20 - (-39)} = \frac{20 - (-1,4)}{20 - (-39)} = 0,363$
3	Расчетный отпуск тепла на отопление и вентиляцию	$Q_{ов}$	МВт	$\frac{Q_{ов.макс} \cdot K}{ov}$	-	11,25			$11,25 \times 0,63 = 7,08$ $11,25 \times 0,363 = 4,1$
4	Значение коэффициента $K_{ов}^{0,8}$ в степени 0,8	$K_{ов}^{0,8}$	-	-	Рис. 4	1			0,69 0,45
5	Температура прямой сетевой воды на выходе из котельной	$t1$	°C	$t_{вн} + 62,5 \cdot K_{ов}^{0,8} + 67,5 K_{ов}$	-	150			$20 + 62,5 \cdot 0,69 + 67,5 \cdot 0,363 = 105$ 70 70
6	Температура	$t2$	°C	$t1 - 80 K_{ов}$	-	70			$105 - 80 \times 0,63 = 41$ $70 - 80 \times 0,363 = 41$

ура
обратной
сетевой
воды на
входе в
котельну
ю
7
Суммарн
ый отпуск
тепла на
отопление

50

41

8
вентиляц
ию и
горячее
водоснаб
жение в
зимних
режимах

$$Q_{T.зи} \text{ МВт} \quad Q_{2,с} + Q_{2,с}^P \quad - \quad 11,25 + 1,25 \quad 7,08 + 1,25 \quad 4,1 + 1,25 =$$

$$= 12,5 \quad = 8,33 \quad 5,35$$

8
Расчетны
й часовой
расход
сетевой
воды в
зимних
режимах

$$G_{сет} \text{ т/ч} \quad \frac{Q_{T.зим} \cdot 3600}{(t_1 - t_2) \cdot c} \quad - \quad \frac{12,5 \cdot 3600}{(150 - 70) \cdot 4,18} \quad \frac{8,33 \cdot 3600}{(105 - 50) \cdot 4,18} \quad \frac{5,35 \cdot 3600}{(70 - 41) \cdot 4,18} =$$

$$= 134,3 \quad = 130 \quad = 158,6$$

9
Средний
часовой
отпуск
тепла на
горячее
водоснаб
жение в
летнем
режиме

$$Q_{T.лет}^{\text{сред}} \text{ МВт} \quad Q_{2,с}^P \quad - \quad - \quad - \quad - \quad 1,25$$

10
Расчетны
й часовой
расход
сетевой
воды в
летнем
режиме

$$G_{сет} \text{ м}^3/\text{ч} \quad \frac{Q_{T.лет} \cdot 3600}{(t_{1лет} - t_{2лет}) \cdot c} \quad - \quad - \quad - \quad - \quad \frac{1,25 \cdot 3600}{(70 - 41) \cdot 4,18} =$$

$$= 37$$

11 Объем
сетевой
воды в
системе
теплоснаб

$$G_{сист} \text{ м}^3 \quad g_{сист} \cdot Q_{T.з} \quad - \quad 30 \cdot 12,5 = \quad 375 \quad 375 \quad 375$$

$$375$$

жения

12 Расход
подпиточ
ной воды

на восполне
ние

$G_{уп}$	м3/ч	$\frac{0,5}{100} \cdot G_{с.штм}$	-	$\frac{0,5}{100} \cdot 375 = 1,87$	1,87	1,87
----------	------	-----------------------------------	---	------------------------------------	------	------

утечек в
теплосети

13

Количество

во обратной
сетевой
воды

$G_{сет.обр}$	м3/ч	$G_{сет} - G_{уп}$	-	$134,3 - 1,87 = 132,4$	$130 - 1,87 = 128,1$	$158,6 - 1 = 156,7$	$37 - 1,87 = 35,1$
---------------	------	--------------------	---	------------------------	----------------------	---------------------	--------------------

14

Температ
ура
обратной
сетевой
воды

t_3	°C	$\frac{t_2 \cdot G_{сет.обр} + T}{G_{сет}}$	-	$\frac{70 \cdot 132,4 + 104}{134,3} = 70$	$\frac{50 \cdot 128,1 + 104}{130} = 51$	$\frac{41 \cdot 156,7 + 104}{158,6} = 42$	$\frac{41 \cdot 35,1 + 104}{37} = 44$
-------	----	---	---	---	---	---	---------------------------------------

перед
сетевыми
насосами

15 Расход

пара на
подогрева
тели
сетевой
воды

16

Количество

конденсат
а от

подогрева
телей
сетевой
воды

Gd	т/ч	Dd	-	21,5	14,3	9,2	2,03
------	-----	------	---	------	------	-----	------

17

Паровая
нагрузка
на

котельну
ю за

вычетом
расхода
пара на
деаэраци
ю и на
подогрев

D	т/ч	$D_{номр} + Dd + D_{маз}$	-	$13,4 + 21,5 + 0 = 35$	$13,4 + 14,3 + 0 = 27,3$	$13,4 + 9,2 + 0 = 22,6$	$13,4 + 2,03 + 0 = 15,43$
-----	-----	---------------------------	---	------------------------	--------------------------	-------------------------	---------------------------

сырой
 воды,
 умягчаем
 ой для
 питания
 котлов, а
 также без
 учета
 внутрикот
 ельных
 потерь

18

Количест
 во
 конденсат
 а от
 подогрева
 телей
 сетевой
 воды и с
 производс
 тва

G_k	т/ч	$G_d + G_{nomp}$	-	$21,5 + 6,6 = 28,1$	$14,3 + 6,6 = 21$	$9,2 + 6,6 = 15,8$	$2,03 + 6,6 = 8,62$
-------	-----	------------------	---	---------------------	-------------------	--------------------	---------------------

19

Количест
 во
 продувоч
 ной воды,
 поступаю
 щей в
 сепаратор
 непрерыв
 ной
 продувки

G_{np}^*	т/ч	$\frac{D}{100} \cdot D$	-	$\frac{5}{100} \cdot 35 = 1,75$	$\frac{5}{100} \cdot 27,7 = 1,3$	$\frac{5}{100} \cdot 22,6 = 1,1$	$\frac{9}{100} \cdot 15,43 = 1,4$
------------	-----	-------------------------	---	---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

20

Количест
 во пара на
 выходе из
 сепаратор
 а
 непрерыв
 ной
 продувки

D_{np}^*	т/ч	$0,148 \cdot G_{np}$	-	$0,148 \times 1,75 = 0,26$	$0,148 \times 1,38 = 0,2$	$0,148 \times 1,13 = 0,17$	$0,148 \times 1,4 = 0,2$
------------	-----	----------------------	---	----------------------------	---------------------------	----------------------------	--------------------------

21

Количест
 во
 продувоч
 ной воды
 на выходе
 из
 сепаратор
 а

G_{np}^*	т/ч	$G_{np} - D_{np}$	-	$1,75 - 0,26 = 1,5$	$1,38 - 0,2 = 1,18$	$1,13 - 0,17 = 0,96$	$1,4 - 0,2 = 1,2$
------------	-----	-------------------	---	---------------------	---------------------	----------------------	-------------------

непрерывной продувки									
22 Внутрикотельные потери пара	$D_{пот}$	т/ч	$0,02 \times D$	-	$0,02 \times 35 = 0,7$	$0,02 \times 27,7 = 0,55$	$0,02 \times 22,6 = 0,45$	$0,02 \times 15,43 = 0,3$	
23 Количество воды на выходе из деаэратора	$G_{д*}$	т/ч	$D + G'_{хв} + G_{ум}$	-	$35 + 1,75 + 1,87 = 38,6$	$27,7 + 1,38 + 1,87 = 31$	$22,6 + 1,13 + 1,87 = 25,6$	$15,43 + 1,4 + 1,87 = 18,7$	
24 Выпар из деаэратора	$D_{вып}$	т/ч	$d_{вып} \times G_{д}$	-	$0,002 \times 38,6 = 0,08$	$0,002 \times 31 = 0,06$	$0,002 \times 25,6 = 0,05$	$0,002 \times 18,7 = 0,04$	
25 Количество смягченной воды, поступающей в деаэратор	$G_{хво}$	т/ч	$(D_{пот} - G_{пот}) + G'_{хв} + D_{пот} + D_{вып} + G_{ум} + D_{маз}$	-	$(13,4 - 6,6) + 1,5 + 0,7 + 0,008 + 1,87 + 0 = 11$	$(13,4 - 6,6) + 1,18 + 0,55 + 0,06 + 1,87 + 0 = 10,5$	$(13,4 - 6,6) + 0,96 + 0,45 + 0,05 + 1,87 + 0 = 10,1$	$(13,4 - 6,6) + 1,2 + 0,3 + 0,04 + 1,89 + 0 = 10,2$	
26 Количество сырой воды поступающей на химводоочистку	$G_{с.в*}$	т/ч	$K_{хво} \cdot G_{хво}$	-	$1,2 \times 11 = 13,2$	$1,2 \times 10,5 = 12,6$	$1,2 \times 10,1 = 12,1$	$1,2 \times 10,2 = 12,2$	
27 Расход пар на подогрев сырой воды	$D_{с*}$	т/ч	$G_{с.в} \cdot \frac{c \cdot (T_3 - T)}{(t_2 - t_6) \cdot 0,1}$	-	$\frac{4,186 \cdot 25}{(2762,87 - 743)} \cdot 13,2 = 0,56$	$\frac{4,186 \cdot 25}{(2762,87 - 743)} \cdot 12,6 = 0,53$	$\frac{4,186 \cdot 25}{(2762,87 - 743)} \cdot 12,1 = 0,52$	$\frac{4,186 \cdot 25}{(2762,87 - 743)} \cdot 12,2 = 0,26$	
28 Количество конденсата, поступающего в деаэратор от	$G_{с*}$	т/ч	$D_{с}$	-	0,56	0,53	0,52	0,26	

подогрева
телей
сырой
воды,

29

Суммарн

ый вес

потоков

поступаю

щих в

деаэратор

(кроме

греющего

пара).

30 Доля

конденсат

а от

подогрева

телей

сетевой

воды и с

производ

ства в

суммарно

м весе

потоков

поступаю

щих в

деаэратор

31

Удельный

расход

пара на

деаэратор

32

Абсолютн

ый расход

пара на

деаэратор

33 Расход

пара на

деаэратор

питательн

ой воды и

на

подогрев

сырой

воды

34

Паровая

нагрузка

GS^*	т/ч	$G_k + G_{xvo} + G_c + D'_{xy} - D_{вып}$	-	$28,1 + 11 + 0,56 + 0,26 - 0,08 = 40$	$21 + 10,5 + 0,53 + 0,2 - 0,06 = 32,2$	$15,8 + 10,1 + 0,52 + 0,17 - 0,05 = 26,7$	$8,63 + 10,2 + 0,26 + 0,2 - 0,04 = 19,3$
$\frac{G_x}{G_{\Sigma}}$	-			$\frac{28,1}{40} = 0,7$	$\frac{21}{32,2} = 0,65$	$\frac{15,8}{26,7} = 0,6$	$\frac{8,63}{19,3} = 0,44$
$d\delta^*$	т/т	Рис. 5		0,06	0,071	0,069	$0,081 \times 1,03 = 0,08$
$D\delta^*$	т/ч	$d\delta \times GS$	-	$0,06 \times 40 = 2,4$	$0,071 \times 32,2 = 2,2$	$0,069 \times 26,7 = 1,84$	$0,08 \times 19,3 = 1,61$
$(D\delta + D_c)^*$	т/ч		-	$2,4 + 0,56 = 3$	$2,2 + 0,53 = 2,73$	$1,84 + 0,52 = 2,36$	$1,61 + 0,26 = 1,86$
$D' *$	т/ч	$D + (D\delta + D_c)$	-	$35 + 3 = 38$	$27,7 + 2,73 = 30,5$	$22,6 + 2,36 = 25$	$15,43 + 1,86 = 17,3$

на котельную без учета внутренних потерь

35

Внутрикотельные потери пара

$$D_{no} \text{ т/ч} \quad D' \cdot \frac{K_{ном}}{1 - K_{ном}} \quad - \quad 38 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,305 \quad 30,5 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,61 \quad 25 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,5 \quad 17,3 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,35$$

36

Суммарная паровая нагрузка на котельную

$$D_{сум} \text{ т/ч} \quad D' + D_{ном} \quad - \quad 38 + 0,78 = 38,78 \quad 30,5 + 0,61 = 31,11 \quad 25 + 0,5 = 25,5 \quad 17,3 + 0,35 = 17,65$$

на котельную

37

Количество продувочной воды, поступающей в сепаратор непрерывной продувки

$$G_{np} \text{ т/ч} \quad \frac{\Pi}{100} \cdot D_{сум} \quad - \quad \frac{5}{100} \cdot 38,78 = 1,94 \quad \frac{5}{100} \cdot 31,11 = 1,56 \quad \frac{5}{100} \cdot 25,2 = 1,26 \quad \frac{9}{100} \cdot 17,65 = 1,59$$

38

Количество пара на выходе из сепаратора

$$D_{np} \text{ т/ч} \quad G_{хр} \cdot \frac{(i_7 \cdot 0,98) \cdot i_3 - i_8}{i_3 - i_8} \quad - \quad \frac{(826 \cdot 0,98) \cdot 480 - 480}{2697,55 - 480} = 1,94 \cdot 0,29 = 0,57 \quad \frac{(826 \cdot 0,98) \cdot 480 - 480}{2697,55 - 480} = 1,56 \cdot 0,23 = 0,36 \quad \frac{(826 \cdot 0,98) \cdot 480 - 480}{2697,55 - 480} = 1,28 \cdot 0,2 = 0,26 \quad \frac{(826 \cdot 0,98) \cdot 480 - 480}{2697,55 - 480} = 1,6 \cdot 0,24 = 0,38$$

непрерывной продувки

39

Количество продувочной воды на выходе из сепаратора

$$G'_{хр} \text{ т/ч} \quad G_{np} - D_{np} \quad - \quad 1,94 - 0,29 = 1,65 \quad 1,56 - 0,23 = 1,33 \quad 1,28 - 0,2 = 1,08 \quad 1,6 - 0,24 = 1,36$$

непрерывной продувки

40	Количество воды на питание котлов	G_{ni}	т/ч	$D_{сум} + G_{np} -$	$38,78 + 1,94 = 40,72$	$31,11 + 1,56 = 32,67$	$25,5 + 1,28 = 26,78$	$17,65 + 1,6 = 19,25$
41	Количество воды на выходе из деаэратора	$G_{д}$	т/ч	$G_{ni} + G_{yt} -$	$40,72 + 1,87 = 42,6$	$32,67 + 1,87 = 34,5$	$26,78 + 1,87 = 28,8$	$19,25 + 1,87 = 21,4$
42	Выпар из деаэратора	$D_{вып}$	т/ч	$d_{вып} \times G_{д} -$	$0,002 \times 42,6 = 0,08$	$0,002 \times 34,5 = 0,07$	$0,002 \times 28,8 = 0,06$	$0,002 \times 21,4 = 0,04$
43	Количество смягченной воды, поступающей в деаэратор	$G_{хво}$	т/ч	$(D_{потр} - G_{потр}) + G'_{np} + D_{пот} + D_{вып} + G_{yt} + D_{маз} -$	$(13,4 - 6,6) + 1,65 + 0,78 + 1,87 + 11,2 = 21,55$	$(13,4 - 6,6) + 1,33 + 0,61 + 1,87 + 10,7 = 23,81$	$(13,4 - 6,6) + 1,08 + 0,06 + 1,87 + 10,3 = 20,13$	$(13,4 - 6,6) + 1,36 + 0,35 + 1,87 + 10,4 = 21,52$
44	Количество смягченной воды, поступающей на химводоочистку	$G_{с.в}$	т/ч	$K_{хво}^{св} \cdot G_{хво} -$	$1,2 \times 11,2 = 13,44$	$1,2 \times 10,7 = 12,8$	$1,2 \times 10,3 = 12,4$	$1,2 \times 10,4 = 12,5$
45	Расход пара на подогрев сырой воды	D_c	т/ч	$G_{с.в} \cdot \frac{T_3 - T_1}{(i_2 - i_6) \cdot 0,1} -$	$\frac{25-5}{(2762,87-743) \cdot 0,1} \cdot 13,44 = 0,136$	$\frac{25-5}{(2762,87-743) \cdot 0,1} \cdot 12,8 = 0,128$	$\frac{25-5}{(2762,87-743) \cdot 0,1} \cdot 12,4 = 0,124$	$\frac{25-5}{(2762,87-743) \cdot 0,1} \cdot 12,5 = 0,06$
46	Количество конденсата, поступающего в деаэратор от подогрева	G_c	т/ч	$D_c -$	0,136	0,128	0,124	0,06

теля сырой воды								
47								
Суммарн ый вес потоков, поступаю щих в деаэратор (кроме греющего пара)	G_S	т/ч	-					
					$G_k + G_{xvo}$	$G_c +$	$+ D_{np} +$	$D_{вып}$
					28,1 + 11 + 0,136 +	21 + 10,5 + 0,128 +	15,8 + 10,1 + 0,124 +	8,62 + 10,2 + 0,06 +
					+ 0,29 + 0,08 = 39,7	+ 0,23 + 0,06 = 32	+ 0,2 + 0,05 = 26,3	+ 0,24 + 0,04 = 19,2
48 Доля конденсат а от подогрева телей сетевой воды и с производс тва в суммарно м весе потоков, поступаю щих в деаэратор	$\frac{G_x}{G_\Sigma}$	т/ч	-					
					$\frac{G_x}{G_\Sigma}$			
					$\frac{28,1}{39,7} = 0,7$	$\frac{21}{32} = 0,65$	$\frac{15,8}{26,3} = 0,6$	$\frac{8,62}{19,2} = 0,44$
49								
Удельный расход пара на деаэратор	$d\delta$	т/т	-	Рис. 5	0,0615	0,067	0,07	$0,084 \times 1,03 = 0,086$
50								
Абсолютн ый расход пара на деаэратор	$D\delta$	т/ч	-					
					$0,0615 \times 39,7 = 2,44$	$0,067 \times 32 = 2,14$	$0,07 \times 26,3 = 1,84$	$0,086 \times 19,2 = 1,65$
51 Расход пара на деаэраци ю питательн ой воды и подогрев сырой воды	-	т/ч	-					
					$D\delta + D_c$			
					$2,44 + 0,136 = 2,58$	$2,14 + 0,128 = 2,27$	$1,84 + 0,124 = 2$	$1,65 + 0,06 = 1,71$
52								
Паровая нагрузка на	D'	т/ч	-					
					$D + (D\delta + D_c)$			
					$35 + 2,58 = 37,58$	$27,3 + 2,27 = 29,57$	$22,6 + 2 = 24,6$	$15,43 + 1,71 = 17,14$

котельную без учета внутрикотельных потерь

53

Суммарная паровая нагрузка на котельную

$$D_{\text{сум}} \text{ т/ч} \quad D' + D_{\text{ном}} - \quad 37,58 + 0,78 \quad 29,57 + 0,61 \quad 24,6 + 0,5 = 17,14 + 0,35 = 17,5$$

котельную

54

Процент расхода пара на собственные нужды котельной (деаэрация, подогрев сырой воды, разогрев мазута)

$$K_{\text{с.н}} \% \quad \frac{(D_d + D_c) + D_a}{D_{\text{сум}}} - \quad \frac{2,58 + 0}{38,36} \cdot 100 = \frac{2,27 + 0}{30,18} \cdot 100 = \frac{2 + 0}{25,1} \cdot 100 = 8 \quad \frac{1,71 + 0}{17,5} \cdot 100 =$$

55

Количество работающих паровых котлов

$N_{\text{к.раб}}$ шт.	Вариант 1			
	(котлы ДЕ-25-14)	Рис.	7	4
	2	2	2	1
	Вариант II			
	4	3	3	2

56

Процент загрузки работающих паровых котлов

$$K_{\text{заг}} \% \quad \frac{D_{\text{сум}}}{D_{\text{н.расч}} \cdot N_{\text{н.расч}}} - \quad \frac{38,36}{25 \cdot 2} \cdot 100 = 76 \quad \frac{30,18}{25 \cdot 2} \cdot 100 = 60 \quad \frac{25,1}{25 \cdot 2} \cdot 100 = 50 \quad \frac{17,5}{25 \cdot 1} \cdot 100 = 70$$

$$\frac{38,36}{10 \cdot 4} \cdot 100 = 96 \quad \frac{30,18}{10 \cdot 3} \cdot 100 = 100 \quad \frac{25,1}{10 \cdot 3} \cdot 100 = 83, \quad \frac{17,5}{10 \cdot 2} \cdot 100 = 87$$

57

Количество воды, пропускаемой помимо подогревателей сетевой

$$G_{\text{сет}} \text{ т/ч} \quad G_{\text{сет}} \frac{t_{\text{ЛАСЗНС}} - t_1}{t_{\text{ЛАСЗНС}} - t_3} - \quad 134,3 \frac{150 - 150}{150 - 70} \quad 130 \cdot \frac{150 - 105}{150 - 51} \quad 158,6 \cdot \frac{150 - 70}{150 - 42} \quad 37 \cdot \frac{150 - 70}{150 - 44} =$$

воды
(через
перемычку
у между
трубопро
водами
прямой и
обратной
сетевой
воды)

58

Количество
воды
пропускае
мой через
подогрева
тели
сырой
воды

G_{cem} т/ч

$G_{cem} - G_{cem.n}$

-

134,3

$130 - 59 = 71$

$158,6 - 117,5 = 41,1$

$37 - 28 = 9$

59

Температура
сетевой
воды на
входе в
пароводя
ные
подогрева
тели

t_4 °C

$$\frac{t_{1,2,3,4} \cdot (i_6 - t_{н.б.})}{i_2 - t_{н.б.}}$$

$$\frac{150 \cdot (743,46 - 80)}{2762,87 - 80} + \frac{70 \cdot (2762,87 - 80)}{2762,87 - 80} = 89,9$$

$$\frac{150 \cdot (743,46 - 80)}{2762,87 - 80} + \frac{51 \cdot (2762,87 - 80)}{2762,87 - 80} = 75,5$$

$$\frac{150 \cdot (743,46 - 80)}{2762,87 - 80} + \frac{42 \cdot (2762,87 - 80)}{2762,87 - 80} = 69,1$$

$$\frac{150 \cdot (743,46 - 80)}{2762,87 - 80} + \frac{44 \cdot (2762,87 - 80)}{2762,87 - 80} = 69,5$$

60

Температура
умягченн
ой воды
на выходе
из

T_4 °C

$$T_3 + \frac{G_{н.п.} \cdot (i_8 - t)}{G_{н.п.} \cdot c}$$

$$25 + \frac{1,94 \cdot (480)}{11,2 \cdot 4} \cdot 0,98 = 43,3$$

$$25 + \frac{1,56 \cdot (480)}{10,7 \cdot 4} \cdot 0,98 = 40$$

$$25 + \frac{1,28 \cdot (480)}{10,3 \cdot 4} \cdot 0,98 = 38$$

$$25 + \frac{1,6 \cdot (480)}{10,4 \cdot 4} \cdot 0,98 = 41$$

охладител
я
продувоч
ной воды

61

Температура
умягченн
ой воды,
поступаю
щей в
деаэрактор
из
охладител
я выпара

T_5 °C

$$T_4 + \frac{D'_{н.п.} \cdot (i_4 - t)}{G_{н.п.} \cdot c}$$

$$43,3 + \frac{0,26 \cdot (2681,22)}{11,2 \cdot 4} \cdot 0,98 = 56$$

$$40 + \frac{0,2 \cdot (2681,22)}{10,7 \cdot 4} \cdot 0,98 = 50$$

$$38 + \frac{0,17 \cdot (2681,22)}{10,3 \cdot 4} \cdot 0,98 = 47,5$$

$$41 + \frac{0,2 \cdot (2681,22)}{10,4 \cdot 4} \cdot 0,98 = 51,2$$

* предварительное значение

Таблица А.3 - Исходные данные для расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Расчетный режим			Летний	Примечание
			Максимальный зимний	При средней температуре наиболее холодного месяца	При температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды		
1 Расчетная температура наружного воздуха	$t_{н}$	°С	-28		-10,2	-	
2 Температура воздуха внутри отапливаемого помещения	$t_{вн}$	°С	20		20	20	Согласно ГОСТ 30494-96 , СанПиН 2.1.2-1002-00
3 Максимальная температура прямой сетевой воды	$t_{1макс}$	°С	150	-	-	-	Задается
4 Минимальная температура прямой сетевой воды в точке излома	$t_{1изл}$	°С	-	-	70	-	Задается
5 Максимальная	$t_{2макс}$	°С	70	-	-	-	Задается

температура обратной сетевой воды							
6 Температура деаэрированн ой воды после деаэратора	T	°С	104	104	104	104	Из таблиц насыщения пара и воды при давлении 0,12 МПа
7 Энтальпия деаэрированн ой воды после деаэратора	i	кДж/кг	436,26	436,26	436,26	436,26	
8 Температура подпиточной воды	t_3	°С	70	70	70	70	Принимаетс я
9 Температура сырой воды на входе в котельную	T_1	°С	5	5	5	15	
10 Температура сырой воды перед химводоочист кой	T_4	°С	25	25	25	25	Принимаетс я
11 Температура умягченной воды перед деаэратором подпиточной воды	T'_7	°С	94	94	94	94	Принимаетс я
12 Энтальпия умягченной воды перед деаэратором подпиточной воды	i'_7	кДж/кг	393,56	393,56	393,56	393,56	Из таблиц насыщенног о пара и воды
13 Расчетная температура горячей воды в местной системе горячего водоснабжени я	$t_{\text{в.г}}$	°С	70	70	70	70	Принимаетс я
14 Повышающий коэффициент на среднечасовой	a	-	5	5	5	5	Согласно СНиП 2.04.01-85*

расход воды на горячее водоснабжение за сутки наибольшего водопотребления							
15 Удельный объем воды в системе теплоснабжения в тоннах на 1 МВт суммарного отпуска тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение	<i>g_{сист}</i>	м ³ /МВт	43	43	43	43	Для городов и жилых районов
16 Удельная теплоемкость	<i>c</i>	кДж/м ³ × °С	4,186	4,186	4,186	4,186	
Параметры пара, вырабатываемого котлами (до редукиционной установки):							
17 Давление	<i>P1</i>	МПа (кгс/см ²)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	
18 Температура	<i>t1</i>	°С	194,1	194,1	194,1	194,1	Из таблиц насыщенного пара
19 Энтальпия	<i>i1</i>	кДж/кг	2787,6	2787,6	2787,6	2787,6	
Параметры пара после редукиционной установки:							
20 Давление	<i>P2</i>	МПа (кгс/см ²)	0,7(7)	0,7(7)	0,7(7)	0,7(7)	
21 Температура	<i>t2</i>	°С	164,2	164,2	164,2	164,2	Из таблиц насыщенного пара
22 Энтальпия	<i>i2</i>	кДж/кг	2762,9	2762,9	2762,9	2762,9	
Параметры пара, образующегося в сепараторе непрерывной							

продувки:

23 Давление	<i>P3</i>	МПа (кгс/см ²)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	
24 Температура	<i>t3</i>	°С	114,3	114,3	114,3	114,3	Из таблиц насыщенног
25 Энтальпия	<i>i3</i>	кДж/кг	2697,6	2697,6	2697,6	2697,6	о пара
Параметры пара, поступающего в охладитель выпара из деаэратора:							
26 Давление	<i>P4</i>	МПа (кгс/см ²)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	
27 Температура	<i>t4</i>	°С	104,2	104,2	104,2	104,2	Из таблиц насыщенног
28 Энтальпия	<i>i4</i>	кДж/кг	2681,2	2681,2	2681,2	2681,2	о пара
Параметры конденсата после охладителя выпара:							
29 Давление	<i>P4</i>	МПа (кгс/см ²)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	0,12(1,2)	
30 Температура	<i>t4</i>	°С	104,2	104,2	104,2	104,2	Из таблиц насыщенног
31 Энтальпия	<i>i5</i>	кДж/кг	436,3	436,3	436,3	436,3	о пара
Параметры продувочной воды на входе в сепаратор непрерывной продувки							
32 Давление	<i>P1</i>	МПа (кгс/см ²)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	1,4(14)	
33 Температура	<i>t1</i>	°С	194,1	194,1	194,1	194,1	Из таблиц насыщенног
34 Энтальпия	<i>i7</i>	кДж/кг	826	826	826	826	о пара
Параметры продувочной воды на выходе из сепаратора непрерывной продувки:							

35	Давление	P_3	МПа (кгс/см ²)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	
36	Температура	t_3	°С	114,6	114,6	114,6	114,6	Из таблиц насыщенног о пара
37	Энтальпия	i_8	кДж/кг	480,6	480,6	480,6	480,6	
38	Температура продувочной воды после охладителя продувочной воды	t_{np}	°С	40	40	40	40	Принимаетс я
39	Температура конденсата от блока подогревателе й сетевой воды	$t_{к.б}$	°С	80	80	80	80	Принимаетс я
40	Температура конденсата после пароводяных подогревателе й сырой и умягченной воды	t_2	°С	164,2	164,2	164,2	164,2	Из таблиц насыщенног о пара и воды при давлении 0,7 МПа (7 кгс/см ²)
41	Энтальпия конденсата после пароводяного подогревателя сырой воды	i_6	кДж/кг	743,5	743,5	743,5	743,5	
42	Температура конденсата, возвращаеmog о с производства	$t_{к.п}$	°С	80	80	80	80	Принимаетс я
43	Температура конденсата после охлаждения в водоводяном подогревателе сырой воды	$t_{э.к}$	°С	80	80	80	80	Принимаетс я
44	Энтальпия	$i_э$	кДж/кг	335	335	335	335	Из таблиц

конденсата при температуре 80 °С								насыщенного пара и воды
45 Величина непрерывной продувки	P	%	3,5	3,5	3,5	7		Принимается из расчета химводоочистки
46 Удельные потери пара с выпаром из деаэраторов в тоннах на 1 т деаэрированной воды	$d_{вып}$	т/т	0,002	0,002	0,002	0,002		Принимается по рекомендациям ЦКТИ
47 Коэффициент собственных нужд химводоочистки	$K_{хво}$	-	1,2	1,2	1,2	1,2		Принимается из расчета химводоочистки
48 Коэффициент внутрикотельных потерь пара	$K_{пот}$	-	0,02	0,02	0,02	0,02		Принимается
49 Максимальный часовой отпуск тепла из котельной на отопление и вентиляцию	$Q_{ов макс}$	МВт	28,27	-	-	-		Задается
50 Среднечасовой отпуск тепла на горячее водоснабжение за сутки наибольшего водопотребления	$Q_{гв}$	МВт	2,76	-	-	-		Задается
51 Часовой отпуск пара производственным потребителям	$D_{потр}$	т/ч	18,35	18,35	18,35	10,6		Задается
52 Возврат конденсата от	$G_{потр}$	т/ч	10,85	10,85	10,85	5,47		Задается

производственных потребителей								
53 Расход пара на мазутное хозяйство	$D_{маз}$	т/ч	1	1	1	1	1	Из расчета мазутного хозяйства
54 Коэффициент, учитывающий снижение расхода воды на горячее водоснабжение в летнее время	b	-	-	-	-	-	0,65	Принимается
55 Коэффициент часовой неравномерности расхода тепла на горячее водоснабжение за сутки наибольшего водопотребления для городов и населенных пунктов	$Kч$	-	2	2	2	2	2	Принимается в соответствии с СНиП 2.04.01

Таблица А.4 - Пример расчета тепловой схемы отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Способ определения	Расчетный режим		При средней температуре наиболее холодного месяца	При температуре наружного воздуха в точке излома температур	Летний
				Расчетная формула	Рисунки			
					Максимальный зимний			

1	Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды	$t_{н.изл}$	$^{\circ}\text{C}$	$t_{вн} - K_{ов} \times (t_{вн} - t_{нр})$	Ри с. 3	-	20 - 0,452 × (20 - (-28)) = -1,7	ного графика сетевой воды
2	Коэффициент снижения расхода тепла на отопление и вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха	$K_{ов}$	-	$\frac{t_{ев} - t_{н}}{t_{ев} - t_{нр}}$	- 1		$\frac{20 - (-10,2)}{20 - (-28)} = \frac{20 - (-1,7)}{20 - (-28)} = 0, -$	
3	Расчетный отпуск тепла на отопление и вентиляцию	$Q_{ов}$	МВт	$Q_{ов.макс} \times K_{ов}$	- 28,27		$28,27 \times 0,629 = 17,78$ $28,27 \times 0,452 = 12,78$	
4	Значение коэффициента $K_{ов}^{0,8}$ в степени 0,8	$K_{ов}^{0,8}$	-	-	Ри с. 4	1	0,69	-
5	Температура прямой сетевой воды на	t_1	$^{\circ}\text{C}$	$t_{ев} + 64,5 K_{ов}^{0,8}$	+ 150		$20 + 64,5 \times 0,69 + 67,5 \times 0,629 = 107$	70 70

выходе из котельной

6

Температура

ра

обратной

сетевой

воды на

входе в

котельную

ю

7

Суммарный

отпуск

тепла на

отопление

и вентиляции

горячее водоснабжение

в зимних режимах

8

Расчетный

часовой

расход

сетевой

воды в

зимних

режимах

9

Расчетный

средний

часовой

расход

сетевой

воды в

летнем

режиме

10

Расчетный

максимальный

расход

тепла на

горячее

водоснабжение

$$t_2 \quad ^\circ\text{C} \quad t_1 - 80\text{Kов} - 70 \quad 107 - 80 \times 0,69 = 51,75 \quad 70 - 80 \times 0,452 = 33,84$$

$$Q_{T.zi} \text{ МВт} \quad Q_{o.e} + Q_{z.e}^{of} - 28,27 + 2,76 = 31,03 \quad 17,78 + 2,76 = 20,54 \quad 12,78 + 2,76 = 15,54$$

$$G_{сет.zim} \text{ Т/ч} \quad \frac{Q_{o.e.зим} \cdot 10^3 \cdot 0,8}{(t_{1.зим} - t_{2.зим})} + \frac{Q_{z.e}^{of} \cdot 10^3 \cdot 0,8}{t_{z.e} - T_1^{зим}} \quad \frac{28,27 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{(150 - 70)} + \frac{2,76 \cdot 10^3}{(70 - 5)} \quad \frac{2,04 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{(70 - 5)} \cdot \frac{(70 - 51,75) \cdot 0,8}{107 - 51,75} + \frac{2,76 \cdot 10^3}{(70 - 5)} \cdot \frac{(70 - 33,84) \cdot 0,8}{70 - 33,84} = 304 + 9,3 = 31 \quad = 304 + 42,46 =$$

$$G_{сет.лет} \quad \frac{\beta \cdot Q_{z.e}^{of} \cdot 10^3 \cdot 0,8}{t_{z.e} - T_1^{зим}} - - - - \frac{0,65 \cdot 2,76 \cdot 10^3}{70 - 5} = 23,74$$

$$Q_{z.e}^{max} \text{ МВт} \quad K_Q \cdot Q_{z.e}^{of} - 2 \times 2,76 = 5,52 \quad 2 \times 2,76 = 5,52 \quad 2 \times 2,76 = 5,52 \quad 2 \times 2,76 = 5,52$$

11	Максимальный часовой расход сетевой воды в летнем режиме	$G_{сет.лет}^{Макс}$ Т/ч	$\frac{K_q \cdot \beta \cdot Q_{2.э}^{эф} \cdot 10^3}{t_{2.э} - T_1^{зим}}$	-	-	-	$\frac{2 \cdot 0,65 \cdot 2,76 \cdot 10^3}{70 - 5}$ = 47,47
12	Объем сетевой воды в системе теплоснабжения	$G_{сист}$ т	$g_{сист} \times QT.з$	43 × 31,03 = 1334	1334	1334	1334
13	Расход подпиточной воды на восполнение утечек в теплосети	$G_{ут}$ т/ч	$\frac{0,5}{100} \cdot G_{сист}$	$\frac{0,5}{100} \cdot 1334 = 6,67$	6,67	6,67	6,67
14	Максимальный часовой расход подпиточной воды в зимнем режиме (для выбора подпиточных насосов)	$G_{подп.зим}^{Макс}$ Т/ч	$\frac{Q_{2.э}^{Макс} \cdot 10^3 \cdot 0,86}{t_{2.э} - T_1^{зим}}$	$\frac{5,52 \cdot 10^3 \cdot 0,86}{70 - 5} = 79,7$	79,7	79,7	-
15	Расчетный среднечасовой расход подпиточной воды в зимнем режиме	$G_{подп.зим}^{ср}$ Т/ч	$\frac{Q_{2.э}^{ср} \cdot 10^3 \cdot 0,86}{t_{2.э} - T_1^{зим}}$	$\frac{2,76 \cdot 10^3 \cdot 0,86}{70 - 5} = 43,18$	43,18	43,18	-
16	Количество обратной	$G_{сет.обр}$ Т/ч	$G_{сет} - G_{подп.зим}^{ср}$	304 - 43,18 = 260,82	319,38 - 3,18 = 276,2	346,46 - 3,18 = 303,3	-

сетевой воды 17 Температу ра обратной сетевой воды перед сетевыми насосами 18 Количество воды на выходе из деаэратор а подпиточ ной воды 19 Расчетная емкостнос ть баков аккумулят оров 20 Расход пара на подогрева тели сетевой воды 21 Количество конденсат а от подогрева телей сетевой воды 22 Выпар из деаэратор а подпиточ ной воды 23 Расход пара на деаэратор подпиточ ной воды	t_4	$^{\circ}\text{C}$	$\frac{t_2 \cdot G_{\text{сет.обгп}} + t_3}{G_{\text{сет}}}$	70	$\frac{51,75 \cdot 276,2 + 70}{319,38}$ = 54,21	$\frac{33,84 \cdot 303,28 + 70}{346,46}$ = 38,35		
	G_d	т/ч	$G_{\text{водн}}^{\text{ср}}$	- 43,18	43,18	43,18	43,18	
	$V_{\text{ак}}$	т	$\frac{5 \cdot Q_{2,е}^{\text{ср}}}{t_{2,е} - T_1^{\text{зам}}}$	$\frac{5 \cdot 2,76 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{70 - 5}$ = 182,58	182,58	182,58	182,58	
	D_d	т/ч	$G_{\text{сет}} \cdot \frac{c \cdot (t_1 - t_2)}{(i_2 - i_6) \cdot 0}$	$304 \cdot \frac{4,186 \cdot (150 - 70)}{(2762,87 - 335)}$ = 42,8	$319,38 \cdot \frac{4,186 \cdot (100 - 70)}{(2762,87 - 335)}$ = 29,64	$346,46 \cdot \frac{4,186 \cdot (70 - 70)}{(2762,87 - 335)}$ = 19,23		
	G_d	т/ч	D_d	- 42,8	29,64	19,23	-	
	$D'_{\text{эзм}}$	т/ч	$\alpha'_{\text{эзм}} \cdot G'_d$	$0,002 \times 43,18$ = 0,09	0,09	0,09	0,09	
	D'_d	т/ч	$\frac{C'_d \cdot (i' - i'_7)}{(i_2 - i'_7) \cdot 0,98} + \frac{D'_{\text{эзм}} \cdot (i_4 - i'_7)}{(i_2 - i'_7) \cdot 0,98}$	$\frac{43,18 \cdot (436,6 - 393,56) + 0,09 \cdot (2681,22 - 393,56)}{(2762,82 - 393,56) \cdot 0,98} = 0,88$				

24 Расход умягченной воды поступающей в деаэрактор подпиточной воды	$G'_{\text{хвд}}$	т/ч	$G'_d + D'_{\text{взм}} - D'_d -$	$43,18 + 0,09 - 0,88 = 42,39$	42,39	42,39
25 Расход сырой воды, соответствующий расходу $G'_{\text{вд}}$	$G'_{\text{св}}$	т/ч	$K'_{\text{хвд}} \cdot G'_{\text{хвд}} -$	$1,2 \times 42,39 = 50,87$	50,87	50,87
26 Расход пара на нагрев сырой воды $G'_{\text{хд}}$	D_c	т/ч	$G'_{\text{св}} \cdot \frac{c \cdot (T_4 - T_2 - i_{\text{к}}) \cdot 0,1}{(i_2 - i_{\text{к}}) \cdot 0,1} -$	$\frac{4,186 \cdot (25 - (2762,87 - 335) \cdot 50,87 = 1,55$	1,55	$\frac{4,186 \cdot (25 - (2762,87 - 335) \cdot 50,87 = 0,89$
27 Температура умягченной воды за охладителем деаэрированной воды	T'_5	°C	$T_4 + \frac{G'_d}{G'_{\text{хвд}}} \cdot (T -$	$25 + \frac{43,18}{42,39} \cdot (10 - 0,98 = 59,63$	59,63	59,63
28 Температура умягченной воды за пароводяным подогревателем к деаэрактору подпиточной воды	T'_6	°C	$T'_7 - \frac{D'_{\text{взм}} \cdot (i_4 -}{G'_{\text{хвд}}} -$	$94 - \frac{0,09(2681,22)}{42,39} = 92,9$	92,9	92,9
29 Расход пара на пароводяной подогреватель умягченной	D_y	т/ч	$G'_{\text{хвд}} \cdot \frac{(T'_6 - T'_5)}{(i_2 - i_6) \cdot 0,1} -$	$\frac{(92,9 - 59,63)}{(2762,87 - 743) \cdot 42,39} = 2,98$	2,98	2,98

й воды к
деаэратор
у
подпиточ
ной воды
30 Расход
пара на
установку
горячего
водоснаб
жения

$$D_{г.в} \text{ т/ч} \quad D'_y + D_y + D'_c \quad - \quad 0,88 + 2,98 + 1,55 = 5,41 \quad 5,41 \quad 0,88 + 2,98 + 0,89 = 4,75$$

31
Паровая
нагрузка
на
котельну
ю за
вычетом
расхода
пара на
деаэраци
ю

$$D \text{ т/ч} \quad D_{номр} + D_б + D_{г.в} + D_{маз} \quad - \quad 18,35 + 42,8 + 5,4 + 1 = 67,56 \quad 18,35 + 29,64 + 1 = 54,4 \quad 18,35 + 19,23 + 5,41 + 1 = 43,99 \quad 10,6 + 0 + 4,75 + 1 = 16,35$$

питательн
ой воды и
на
подогрев
сырой
воды,
умягчаемо
й для
питания
котлов, а
также без
учета
внутрикот
ельных
потерь

32
Количеств
о
конденсат
а от

$$G_k \text{ т/ч} \quad G_d + G_{номр} \quad - \quad 42,8 + 10,85 = 53,65 \quad 29,64 + 10,85 = 40,49 \quad 15,23 + 10,85 = 30,08 \quad 5,47$$

подогрева
телей
сетевой
воды и с
производс
тва

33
Количеств
о

$$G_{хр}^* \text{ т/ч} \quad \frac{\Pi}{100} \cdot D \quad - \quad \frac{3,5}{100} \cdot 67,56 = 2,4 \quad \frac{3,5}{100} \cdot 54,4 = 1,9 \quad \frac{3,5}{100} \cdot 43,99 = 1,5 \quad \frac{7}{100} \cdot 16,35 = 1,1$$

продувочной воды, поступающей в сепаратор непрерывной продувки

34 Количество пара на выходе из сепаратора

$$D_{\text{нпр}}^* \quad \text{т/ч} \quad \frac{G_{\text{нпр}} \cdot (i_7 - i_8)}{i_3 - i_8} - \frac{2,36 \cdot (826 - 480)}{2697,55 - 480} = 1,9 \times 0,156 = 0,3$$

непрерывной продувки

35

Количество продувочной воды на выходе из сепаратора

$$G_{\text{нпр}}^* \quad \text{т/ч} \quad G_{\text{нпр}} - D_{\text{нпр}} - 2,36 - 0,37 = 1,9 - 0,3 = 1,54$$

непрерывной продувки

36

Внутрикотельные потери пара

$$D_{\text{вотж}}^* \quad \text{т/ч} \quad 0,02 \times D - 0,02 \times 67,56 = 1,35$$

пара

37

Количество воды на питание котлов (на выходе из деаэратора

$$G_{\text{пит}}^* \quad \text{т/ч} \quad D + G_{\text{нпр}} - 67,56 + 2,36 = 69,92$$

питательной воды)

38 Выпар из деаэратора

$$D_{\text{вып}}^* \quad \text{т/ч} \quad d_{\text{вып}} \times G_{\text{пит}} - 0,002 \times 69,62 = 0,14$$

питательной воды

39

Количество

о

умягченной
воды,
поступаю-
щей в
деаэрактор
питательной
воды

$G_{\text{хво}}^*$

т/ч

$$(D_{\text{подгр}} - G_{\text{подгр}}) + G_{\text{хр}}' + D_{\text{лсм}} + I + D_{\text{д}}' + D_{\text{лвз}}$$

(18,35 - 10,85) + 1,99 + 0,14 + 1 = 12,86	(18,35 - 10,85) + 1,6 + 1,35 + 0,88 + 1 = 12,18	(18,35 - 10,85) + 1,3 + 0,88 + 0,09 + 0,88 + 1 = 11,65	(10,6 - 5,47) + 0,96 + 0,33 + 0,035 + 0,88 + 1 = 8,34
---	---	--	---

40

Количество

о сырой

воды,
соответст-
вующее
расходу
 $G_{\text{хво}}$

$G_{\text{с.с}}^*$

т/ч

$$K_{\text{хво}}^{\text{ср}} \cdot G_{\text{хво}} -$$

$1,2 \times 12,86 = 15,43$	$1,2 \times 12,18 = 14,62$	$1,2 \times 11,65 = 13,98$	$1,2 \times 8,34 = 10$
----------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------

41 Расход

пара на
подогрев
сырой
воды

D_c^*

т/ч

$$G_{\text{с.с}} \cdot \frac{c \cdot (T_4 - T_2 - t_{\text{н}}) \cdot 0, -$$

$\frac{4,186 \cdot (25 - 15,43) \cdot 0,54}{(2762,87 - 335)} = 0,54$	$\frac{4,186 \cdot (25 - 14,62) \cdot 0,51}{(2762,87 - 335)} = 0,51$	$\frac{4,186 \cdot (25 - 13,98) \cdot 0,49}{(2762,87 - 335)} = 0,49$	$\frac{4,186 \cdot (25 - 10) \cdot 0,18}{(2762,87 - 335)} = 0,18$
--	--	--	---

42

Количество

о

конденсат
а от
подогрева
телей
сырой и
умягченной
воды,
поступаю-
щего в
деаэрактор
питьевой
воды

$G_{\text{с.у}}^*$

т/ч

$$G_c + G_c^* + G_y$$

(соответств-
енно
расходам
пара

$$D_c, D_c', D_y)$$

$0,54 + 1,55 + 2,98 = 5,07$	$0,513 + 1,55 + 2,98 = 5,04$	$0,49 + 1,55 + 2,98 = 5,02$	$0,18 + 0,88 + 2,98 = 4,04$
-----------------------------	------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

43

Суммарный

вес

потоков

поступаю-
щих в
деаэрактор
питательной
воды

G_{Σ}^*

т/ч

$$G_k + G_{\text{хво}} + G_{\text{с.у}} + D_{\text{пр}} - D_{\text{вып}}$$

$53,65 + 12,86 + 5,07 + 0,37 - 0,14 = 71,81$	$40,49 + 12,18 + 5,04 + 0,3 - 0,11 = 57,9$	$30,08 + 11,65 + 5,02 + 0,24 - 0,09 = 46,9$	$5,47 + 8,34 + 4,04 + 0,18 - 0,035 = 18,09$
--	--	---	---

(кроме
греющего
пара)

44 Доля конденсата от подогревателей сетевой воды и с производства в суммарном весе потоков поступающих в деаэрационную питательной воды	-	-	$\frac{G_x^*}{G_\Sigma}$	-	$\frac{53,65}{71,81} = 0,75$	$\frac{40,49}{57,9} = 0,7$	$\frac{30,08}{46,9} = 0,64$	$\frac{5,47}{18,09} = 0,3$
45 Отношение количества умягченной воды, поступающей в деаэрационную подпиточной воды, к количеству умягченной воды, поступающему в деаэрационную питательной воды			$\frac{G'_{\text{кв}}}{G_{\text{кв}}}$	-	$\frac{42,39}{12,86} = 3,3$	$\frac{42,39}{12,18} = 3,48$	$\frac{42,39}{11,65} = 3,64$	$\frac{42,39}{8,34} = 5,08$
46 Удельный расход пара на деаэрационную питательной воды	d_p^*	т/т	-	$R_{и с. 6}$	$0,07 \times 0,88 = 0,061$	$0,071 \times 0,88 = 0,062$	$0,073 \times 0,88 = 0,064$	$0,098 \times 0,88 = 0,086$
47 Абсолютный расход пара на деаэрационную	D_p^*	т/ч	$d_p \times GS$	-	$0,061 \times 71,81 = 4,38$	$0,062 \times 57,9 = 3,59$	$0,064 \times 46,9 = 3,0$	$0,86 \times 18,09 = 1,55$

48 Расход пара на деаэрактор питательной воды и на подогрев сырой воды	-	т/ч	$(D\delta + Dc)^*$	-	$4,38 + 0,54 = 4,92$	$3,59 + 0,51 = 4,1$	$3 + 0,49 = 3,49$	$1,55 + 0,18 = 1,73$
49 Паровая нагрузка на котельную без учета внутри котельных потерь		т/ч	$D + (D\delta + Dc)$	-	$67,56 + 4,92 = 72,48$	$54,4 + 4,1 = 58,5$	$43,99 + 3,49 = 47,48$	$16,35 + 1,73 = 18,1$
50 Внутрикотельные потери пара		т/ч	$D' \cdot \frac{K_{\text{кот}}}{1 - K_{\text{кот}}}$	-	$72,48 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 1,45$	$58,5 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 1,17$	$47,48 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,95$	$18,1 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,36$
51 Суммарная паровая нагрузка на котельную		т/ч	$D' + D_{\text{кот}}^*$	-	$72,48 + 1,45 = 73,93$	$58,5 + 1,17 = 59,67$	$47,48 + 0,95 = 48,43$	$18,1 + 0,36 = 18,46$
52 Количество продувочной воды поступающей в сепаратор непрерывной продувки		т/ч	$\frac{D}{100} \cdot D_{\text{сум}}$	-	$\frac{3,5}{100} \cdot 73,93 = 2,59$	$\frac{3,5}{100} \cdot 59,67 = 2,1$	$\frac{3,5}{100} \cdot 48,43 = 1,7$	$\frac{7}{100} \cdot 18,46 = 1,3$
53 Количество пара на выходе из сепаратора непрерывной продувки		т/ч	$G_{\text{пр}} \cdot \frac{i_7 \cdot 0,98 - i_4}{i_3 - i_8}$	-	$\frac{826 \cdot 0,98 - 480}{2697,55 - 480} \cdot 2,59 = 0,38$	$\frac{826 \cdot 0,98 - 480}{2697,55 - 480} \cdot 2,1 = 0,31$	$\frac{826 \cdot 0,98 - 480}{2697,55 - 480} \cdot 1,7 = 0,25$	$\frac{826 \cdot 0,98 - 480}{2697,55 - 480} \cdot 1,3 = 0,2$

54

Количество

о

продувочной

воды

на выходе

из

сепаратора

а

непрерывной

продувки

55

Количество

о воды на

питание

котлов (на

выходе из

деаэратора

а

питательной

воды)

56

Выпар

из

деаэратора

а

питательной

воды

57

Количество

о

умягченной

воды,

поступающей

в

деаэратор

питательной

воды

58

Количество

о воды

соответствующее

расходу

$G_{хво}$

59

Расход

пара для

подогрева

сырой

воды $G_{с.в}$

$$G_{хв}^f \text{ т/ч} \quad G_{np} - D_{np} \quad - \quad \begin{array}{l} 2,59 - 0,38 = \\ 2,21 \end{array} \quad \begin{array}{l} 2,1 - 0,31 = \\ 1,79 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1,7 - 0,25 = \\ 1,45 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1,33 - 0,2 = \\ 1,13 \end{array}$$

$$G_{num} \text{ т/ч} \quad D_{сум} + G_{np} \quad - \quad \begin{array}{l} 73,93 + 2,59 \\ = 76,52 \end{array} \quad \begin{array}{l} 59,67 + 2,1 \\ = 61,77 \end{array} \quad \begin{array}{l} 48,43 + 1,7 \\ = 50,13 \end{array} \quad \begin{array}{l} 18,46 + \\ 1,33 = \\ 19,79 \end{array}$$

$$D_{вып} \text{ т/ч} \quad d_{вып} \times G_d \quad - \quad \begin{array}{l} 0,002 \times 76,52 \\ = 0,15 \end{array} \quad \begin{array}{l} 0,002 \times 61,77 \\ = 0,12 \end{array} \quad \begin{array}{l} 0,002 \times 50,13 \\ = 0,1 \end{array} \quad \begin{array}{l} 0,002 \times 19,7 \\ 9 = 0,04 \end{array}$$

$$G_{хво} \text{ т/ч} \quad \begin{array}{l} (D_{потр} + \\ G_{потр}) + \\ G_{хв}^f + D_{пот} + \\ D_{д}^f + D_{маз} \end{array} \quad - \quad \begin{array}{l} (18,35 - \\ 10,85) + \\ 2,21 + 1,45 + \\ 0,15 + 0,88 + \\ 1 = 13,2 \end{array} \quad \begin{array}{l} (18,35 - \\ 10,85) + \\ 1,79 + 1,17 \\ + 0,12 + \\ 0,88 + 1 = \\ 12,4 \end{array} \quad \begin{array}{l} (18,35 - \\ 10,85) + \\ 1,45 + 0,95 \\ + 0,1 + 0,88 \\ + 1 = 11,9 \end{array} \quad \begin{array}{l} (10,6 - \\ 5,47) + 1,13 \\ + 0,33 + \\ 0,04 + 0,88 \\ + 1 = 8,6 \end{array}$$

$$G_{с.в} \text{ т/ч} \quad K_{хво}^{св} \cdot G_{хво} \quad - \quad \begin{array}{l} 1,2 \times 13,2 = \\ 15,85 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1,2 \times 12,4 = \\ 14,9 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1,2 \times 11,9 = \\ 14,3 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1,2 \times 8,6 = \\ 10,3 \end{array}$$

$$D_c \text{ т/ч} \quad G_{с.в} \cdot \frac{(T_4 - T_1)}{(t_2 - t_w) \cdot 0,} \quad - \quad \frac{(25 - 5) \cdot 4,1}{(2762,87 - 335)} \quad \frac{(25 - 5) \cdot 4,1}{(2762,87 - 335)} \quad \frac{(25 - 5) \cdot 4,1}{(2762,87 - 335)} \quad \frac{(25 - 5) \cdot 4,1}{(2762,87 - 335)}$$

$$\begin{array}{l} 15,85 = 0,56 \\ 14,9 = 0,52 \\ 14,3 = 0,5 \\ 10,3 = 0,18 \end{array}$$

60	Количество конденсата от подогревателей сырой и умягченной воды, поступающей в деаэрационную питательную воду	$G_c + G'_c + G_y$	(соответственно расходам пара	-	$0,56 + 1,55 + 2,98 = 5,09$	$0,52 + 1,55 + 2,98 = 5,05$	$0,5 + 1,55 + 2,98 = 5,03$	$0,18 + 0,88 + 2,98 = 4,04$
61	Суммарный вес потоков, поступающих в деаэрационную питательную воду (кроме греющего пара)	G_S	$G_k + G_{xво} + G_c + D_{np} + D_{вып}$	-	$53,65 + 13,2 + 5,09 + 0,37 + 0,15 = 72,5$	$40,49 + 12,4 + 5,05 + 0,3 + 0,12 = 58,4$	$30,08 + 11,9 + 5,03 + 0,24 + 0,19 = 47,4$	$5,47 + 8,6 + 4,04 + 0,18 + 0,04 = 18,33$
62	Доля конденсата от подогревателей сетевой воды и с производства суммарно в весе потоков, поступающих в деаэрационную питательную воду	-	$\frac{G_x}{G_\Sigma}$	-	$\frac{53,65}{72,5} = 0,74$	$\frac{40,49}{58,4} = 0,7$	$\frac{30,08}{47,4} = 0,63$	$\frac{5,47}{18,33} = 0,3$
63	Отношение количества умягченной воды,	-	$\frac{G'_{xво}}{G_{xво}}$	-	$\frac{42,39}{13,2} = 3,2$	$\frac{42,39}{12,4} = 3,41$	$\frac{42,39}{11,9} = 3,56$	$\frac{42,39}{8,6} = 4,9$

поступаю
щей в
деаэратор
подпиточ
ной воды,
к
количеств
у
умягченно
й воды,
поступаю
щей в
деаэратор
питательн
ой воды

64

Удельный
расход
пара на
деаэратор
питательн
ой воды

$d\delta$	т/т	-	$R_{и}$	$0,064 \cdot 0,88 =$	$0,07 \cdot 0,88 =$	$0,08 \cdot 0,88 =$	$0,09 \cdot 0,88 =$
			с.	0,056	0,062	0,07	0,075
			6				

65

Абсолютн
ый расход
пара на
деаэратор
питательн
ой воды

$D\delta$	т/ч	$d\delta \times GS$	-	$0,056 \cdot 72,5 =$	$0,062 \cdot 58,4 =$	$0,07 \cdot 47,4 =$	$0,075 \cdot 18,33 =$
				4,06	3,6	3,46	1,37

66 Расход
пара на
деаэраци
ю
питательн
ой воды и
подогрев
сырой
воды

-	т/ч	$D\delta + Dc$	-	$4,06 + 0,56 =$	$3,6 + 0,52 =$	$3,46 + 0,5 =$	$1,37 + 0,18 =$
				4,62	4,12	3,96	1,55

67

Паровая
нагрузка
на
котельну
ю без
учета
внутрикот
ельных
потерь

D'	т/ч	$D + (D\delta + Dc)$	-	$67,56 + 4,62 =$	$54,4 + 4,12 =$	$43,99 + 3,96 =$	$16,35 + 1,55 =$
				72,18	58,52	48	17,9

68

Суммарна
я паровая

$D_{сум}$	т/ч	$D' + D_{ном}$	-	$72,18 + 1,48 =$	$58,52 + 1,2 =$	$48 + 0,97 =$	$17,9 + 0,38 =$
				73,66	59,72	48,97	18,28

нагрузка
на
котельную

69

Количество
работавших
паровых
котлов

$N_{к.ра}$
 b шт.

Вариант I

(котлы
Е(ДЕ)-25
Вариант II

3
3
2
1
Рис.
7

(котлы
Е(ДЕ)-16

5
4
4
2

70

Процент
загрузки
работавших
паровых
котлов

$K_{загр}$ %

$$\frac{D_{сум}}{D_{к.ра} \cdot N_{к.ра}}$$

$$\frac{73,93}{25 \cdot 3} \cdot 100 = 98 \quad \frac{59,67}{25 \cdot 3} \cdot 100 = 79 \quad \frac{48,43}{25 \cdot 2} \cdot 100 = 97 \quad \frac{18,46}{25 \cdot 1} \cdot 100 = 74$$

$$\frac{73,93}{16 \cdot 5} \cdot 100 = 92 \quad \frac{59,67}{16 \cdot 4} \cdot 100 = 93 \quad \frac{48,43}{16 \cdot 4} \cdot 100 = 75 \quad \frac{18,46}{16 \cdot 2} \cdot 100 = 58$$

71

Расход
пара на
собственные
нужды
котельной

(деаэрация,
подогрев
сырой и
умягченной
воды,
разогрев
мазута

т/ч

$$(D_d + D_c) + D_{маз}$$

$$4,62 + 1 = 5,62 \quad 4,12 + 1 = 5,12 \quad 3,96 + 1 = 4,96 \quad 1,55 + 1 = 2,55$$

72

Процент
расхода
пара на
собственные
нужды
котельной

$K_{с.н}$ %

$$\frac{D_d + D_c + D_{маз}}{D_{сум}}$$

$$\frac{5,62}{73,93} = 7,6 \quad \frac{5,12}{59,67} = 8,6 \quad \frac{4,96}{48,43} = 10,2 \quad \frac{2,55}{18,46} = 13,8$$

73

Количество
воды,
пропускаемой
помимо
подогрева
тепловых
сетевой
воды
через

$G_{сет}$
 n т/ч

$$G_{сет} \cdot \frac{t_{L_{маз}} - t_1}{t_{L_{маз}} - t_4}$$

$$304 \cdot \frac{150 - 150}{150 - 70} = 0 \quad \frac{150 - 107}{150 - 54,21} = 319,38 = 143,4 \quad \frac{150 - 70}{150 - 38,35} = 346,46 = 248,5$$

перемычка
у между
трубопрово-
дами
прямой и
обратной
сетевой
воды (в
зимнем
режиме)

74

Количество
воды
пропускае-
мой через
подогрева-
тели
сетевой
воды (в
зимнем
режиме)

75

Температу-
ра сетевой
воды
после
охладител-
я

конденсат
а на входе
в

пароводян-
ной
подогрева-
тель

продувочн-
ой воды

76

Температу-
ра
умягченно-
й воды на
выходе из
охладител-
я

продувочн-
ой воды

$$G_{cem} \text{ т/ч} \quad G_{cem} - G_{cem.n} = 304 - 0 = 319,38 - 346,46 - 143,4 = 176 \quad 248,3 = 98,1$$

$$t_5 \quad ^\circ\text{C} \quad \frac{G_g \cdot (t_2 - t_k)}{(G_{cem.n} - G_{cem})} = \frac{42,8 \cdot (164,2 - 8)}{304 \cdot 0,98} = 70 = 82 \quad \frac{29,64 \cdot (164,2 - 19,23 \cdot (164,2 - 19,23))}{176 \cdot 0,98} = 54,21 = 69 \quad \frac{19,23 \cdot (164,2 - 19,23)}{98,1 \cdot 0,98} = 38,35 = 54$$

$$T_5 \quad ^\circ\text{C} \quad T_4 + \frac{G_{ny}}{G_{neo}} \cdot \frac{(t_8 - t_1)}{c} = 25 + \frac{2,21}{13,2} \cdot \frac{(480,6 - 40) \cdot 0}{4,186} = 42,2 \quad 25 + \frac{1,79}{12,4} \cdot \frac{(480,6 - 40) \cdot 0}{4,186} = 39,4 \quad 25 + \frac{1,45}{11,9} \cdot \frac{(480,6 - 40) \cdot 0}{4,186} = 37,4 \quad 25 + \frac{1,13}{8,6} \cdot \frac{(480,6 - 40) \cdot 1}{4,186} = 38,4$$

77

Температура
умягченной
воды,
поступающей
в деаэрационную
питательную
воду из
охлаждителя
выпара

$$T_5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_5 + \frac{D_{\text{деаэ}} \cdot (t_4 - t_5)}{G_{\text{хв}}}$$

$42,2 + \frac{0,15}{13,2}$	$39,4 + \frac{0,12}{12,4}$	$37,4 + \frac{0,1}{11,9}$	$38,4 + \frac{0,04}{8,6}$
$\frac{(2681,22 - 436)}{4,186}$	$\frac{(2681,22 - 436)}{4,186}$	$\frac{(2681,22 - 436)}{4,186}$	$\frac{(2681,22 - 436)}{4,186}$
$0,98 = 47,8$	$0,98 = 44,5$	$0,98 = 41,6$	$0,98 = 41$

78

Количество
сырой
воды,
поступающей
в химическую
очистку

$$G_{\text{с.в.}} + G'_{\text{с.в.}} \text{ т/ч}$$

$15,85 + 50,87 = 66,7$	$14,9 + 50,87 = 65,8$	$14,3 + 50,87 = 65,2$	$10,3 + 50,87 = 61,2$
------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

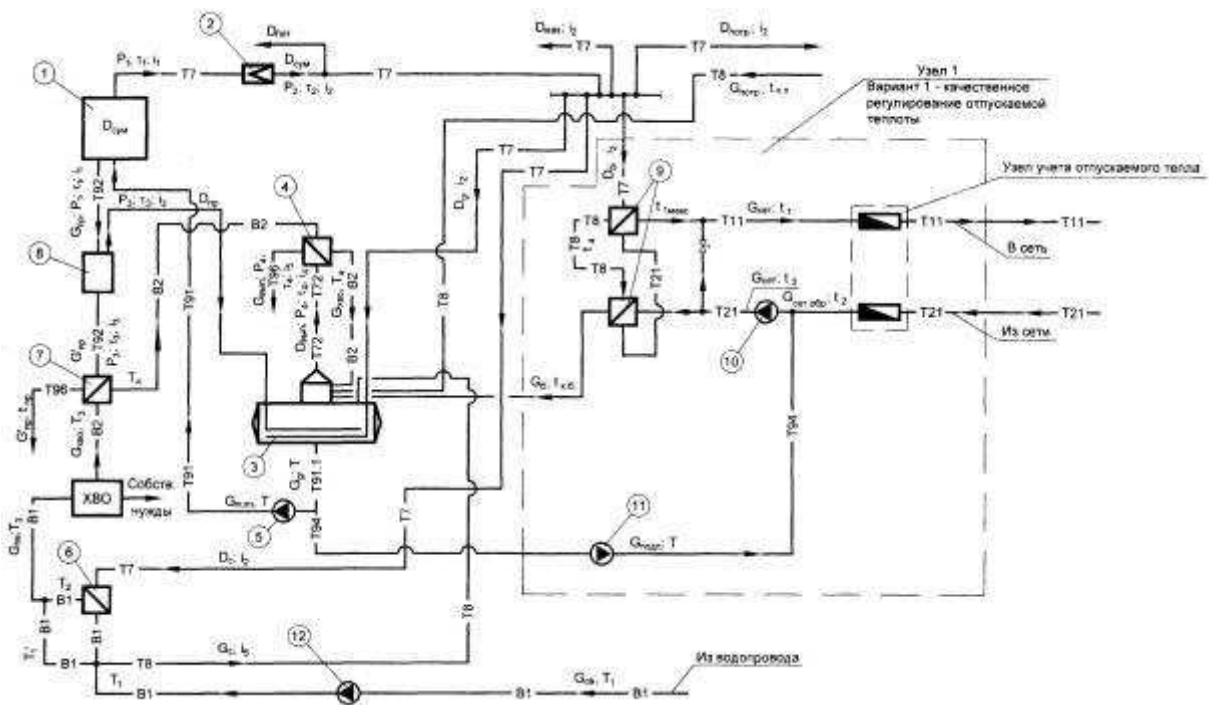
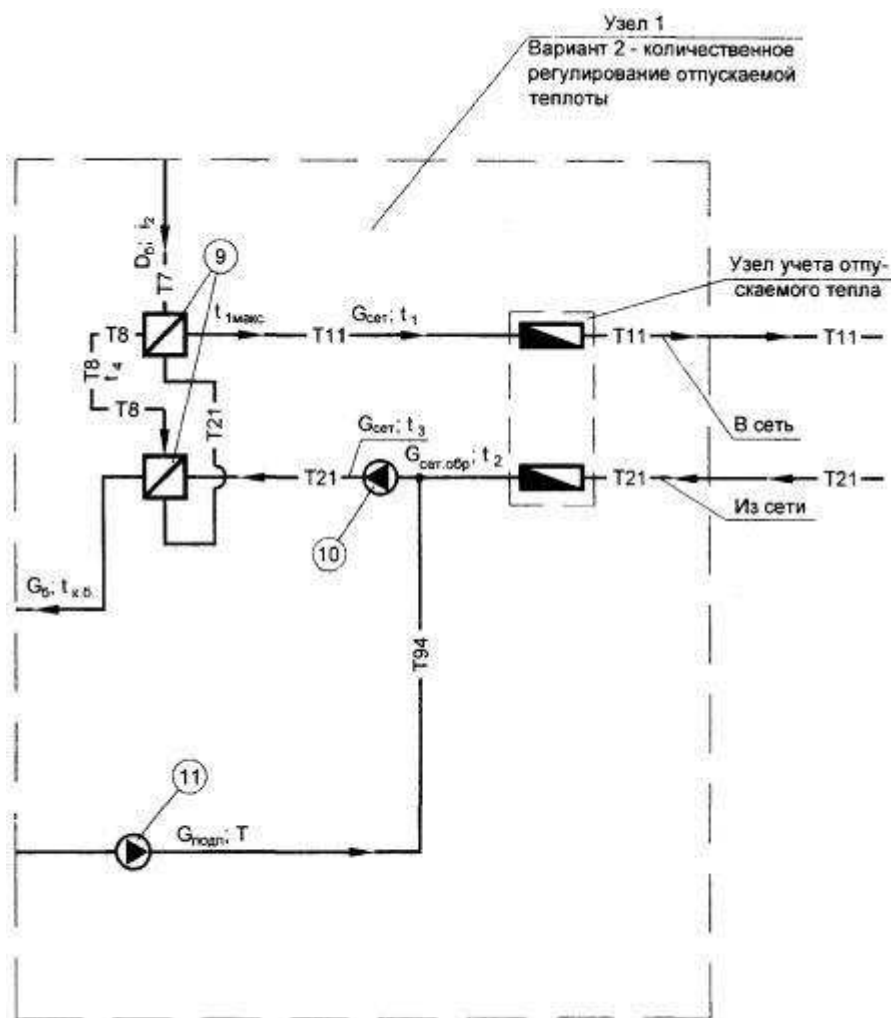


Рисунок А.1 - Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной

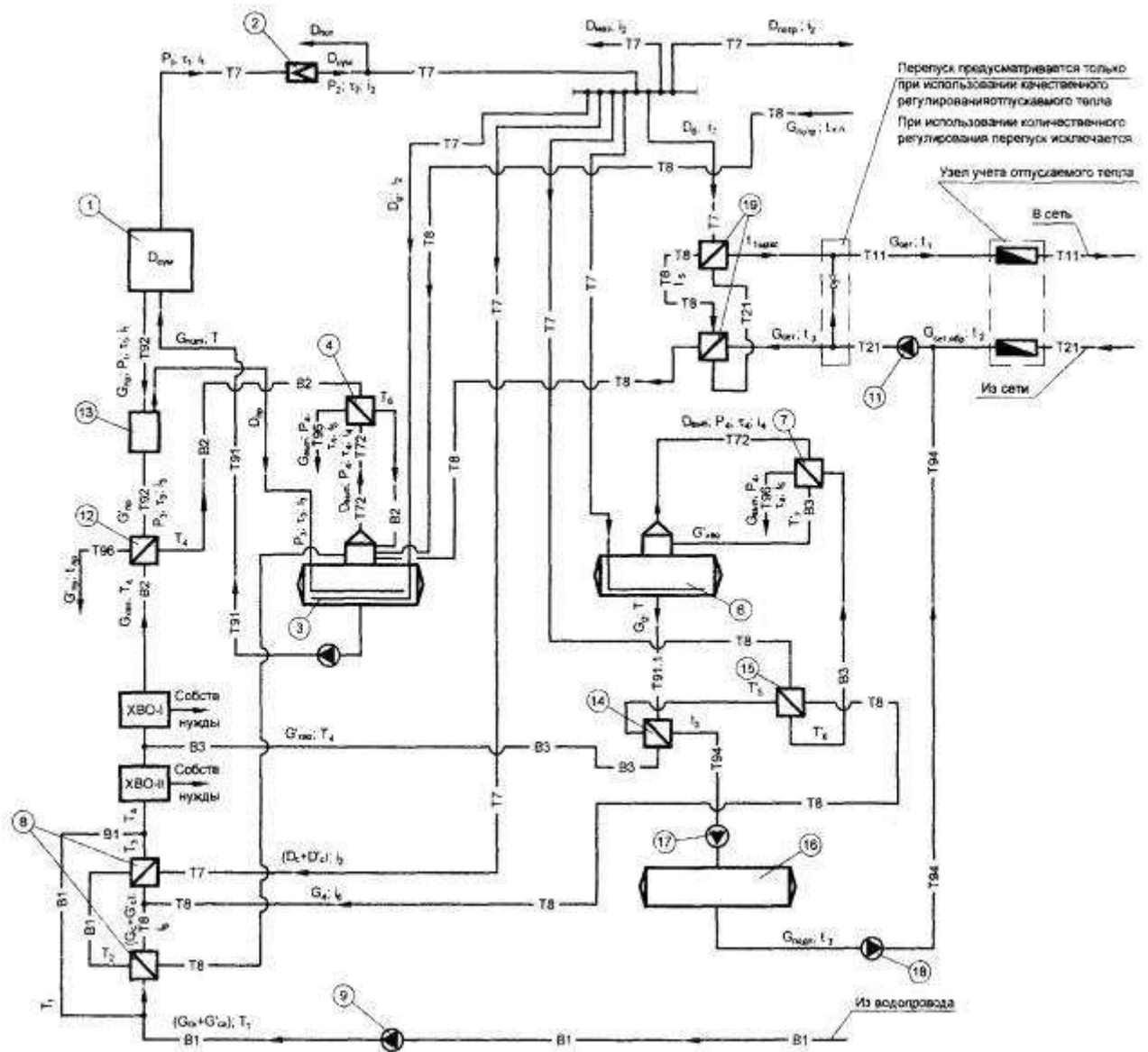
с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения



Условные обозначения

1 - Паровой котел, 2 - Редукционная установка, 3 - Деаэратор питательной воды, 4 - Охладитель выпара к деаэратору питательной воды, 5 - Насос питательный, 6 - Подогреватель сырой воды, 7 - Охладитель продувочной воды, 8 - Сепаратор непрерывной продувки, 9 - Установка подогрева сетевой воды, 10 - Насос сетевой воды, 11 - Насос подпиточной, 12 - Насос сырой воды; Т 7 - пар; Т 8 - конденсат; Т 11 - трубопровод подающий; Т 21 - трубопровод обратной воды; Т 72 - выпар; Т 91 - питательная вода; Т 91.1 - деаэрированная вода; Т 92 - непрерывная продувка; Т 94 - подпиточная вода; Т 96 - слив; В1 - водопровод; В2 - химочищенная вода; В3 - умягченная вода (к рисунку 2)

Рисунок А.1а - Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для закрытой системы теплоснабжения



- 1 - Паровой котел, 2 - Редукционная установка, 3 - Деаэратор питательной воды, 4 - Охладитель пара к деаэратору питательной воды, 5 - Насос питательный, 6 - Деаэратор подпиточной воды, 7 - Охладитель пара к деаэратору питательной воды, 8 - Подогреватель сырой воды, 9 - Насос сырой воды, 10 - Подогреватели сетевой воды, 11 - Насос сетевой воды, 12 - Охладитель продувочной воды, 13 - Сепаратор непрерывной продувки, 14 - Охладитель деаэрированной воды, 15 - Пароводяной подогреватель умягченной воды, 16 - Бак-аккумулятор, 17 - Насос перекачивающий, 18 - Насос подпиточный

Рисунок А.2 - Расчетная тепловая схема отопительно-производственной котельной с паровыми котлами ДЕ для открытой системы теплоснабжения

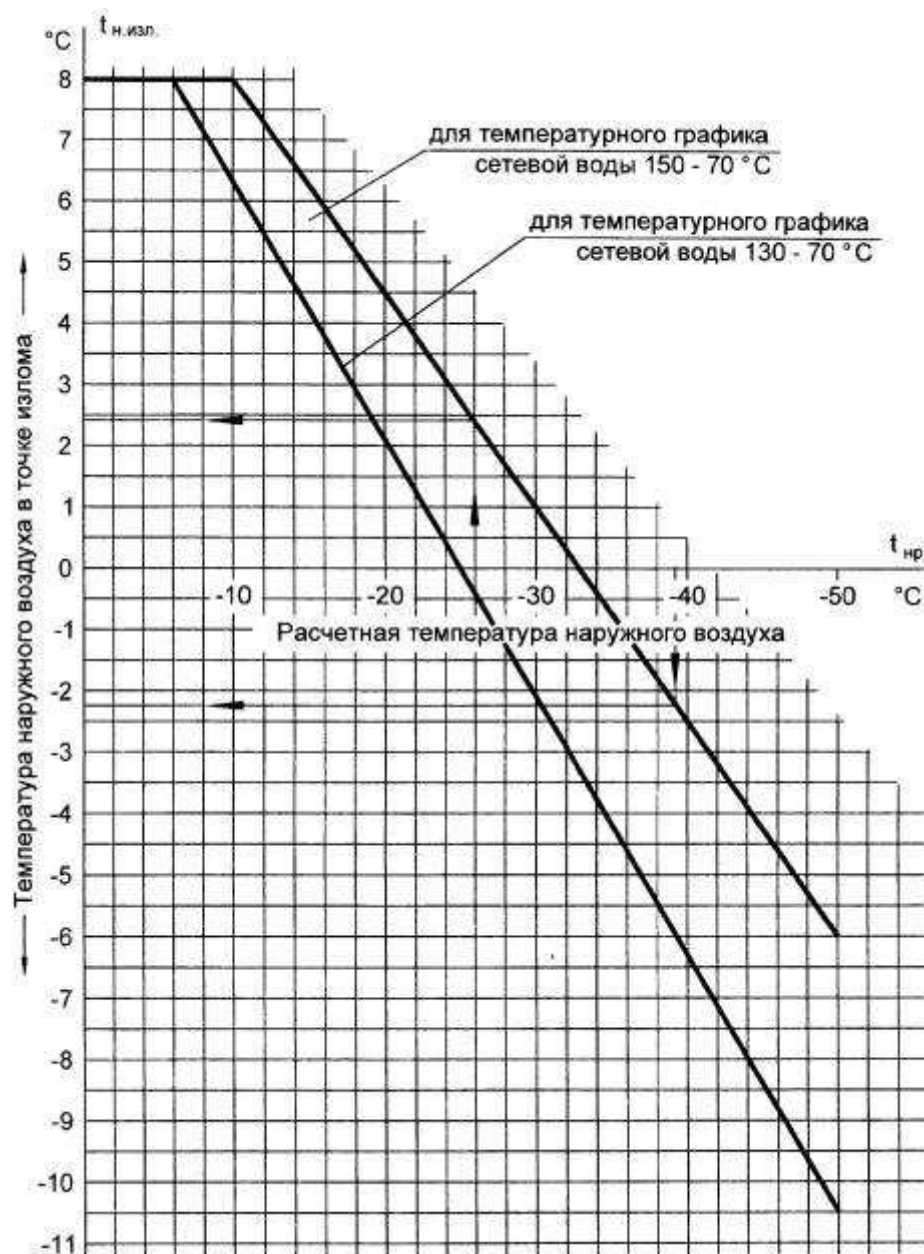


Рисунок А.3 - Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика сетевой воды

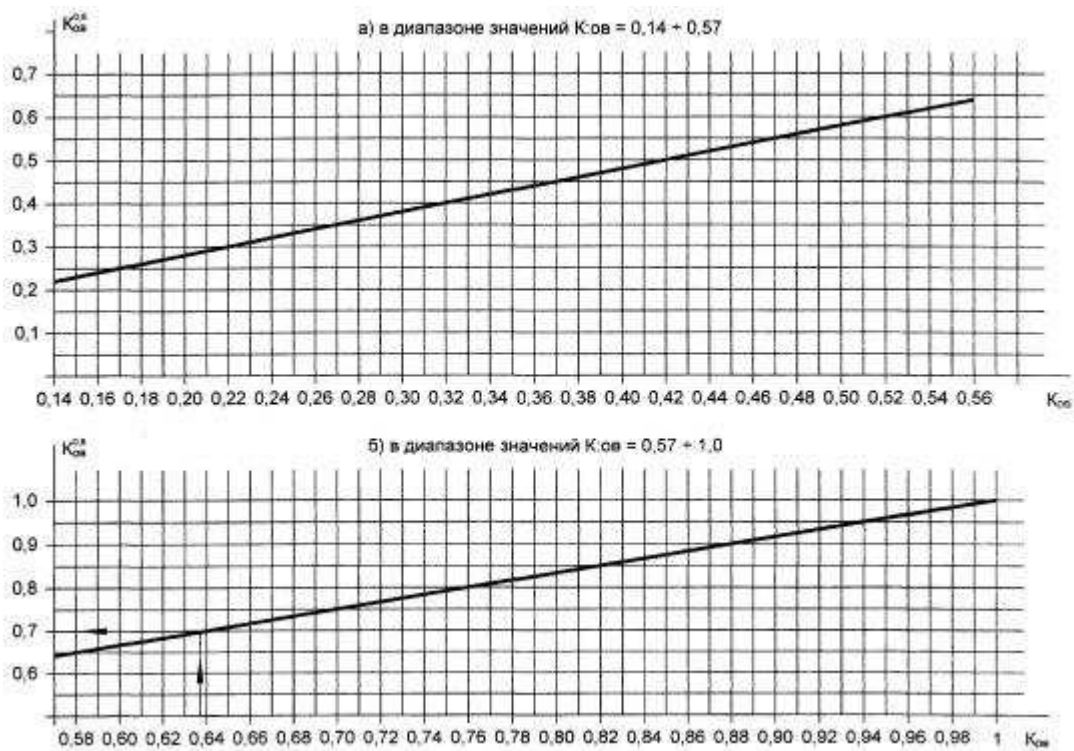


Рисунок А.4 - Коэффициент снижения расхода тепла на отопление и вентиляцию в степени 0,8 (для определения температуры прямой сетевой воды на выходе из котельной).

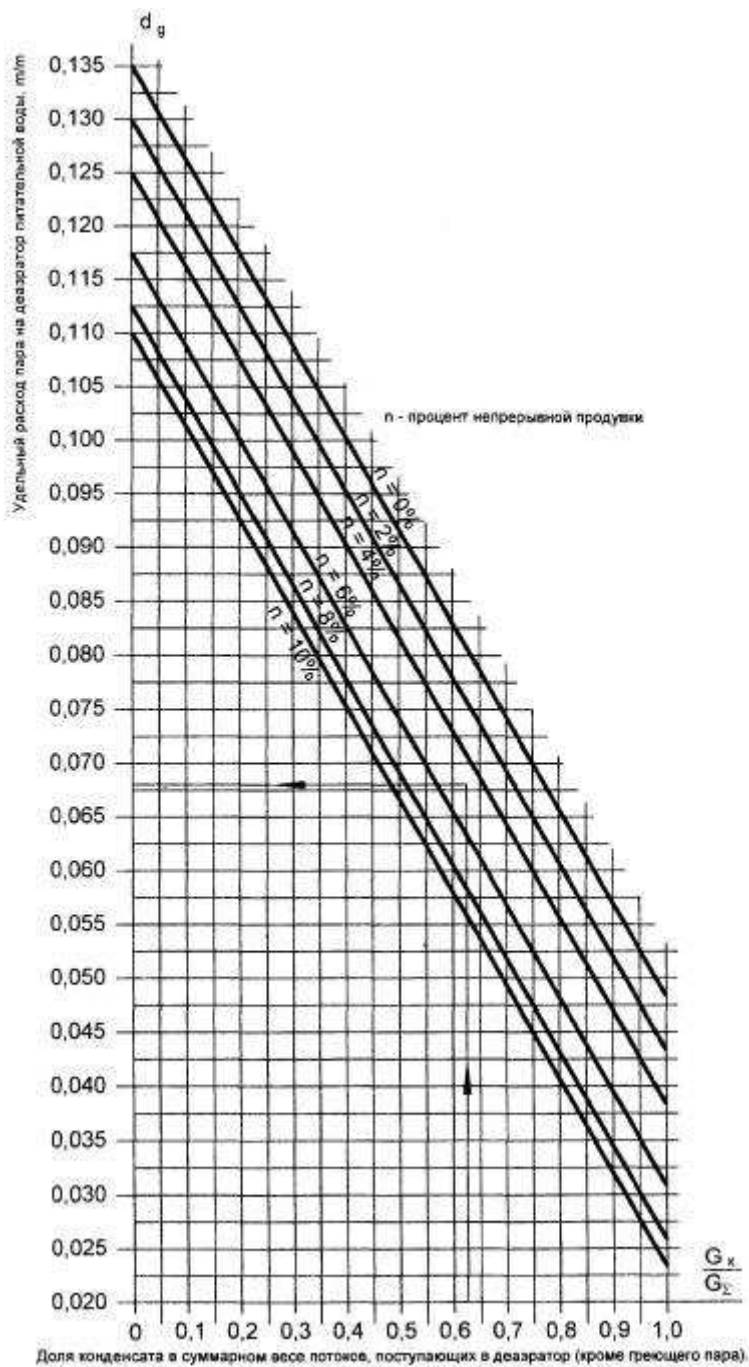
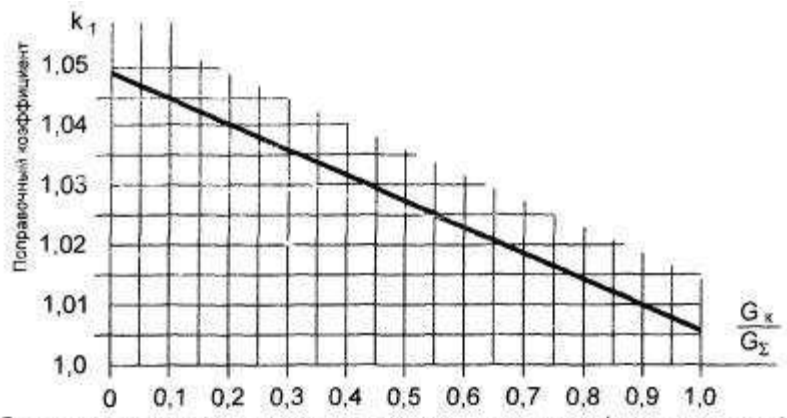


Рисунок А.5 - Удельный расход пара на деаэрацию питательной воды для закрытой системы теплоснабжения



Доля конденсата в суммарном весе потоков, поступающего в деаэратор (кроме греющего пара)

Рисунок А.5а - Поправка на повышение температуры сырой воды в летний период

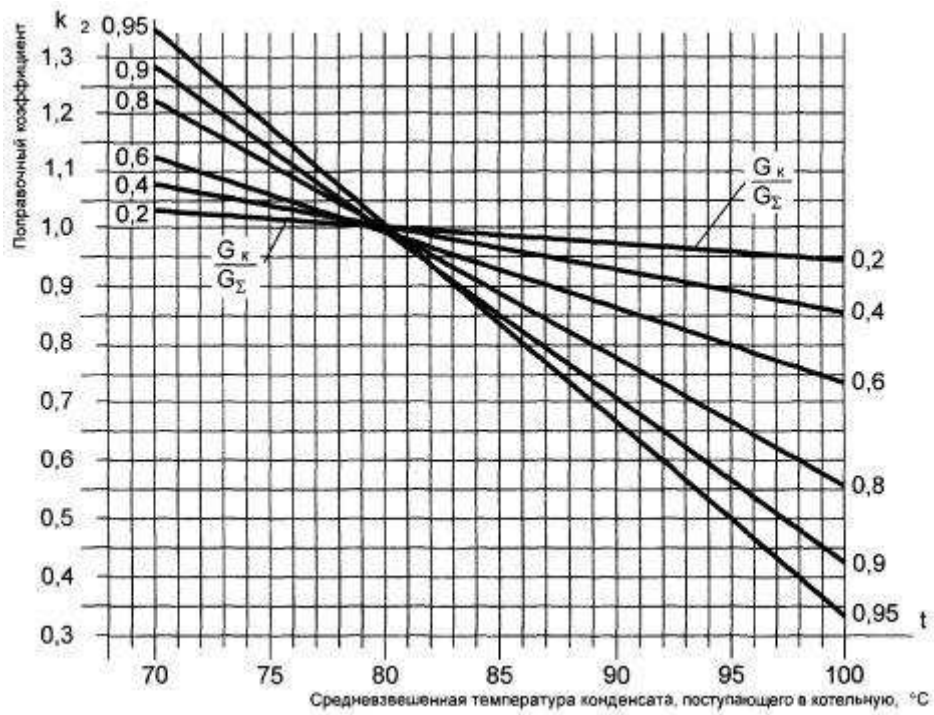


Рисунок А.5б - Поправка на изменение средневзвешенной температуры конденсата, поступающего в котельную

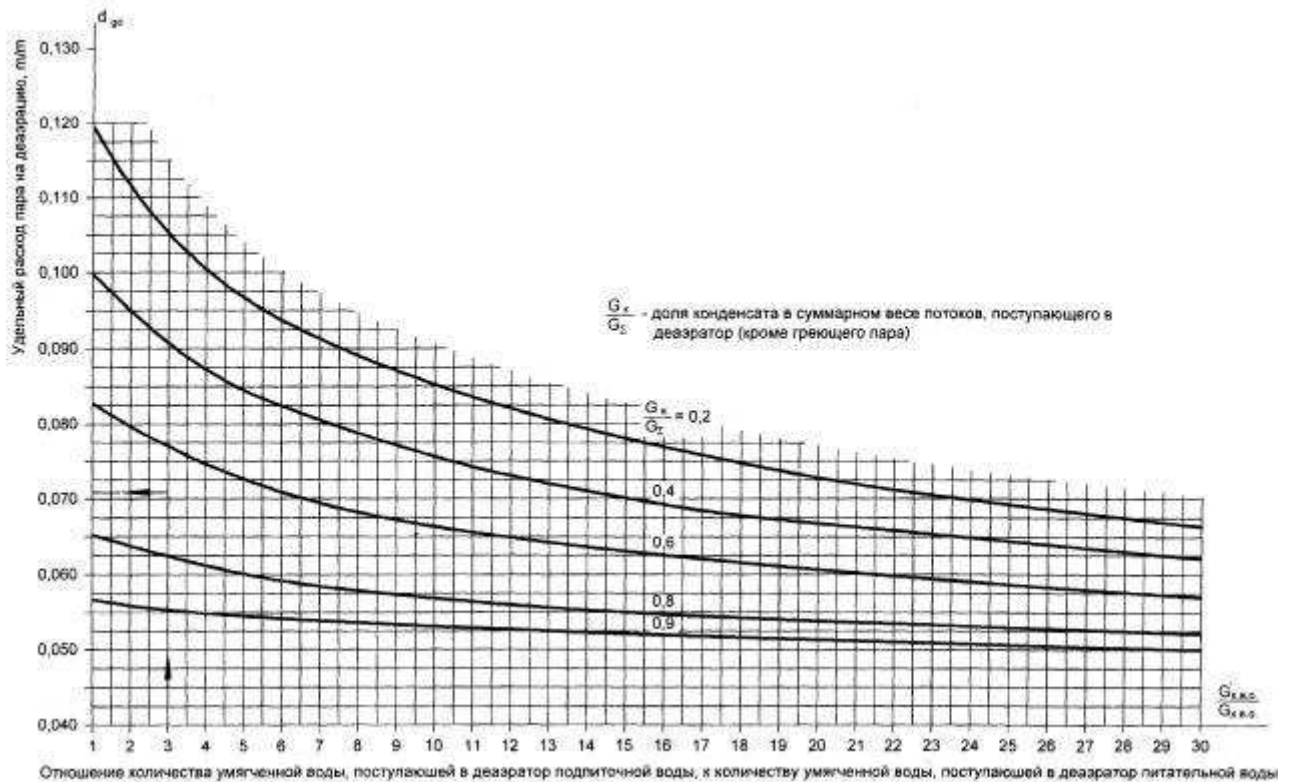


Рисунок А.6 - Удельный расход пара на деаэратор питательной воды для открытой системы теплоснабжения

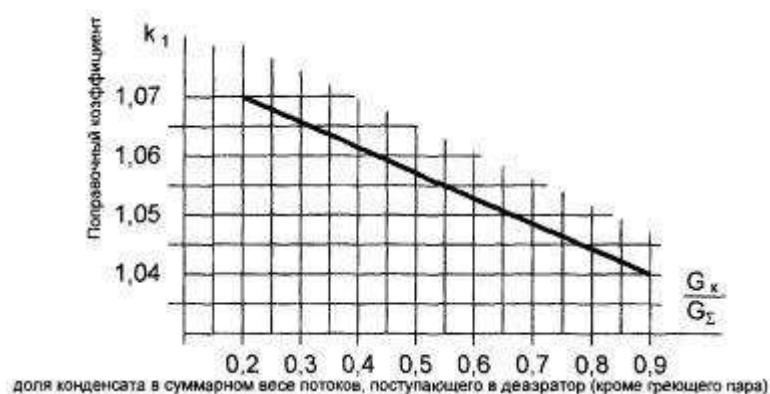


Рисунок А.6а - Поправка на повышение температуры сырой воды в летнем периоде

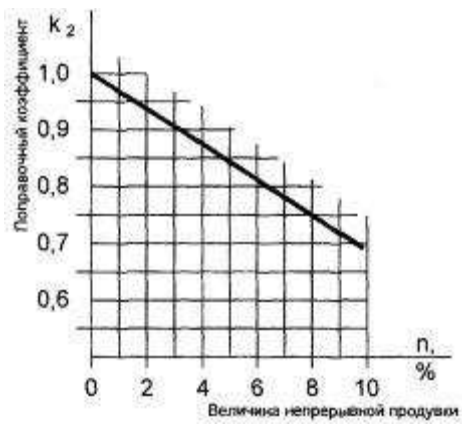


Рисунок А.6б - Поправка на величину непрерывной продувки

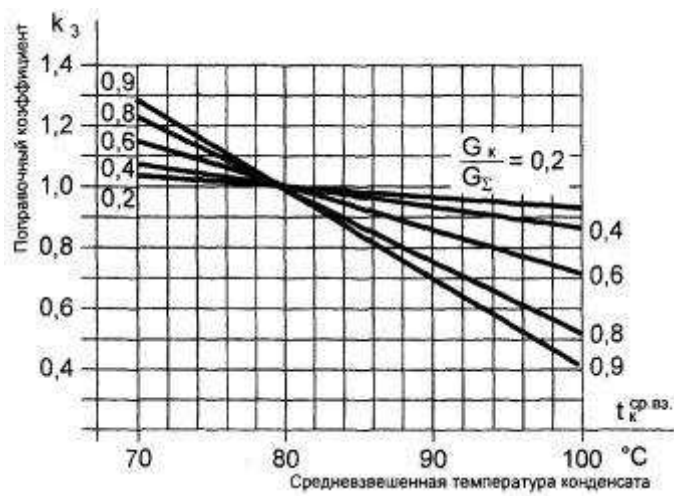


Рисунок А.6в - Поправка на изменение средневзвешенной температуры конденсата, поступающего в деаэрактор питательной воды

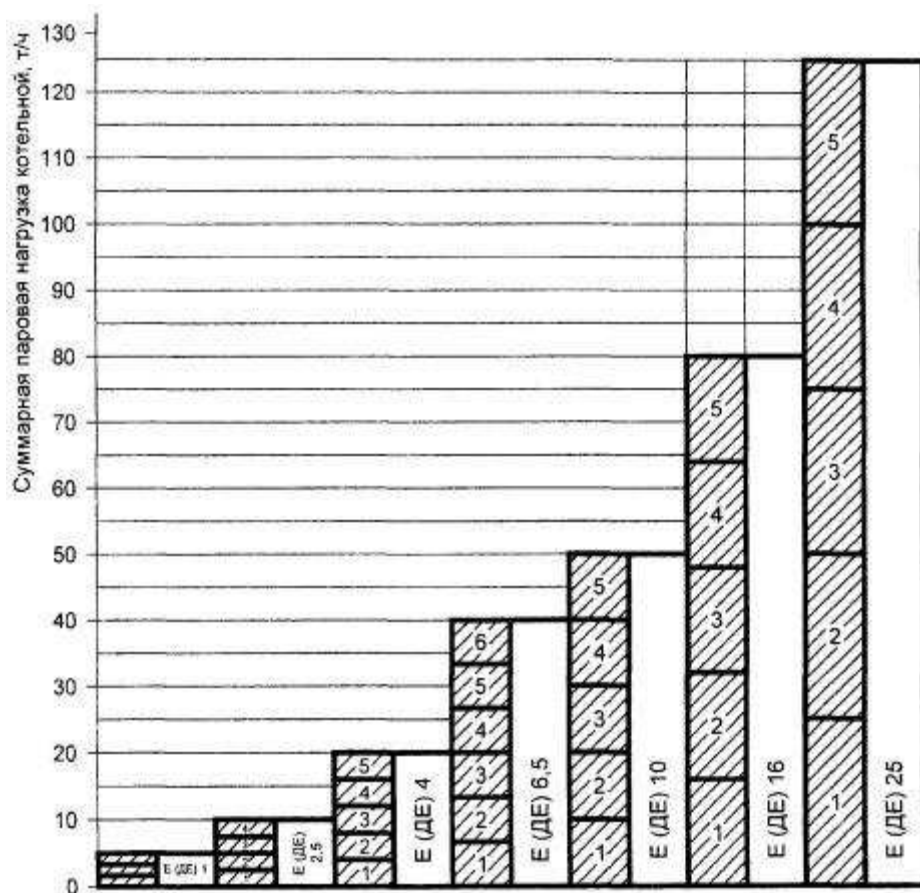


Рисунок А.7 - Выбор типа и количества работающих котлов в зависимости от суммарной паровой нагрузки котельной