

*МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
Кафедра «Цифровая энергетика»

**Энергоснабжение
промышленного предприятия**

Методические указания
к выполнению самостоятельной работы
по дисциплине «Общая энергетика»
для студентов направления бакалавриата 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»,
направленность «Электроснабжение»

Курган 2024

Кафедра: «Цифровая энергетика»
Дисциплина: «Общая энергетика»

Переработал и подготовил к изданию: канд. техн. наук, доцент В. А. Савельев на основе методических указаний «Тепло и водоснабжение промышленного предприятия» Л. И. Дураченковой., Г. А. Попова.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным методическим советом университета «28» декабря 2022 г.

Общие положения

Дисциплина «Общая энергетика» формирует знания о видах энергетических ресурсов и способах их преобразования в электрическую и тепловую энергию.

Студенты-электромеханики знакомятся с технологиями получения и преобразования различных видов энергии в электрическую и тепловую, оборудованием, машинами и аппаратами, обеспечивающими такое превращение.

Таблица 1 – Изучаемые разделы и темы

ШИФР РАЗДЕЛА, ТЕМЫ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛА, ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ
1	Энергетические ресурсы и их использование
2	Основы преобразования теплоты в энергетических установках
3	Теплоэнергетика
4	Гидроэнергетика
5	Альтернативная энергетика
6	Системы теплоснабжения

Таблица 2 - Библиографический список (основная литература)

№ п/п	Наименование	Используется при изучении разделов, тем
1	Быстрицкий Г. Ф. Основы энергетики : учебник / Г. Ф. Быстрицкий. – 3-е изд., стер. – Москва : КНОРУС, 2012. – 352 с.	1–6

Таблица 3 - Библиографический список (дополнительная литература)

№ п/п	Наименование	Используется при изучении разделов, тем
1	Кудинов А. А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование : учебное пособие / А. А. Кудинов. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 325 с.	1 – 6

Основные разделы курса «Общая энергетика»

Раздел 1. Энергетические ресурсы и их использование

Общие сведения. Органическое топливо. Состав и характеристики. Неорганическое топливо. Ядерное топливо. Возобновляемые источники энергии: тепло недр Земли, гелиоэнергетика, ветроэнергетика, гидроэнергетические ресурсы, биоресурсы.

Структура мирового энергопотребления.

Раздел 2. Основы преобразования теплоты в энергетических установках

Термодинамические циклы тепловых машин, термический КПД цикла.

Циклы энергетических установок: паротурбинных, газотурбинных, с двигателями внутреннего сгорания, с возобновляемыми источниками энергии.

Раздел 3. Теплоэнергетика

Технология производства электрической энергии и теплоты на тепловых электростанциях (ТЭС). Циклы, положенные в основу энергетического производства. Технологические схемы ТЭС, использующие различные теплоэнергетические установки: паротурбинные, газотурбинные, парогазовые, атомные и другие. Оценка и способы повышения эффективности энергетических установок.

Раздел 4. Гидроэнергетика

Основы получения и преобразования энергии в гидроэнергетических установках. Гидроэлектростанции (ГЭС) и их типы (русловые, деривационные, гидроаккумулирующие, приливные, малые). Энергия речного водотока. Схемы создания напора, оборудование и типы гидротурбин, мощность ГЭС.

Раздел 5. Альтернативная энергетика

Основы преобразования энергии в энергетических установках, использующих возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Ветроэнергетика, биоэнергетика, гелио и геотермальная энергетика.

Раздел 6. Системы теплоснабжения

Классификация систем теплоснабжения. Тепловые системы источников теплоты. Районные и промышленные отопительные котельные. Основное теплофикационное оборудование. Центральные тепловые пункты. Энергетическая эффективность теплофикации.

Методические указания к выполнению самостоятельной работы

При самостоятельной работе над учебником необходимо добиваться отчетливого представления о физической сущности изучаемых явлений и процессов.

При изучении каждого раздела рекомендуется составлять конспект, который будет полезен при повторении и закреплении теоретического материала.

При изучении курса по всем возникающим вопросам студент может получить консультацию на кафедре энергетики.

При выполнении задания необходимо соблюдать следующие требования:

1 Работу можно выполнять в тетради или набирать в электронном виде. На титульном листе указать № группы, фамилию и инициалы студента, шифр зачетной книжки. Внизу посередине листа указать год и место выполнения работы.

2 Обязательно перед выполнением работы записать исходные данные для расчета снабжения заданного вида производства согласно шифру.

3 Расчеты сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором должно быть указано: какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу (из условия задачи, из учебника, задачника, определена ранее и т. д.).

4 Вычисления давать в развернутом виде.

5 Обязательно проставлять размерности всех заданных и рассчитанных величин в международной системе СИ.

6 Графический материал должен быть выполнен четко, в масштабе и на миллиметровой бумаге, как исключение можно использовать бумагу в клеточку.

7 При изучении настоящего курса следует пользоваться литературой, которая приведена в программе дисциплины и библиографическом списке. При использовании таблиц, формул и других справочных материалов, необходимо указывать ссылку на литературный источник в квадратных скобках, например, [6].

8 После выполнения задания провести краткий анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

9 На графиках, в таблицах и формулах принято удельные величины обозначать строчными буквами, а действительные значения – заглавными.

10 В конце работы представить библиографический список использованной литературы.

Расчет энергетических потребностей предприятия
(задание и варианты)

Самостоятельная работа состоит в расчете потребности в тепловой энергии предприятия (цеха) на технологический процесс, отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и кондиционирование воздуха, а также потребный расход воды в системе водоснабжения по вариантам, представленным в таблицах 4, 5.

Таблица 4 – Задание и варианты температуры

Последняя цифра шифра		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Расчетная температура наружного воздуха для отопления	$t_{н.о}$ °C	-37	-26	-22,2	-34	-37,2	-23	-18	-13	-42	-51,3
Продолжительность отопительного периода	h , сут	217	212	202	215	218	203	178	153	235	247
Средняя температура отопительного периода	$t_{с.о}$ °C	-8,1	-7,5	-5,0	-7,9	-8,2	-5,2	-3,1	1,8	-12,3	-19
Средняя температура самого жаркого месяца	$t_{ж}$, °C	21,7	27,1	28,8	22,4	22,0	30,0	30,2	32,3	19,5	18,1
Расчетная температура наружного воздуха для вентиляции	$t_{н.в.}$, °C	-24	-17	-14	-21	-24	-15	-9,5	-4,0	-27	-34

Таблица 5 – Производственные показатели

Предпоследняя цифра шифра		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Объем здания	V, м ³	6800	11300	9930	720	2450	7900	890	5600	20200	990
Категория помещений, огнестойкость		В1-В4, пожароопасные. Степень огнестойкости I-II				Б – взрывопожароопасные. Степень огнестойкости I-II			Г – умеренная пожароопасность Степень огнестойкости IV-V		
Кратность воздухообмена	объем/ч	10	10	12	7	8	11	8	14	8	8
Кол. рабочих дней за отопительный период	l _о	189	184	174	187	191	175	150	135	207	219
Среднесуточная потребность в холоде, час	m ₁	12	8	12	6	10	12	8	10	8	8
Количество душевых сеток	n ₁	10	6	15	4	8	12	6	10	6	6
Количество умывальников	n ₂	8	4	10	3	4	8	4	6	4	4
Число рабочих в смену	p	30	24	45	16	24	36	18	30	18	18
Число смен в сутки	c	2	2	3	1	2	3	2	2	2	3
Вид выпускаемой продукции		Ячеистый бетон			Древесно-стружечные плиты			Сборный железобетон			
Объем выпуска в сутки	M ³ /сут.	400	640	560	13	40	115	35	200	650	55

1 ОТОПЛЕНИЕ

Система отопления зданий предназначена для компенсации тепловых потерь строительными конструкциями, создания комфортных условий внутри помещений. Наибольшие тепловые потери соответствуют расчетной наружной температуре для данной местности $t_{н.о.}$, °С, (таблица 1). Отопление рассчитывается согласно СНиП 2.04.05.86 [2].

1.1 Расчетный (максимальный) расход тепла на отопление здания:

$$Q_{от}^{max} = q_0 \times V \times (t_{вн} - t_{н.о.}), \quad (1.1)$$

где $Q_{от}^{max}$ – расход тепла, Вт;

q_0 – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³К), зависит от качества и типа строительных конструкций здания и определяется по таблице 6,

V – объем здания по наружному обмеру, м³,

$t_{вн}$ – температура в производственных помещениях, принимается +12,16, 18°С [2],

$t_{н.о.}$ – расчетная температура наружного воздуха, °С (таблица 1).

Таблица 6 – Теплохарактеристика строительных конструкций

Объем V, тыс. м ³	до 1	1–3	3–5	5–10	10–20	20-30	30-40
Характеристика q_0 , Вт/(м ³ К)	0,58	0,54	0,48	0,45	0,38	0,31	0,29

1.2 Годовой расход тепла на отопление, кВт·ч:

$$Q_{г.о.} = q_0 \times V \times (t_{вн} - t_{с.о.}) \times 24 \times l_0, \quad (1.2)$$

где $t_{с.о.}$ – средняя температура отопительного периода, °С,

l_0 – продолжительность отопительного периода, в сутках.

1.3 Пример расчета отопления

Исходные данные: наружный объем здания $V = 900$ м³;

Температуры: внутренняя в цехе $t_{вн} = +16$ °С, наружная расчетная для г. Кургана $t_{н.о.} = -37$ °С.

Удельная характеристика здания $q_0 = 0,58$ Вт/(м³К) (таблица 6).

Расчетный (максимальный) расход тепла на отопление здания по (1.1):

$$Q_{от}^{max} = q_0 \times V \times (t_{вн} - t_{н.о.}) = 0,58 \times 900 \times ((16 - (-37))) = 25\,100 \text{ Вт} = 25,1 \text{ кВт.}$$

Годовой расход тепла на отопление по (1.2):

$Q_{\text{год}} = q_0 \times V \times (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \times 24 \times l_0 = 0,58 \times 900 \times (16 - (-8,1)) \times 24 \times 217 = 656 \times 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ или в единицах тепловой энергии: $Q_{\text{год}} = 3,6 \times 656 \times 10^3 = 2361 \times 10^3 \text{ МДж}$.

Примечание. В Международной системе единиц для измерения всех видов энергии (тепла, работы, электроэнергии) введена одна единица Джоуль [Дж] и кратные ей килоджоуль, мегаджоуль, гигаджоуль: $1 \text{ Дж} = 10^{-3} \text{ кДж} = 10^{-6} \text{ МДж} = 10^{-9} \text{ ГДж}$.

Системной единицей мощности служит Дж/с – ватт [Вт] и его производные кВт, МВт.

Широко используется в теплотехнике внесистемная единица энергии киловатт-час (кВт·ч) :

$$1 \text{ кВтч} = 10^3 \text{ Дж/с} \times 3600 \text{ с} = 3600 \text{ кДж} = 3,6 \text{ МДж}.$$

2 ВЕНТИЛЯЦИЯ

Вентиляция обеспечивает чистоту воздуха в помещениях цеха. При этом концентрация вредных веществ (пыль, газы, пары), выделяющихся в технологическом процессе, не должна превышать предельно-допустимую.

С целью уменьшения вредных веществ соответствующее технологическое оборудование снабжается улавливающими устройствами. Помещения с вредными выделениями оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией с подогревом чистого приточного воздуха в течение отопительного сезона.

Количество вентиляционного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$L_v = 0,6 V n, \quad (2.1)$$

где 0,6 – коэффициент перевода объема здания по наружному обмеру в объем вентилируемых помещений (доля вентилируемых помещений от общего объема здания),

n – кратность воздухообмена, обмен/час (таблица 2).

2.1 Расчетный расход тепла на приточную вентиляцию, кВт:

$$Q_{p-v} = \rho \cdot L_v \cdot C_p (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.в.}}), \quad (2.2)$$

где ρ – плотность воздуха при нормальных условиях, $\text{кг}/\text{м}^3$ (приложение 1);

C_p – массовая теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/\text{кгК}$ (приложение 1);

$t_{\text{н.в.}}$ – расчетная температура наружного воздуха для вентиляции, $^{\circ}\text{C}$.

Установленная мощность электродвигателей вентиляторов приточных и вытяжных систем, кВт:

$$N_y = 1,3 L_v \Delta p / 3600 \eta, \quad (2.3)$$

где Δp – суммарное гидравлическое сопротивление приточных и вытяжных систем; $\Delta p = 0,5 \dots 5$ кПа;

η – КПД вентиляторов и привода, принимается в пределах 0,7–0,87;

1,3 – коэффициент запаса мощности.

2.2. Годовой расход тепла на вентиляцию, кВт·ч

$$Q_{г.в.} = \rho L_v C_p (t_n - t_{с.о.}) m l_o, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (2.4)$$

где t – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

m – продолжительность работы предприятия в сутки, час,

l_o – количество рабочих дней за отопительный период.

Годовой расход электроэнергии на вентиляцию, кВт·ч:

$$N_B = N_y m l_r, \quad (2.5)$$

где l_r – количество рабочих дней в году.

2.3 Пример расчета приточной вентиляции

Исходные данные:

Объем помещений $V = 900 \text{ м}^3$, кратность воздухообмена $n = 8$.

Температура внутри помещений $t_{вн} = +16 \text{ С}$.

Расчетная наружная температура для вентиляции $t_{н.в} = -24 \text{ °С}$.

Средняя наружная температура отопительного периода $t_{с.о.} = -8 \text{ °С}$.

Объем вентиляционного воздуха по уравнению (2.1):

$$L_v = 0,6 \times V \times n = 0,6 \times 900 \times 8 = 4300 \text{ м}^3/\text{ч}; L_v^{\text{сек}} = 1,195 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Максимальный расход тепла на приточную вентиляцию по уравнению (2.2):

$$Q_{р.в} = \rho L_v C_p (t_{вн.} - t_{н.в.}) = 1,29 \times 1,195 \times 1 \times ((16 - (-24))) = 61500 \text{ Вт} = 61,5 \text{ кВт}.$$

Годовой расход тепла на приточную вентиляцию при 2- сменной работе в течение отопительного периода по уравнению (2.4):

$$\begin{aligned} Q_{г.в.} &= \rho L_v C_p (t_{вн} - t_{с.о.}) m l_o = \\ &= 1,29 \times 4300 \times 1 \times ((16 - (-8))) \times 16 \times 217 = 129 \times 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \times 3,6 = 465 \times 10^3 \text{ МДж}. \end{aligned}$$

Мощность электродвигателей привода вентиляторов по уравнению (2.3):

$$N_y = 1,3 L_v \Delta p / 3600 \eta = 1,3 \times 1,195 \times 5 \times 0,75 = 10,3 \text{ кВт}.$$

Годовой расход электроэнергии приводом вентиляторов по уравнению (2.5):

$$N_B = N_y m l_r = 10,3 \times 2 \times 8 \times 217 = 35800 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

3 КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

Кондиционирование воздуха – создание в закрытых помещениях независимо от наружных метеоусловий воздуха с заданными параметрами (влажностью, температурой, чистотой). Основные процессы: зимой – нагревание, увлажнение; летом – охлаждение, осушка в камерах, оборудованных фильтрами, ороscителями, калориферами и пр.

По условию задания кондиционирование помещений производится вне отопительного сезона. Таким образом, расход тепловой энергии на охлаждение воздуха равен хладопроизводительности кондиционера.

3.1 Потребление холода на кондиционирование, кВт:

$$Q_x = V_k n C'_p \times \Delta t / 3600, \quad (3.1)$$

где V_k – объем (по внутреннему замеру) помещения, в котором производится кондиционирование, m^3 ;

$$V_k = 0,95 V;$$

N – кратность воздухообмена в кондиционируемом помещении, обм/ч;

C'_p – объемная изобарная теплоемкость воздуха, $kJ/(m^3K)$;

Δt – разность температур воздуха перед кондиционером и после кондиционера при средней температуре самого жаркого месяца, $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2 Годовое потребление холода на кондиционирование, кВт·ч:

$$Q_{x.g.} = Q_x \cdot m_1 \cdot m_2, \quad (3.2)$$

где m_1 – среднесуточная потребность в кондиционировании, час;

m_2 – продолжительность охлаждения воздуха за год в днях;

$$m_2 = 365 - l_0.$$

3.3 Пример расчета кондиционирования

Исходные данные:

Объем кондиционируемых помещений $V_k = 0,95V = 0,95 \times 900 = 856 \text{ } m^3$;

Кратность воздухообмена в кондиционируемом помещении, $n = 5$ обм/ч;

Разность температур $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;

$m_1 = 16$ час/сут – среднесуточная потребность в кондиционировании;

m_2 – продолжительность охлаждения воздуха за год в днях; $m_2 = 148$ дн.

Максимальное потребление холода на кондиционирование по уравнению (3.1):

$$Q_x = V_k n C'_p \Delta t / 3600 = 856 \times 5 \times 0,85 \times 10 / 3600 = 10,4 \text{ кВт.}$$

Годовое потребление холода на кондиционирование по уравнению (3.2):

$$Q_{x.g.} = Q_x m_1 m_2 = 10,4 \times 16 \times 148 = 24400 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 87,8 \times 10^3 \text{ МДж.}$$

4 ВОДОСНАБЖЕНИЕ

4.1 Характеристика систем водопровода. Нормы расхода воды

Водопотребители как объекты водоснабжения различаются по категориям надежности подачи воды:

I категория – нефтеперерабатывающие, химические производства, электростанции;

II категория – горнорудные, машиностроительные предприятия;

III – категория – мелкие промышленные предприятия и т. п.

Расчет систем внутреннего водопровода ведется в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП 2.04.01-85 [3].

Далее приведены выборочно в соответствии с условиями задания нормативы по расходам холодной и горячей воды (таблица 7, 8).

Таблица 7 – Нормы расходов хозяйственно-питьевой воды отдельными потребителями по [3]

Водопотребитель	Измеритель	Наибольшее водопотребление, л/сут g_u^{tot}	Коэффициент часовой неравномерности, $K_{час}$
Цехи со значительным тепловыделением, 24 Вт/ м ²	1 человек в смену	45	2,5
Цехи с незначительным тепловыделением	1 человек в смену	25	3
Расход воды на поливку: - заводских проездов, тротуаров; - газонов, насаждений и цветников	1 м ² 1 м ²	0,4–0,5 3–6	Норма на одну поливку в сутки; число поливок зависит от климатических условий

Таблица 8 – Нормы расхода воды санитарными приборами

Санитарные приборы	Секундный расход воды, л/с			Часовой расход воды, л/час		
	общий g^{tot}	холодной g^c	горячей g^h	общий g^{tot}	холодной g^c	горячей g^h
Умывальник со смесителем, мм	0,12	0,09	0,09	60	40	40
Душ в групповой установке	0,2	0,14	0,14	500	270	230

Суточный расход воды на водоснабжение предприятия складывается из расходов воды на технологические нужды, на хозяйственно-питьевые и гигиенические процедуры, на пожаротушение и на полив территории, л/сутки:

$$G_{в.}^{сут} = G_{тех} + G_{хоз-пит} + G_{гиг} + G_{пож} + G_{пол.}, \quad (4.1)$$

Далее приводится методика определения расходов ($G_{тех}$; $G_{хоз-пит}$; $G_{гиг}$; $G_{пож}$; $G_{пол}$) в примере расчета.

4.2 Пример расчета расходов воды на водоснабжение

4.2.1 Технологический потребитель

Общий расход воды пропорционален технологическим нормам на единицу оборудования (продукции) $g_{техн}$, либо на одно рабочее место.

В гараже предприятия оборудованы $z = 2$ моечных места с нормируемым расходом $g_{техн} = 1$ л/с; время мойки автомашин $\tau = 1$ час/сут.

Общий расход воды на мойку автомашин составит, л/сут:

$$G_{техн} = g \times \tau \times z = 1 \times 3600 \times 2 = 7200. \quad (4.2)$$

4.2.2 Расход хозяйственно-питьевой воды, л/сут:

$$G_{хоз-пит}^{сут} = g_u^{tot} \times p \times c, \quad (4.3)$$

где g_u^{tot} – норма общего расхода воды в сутки наибольшего потребления (таблица 7), принята 45 л/ чел в смену;

p – численность работающих, равна 18 человек, c – число смен в сутки, принято $c = 2$ смены.

$$G_{хоз-пит}^{сут} = g_u^{tot} \times p \times c = 45 \times 18 \times 2 = 812 \text{ л/сут}$$

С учетом коэффициента неравномерности потребления $K_{ч} = 2,5$ максимальный часовой расход:

$$G_{хоз-пит}^{час} = G_{хоз-пит}^{сут} \times K_{ч} / 24 = 812 \times 2,5 / 24 = 8,5 \text{ л/час.}$$

4.2.3 Гигиенический расход воды на умывальники и душевые в сутки, л/сут:

$$G_{гиг}^{сут} = G_{душ} + G_{ум} = 0,75 \times g_{душ} \times n_1 c + 2,5 \times g_{ум} n_2 c, \quad (4.4)$$

где 0,75 час и 2,5 час – продолжительность пользования душем между сменами и умывальниками в течение смены, соответственно; $g_{\text{душ}} = 500$ л/сут; $g_{\text{ум}} = 60$ л/сут нормы расходов g_u^{tot} (таблица 8); $n_1 = 6$; $n_2 = 4$ – количество душевых сеток и умывальников ; c – число смен, $c = 2$.

$$G_{\text{гиг}} = G_{\text{душ}} + G_{\text{ум}} = 0,75 * g_{\text{душ}} n_1 c + 2,5 * g_{\text{ум}} n_2 c = 0,75 * 500 * 6 * 2 + 2,5 * 60 * 4 * 2 = 5700 \text{ л/сут}$$

4.3. Пожаротушение. Нормы расхода воды

На промышленных предприятиях чаще всего действует объединенный хозяйственно-питьевой противопожарный водопровод. Причин объединения несколько:

- хозяйственно-питьевая водопроводная сеть обычно имеет большую мощность и более разветвлена;
- объединенные сети при строительстве более экономичны;
- объединенные сети более удобны в эксплуатации.

В соответствии с положениями норм государственной противопожарной службы РФ (НПБ-105-95) определены категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, приведенные в таблице 9

Таблица 9 – Категории помещений и характеристика производств

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
А – взрывопожароопасное	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки $t \leq 28$ °С. Взрывоопасные смеси, при воспламенении которых в помещении возникает давление $P \geq 5$ кПа (0,05 ат)
Б – взрывопожароопасное	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки $t \geq 28$ °С, способные образовывать взрывоопасные смеси, при воспламенении которых в помещении возникает давление $P \geq 5$ кПа
В1-В4 – пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые материалы, способные при взаимодействии с O_2 или H_2O или друг с другом только гореть
Г – умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, способные образовывать горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые могут использоваться как топлива
Д – пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Здания и пожарные отсеки их (выделенные противопожарными стенами) подразделяются на 4 категории по степеням огнестойкости его строительных конструкций. Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний:

- потеря несущей способности (R);
- потеря целостности (E);
- потеря теплоизолирующей способности (I).

Таблица 10 – Характеристики огнестойкости зданий

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее					
	Несущие элементы здания	Наружные стены	Межэтажные перекрытия	Покрытие бесчердачное	Лестничные клетки	
					внутр. стены	марши и площадки
I	R – 120	RE – 30	REI – 60	RE – 30	REI 120	R - 60
II	R – 45	RE – 15	REI – 45	RE – 15	REI– 90	R - 45
III	R – 15	RE – 15	REI – 15	RE – 15	REI– 45	R - 30
IV	Не нормируется					

В таблице 11 приведены выборочно расходы воды пожарными кранами диаметром 50 мм и длиной рукавов 10–20 м.

Таблица 11 – Нормы расхода воды на наружное пожаротушение по [4]

Степень огнестойкости	Категория производства по пожарной опасности	Расходы воды на один пожар $g_{нар}$ л/с при объеме здания V тыс. m^3					
		более 3	3–5	5–20	20–50	50–200	200–400
I, II	Г Д	10	10	10	10	15	20
I, II	А Б В	10	10	15	20	30	35
III	Г Д	10	10	15	25	-	-
IV, V	Г Д	10	15	20	30	-	-
IV, V	В	15	20	25	-	-	-

Таблица 12 – Нормы расхода воды на внутреннее пожаротушение $g_{вн}$, л/с по [3]

Высота помещения (компактной струи), м	Расход воды на струю, л/с
6, 8, 10, 12	2,6; 2,9; 3,3; 3,7
14, 16	4,2; 4,6
18 20	5,1; 5,6

4.4 Пример расчета расходов воды на пожаротушение

Для помещения с категорией производства Г и степенью огнестойкости здания II объемом $V = 900 \text{ м}^3$, высотой 8 м норма расхода на наружное пожаротушение $g_{\text{нар}} = 10 \text{ л/с}$ (таблица 11); на внутреннее пожаротушение $g_{\text{вн}} = 2,9 \text{ л/с}$ (таблица 12). В здании предусмотрена установка двух пожарных кранов ($z = 2$).

Расход воды на наружное пожаротушение составит, л/с:

$$G_{\text{нар}} = g_{\text{нар}} \times V = 10 \times 0,9 = 9. \quad (4.5)$$

Расчетный расход воды на внутреннее пожаротушение:

$$G_{\text{вн}} = g_{\text{вн}} \times z = 2,9 \times 2 = 5,8 \text{ л/с}. \quad (4.6)$$

Время работы пожарных кранов 3 час в сутки. Тогда суточный расход воды на пожаротушение внутренним водопроводом равен:

$$G_{\text{вн}}^{\text{сут}} = 5,8 \times 3 \times 3600 = 62500 \text{ л/сут.}$$

4.5 Поливка заводских тротуаров и проездов, газонов и цветников

Расход воды на полив пропорционален площади поливов F и норме расхода на 1 м^2 $g_{\text{u}}^{\text{tot}}$ (таблица 7):

Площадь заводских поливаемых территорий 200 м^2 , цветников 70 м^2 .

Суточный суммарный расход воды на двукратную поливку равен:

$$G_{\text{пол}}^{\text{сут}} = 2 \sum g_{\text{u}}^{\text{tot}} \times F = 2 (0,5 \times 200 + 5 \times 70) = 900 \text{ л/сут.} \quad (4.7)$$

4.6. Общий расход в сети водоснабжения предприятия по уравнению (4.1) составит:

$$\sum G^{\text{сут}} = 7200 + 812 + 62500 + 900 = 71412 \text{ л/сут.}$$

Годовой расход воды помимо технологического, хозяйственно-питьевого, гигиенического потребления, действующего в период рабочих суток 1 год, включает число возможных пожаров (2...5) и число летних дней для полива (60):

$$\begin{aligned} \sum &= 10^{-3} ((G_{\text{техн}}^{\text{сут}} + G_{\text{хоз-пит}}^{\text{сут}} + G_{\text{гиг}}^{\text{сут}}) \times 1 \text{ год} + G_{\text{пож}} \times 3 + 60 \times G_{\text{пол}}^{\text{сут}}) = \\ &= 10^{-3} ((7200 + 812 + 5700) \times 242 + 5 \times 62500 + 60 \times 900) = 3685 \text{ м}^3/\text{год} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Сети объединенного хозяйственно-противопожарного и производственно-противопожарного водопроводов должны проверяться на пропуск расчетного расхода воды на пожаротушение при наибольшем расходе воды на хозяйственно-питьевые нужды. При этом расходы на пользование душем, мытье полов, поливку территории не учитываются.

В данной контрольной работе проверка пропускной способности сети на суммарный расчетный расход воды не проводится.

5 ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Потребность предприятия в горячей воде складывается из расходов воды на технологические и бытовые нужды, л/сутки:

$$G_{г. в. с.} = G_{тех} + G_{быт.} \quad (5.1)$$

Расход воды на выпуск продукции $G_{тех}$ рассчитывается по технологическим нормам производства и в объеме данной контрольной работы не выполняется.

5. 1 Расход горячей воды на бытовые нужды сантехническими приборами определяется в соответствии с положениями СНиП 2.04.01-85 по уравнению

$$G_{быт} = 5g_o \times \alpha, \text{ л/с}, \quad (5.2)$$

где g_o – удельные нормы расходов горячей воды, значения которых приведены в таблице 13;

α – безразмерная величина, находится в зависимости от общего числа водоразборных приборов N и вероятности их действия в час наибольшего потребления P (таблица 14).

Таблица 13 – Нормы расходов воды санитарными приборами, л/с

Тип прибора	Расчетный расход g_o , л/с	Наибольший расход g_u , л/ч
Смеситель умывальника	0,09	80
Душ в групп. установках	0,14	360

Таблица 14 – Значение величины α в зависимости от числа N и вероятности действия P

Число приборов N	P – вероятность действия приборов						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
2	0,39	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
4	0,58	0,69	0,78	0,8	0,8	0,8	0,8
6	0,72	0,9	1,11	1,12	1,16	1,2	1,2
8	0,84	1,08	1,39	1,39	1,5	1,58	1,59
10	0,95	1,25	1,52	1,66	1,81	1,94	1,97
12	1,05	1,41	1,74	1,92	2,11	2,29	2,36
14	1,14	1,57	1,85	2,17	2,4	2,63	2,75

5.2 Пример расчета горячего водоснабжения

На предприятии установлены 4 умывальника со смесителями ($N_{ум} = 4$) и 6 душевых сеток ($N_{душ} = 6$) при вероятности их одновременного действия $P_{ум} = 0,3$ и $P_{душ} = 0,7$. Значения показателей вероятности P определяются с учетом отношений расходов g_o , g_u и (таблица 13); численности персонала, времени

пользования приборами. С допустимой точностью данного расчета величины $R_{ум}, R_{душ}$ принимаются одинаковыми для всех вариантов задания.

Коэффициенты α выбираются из таблицы и в данном примере равны:

для умывальников со смесителями	$\alpha = 0,76;$
для душевых сеток	$\alpha = 1,2$

5.2.1 Расход горячей воды по уравнению 5.2 составит:

$$G_{ум} = 5g_0 \times \alpha \times N = 5 \times 0,09 \times 0,76 \times 4 = 3,025 \text{ л/с,}$$

$$G_{душ} = 5g_0 \times \alpha \times N = 5 \times 0,14 \times 1,2 \times 6 = 10,15 \text{ л/с.}$$

5.2.2 Тепловой поток на подогрев горячей воды:

$$\left. \begin{aligned} Q_{ум} &= G_{ум} \times \rho \times c_p \times (t_g - t_x) = 3,025 \times 1 \times 4,19 \times 55 = 695 \text{ кВт;} \\ Q_{душ} &= G_{душ} \times \rho \times c_p \times (t_g - t_x) = 10,15 \times 1 \times 4,19 \times 55 = 2325 \text{ кВт,} \end{aligned} \right\} (5.3)$$

где $G_{ум}, G_{душ}$ – расходы горячей воды, л/с;

$\rho = 1 \text{ кг/л}$ – уд. плотность воды; $C_v = 4,19 \text{ кДж/(кг*К)}$ – массовая теплоемкость воды, кДж/(кгК);

t_g, t_x – температура, соответственно, горячей и холодной воды, 65 и 5 °С.

5.2.3 Годовой расход тепла на нагрев воды для горячего водоснабжения

В течение 242 рабочих дней в году и при продолжительности работы умывальников 5 час/сут и душевых 1,5 час/сут годовой расход тепла составит:

$$Q_{г.в.с.} = I_g (Q_{ум} \times 5 + Q_{душ} \times 1,5), \quad (5.4)$$

$$Q_{г.в.с.} = 242 (695 \times 5 + 2325 \times 1,5) = 1265962 \text{ кВт.ч} = 1265,96 = 4558 \times 10^3 \text{ МДж.}$$

6 ПАРΟΣНАБЖЕНИЕ

В системе теплоснабжения современных промышленных предприятий используется два теплоносителя: пар – для технологических нужд и горячая вода для сантехнических потребителей (душевые, умывальники и т. п.). В ряде случаев пар может быть использован и для покрытия нагрузок отопления, вентиляции, горячего водоснабжения.

6.1 Классификация тепловых потребителей

Потребителей тепла подразделяют на две группы: 1) сезонные и 2) круглогодные. Сезонные потребители используют тепло в течение сезона, при этом потребность в тепле зависит от климатических условий. В расчете систем отопления, вентиляции, кондиционирования использовались значения температур наружного воздуха ($t_{но}, t_{нв}, t_{со}$). Расход тепла в течение суток у сезонных потребителей сравнительно постоянный, годовой – резко переменный. Величины расходов тепла сезонными потребителями отопления и вентиляции найдены ранее (пп. 1, 2).

Круглогодные потребители тепла, к которым относят горячее водоснабжение жилищно-коммунального сектора и технологические процессы производства, отличаются переменным суточным графиком и относительно постоянным годовым.

Максимальные тепловые потоки и годовое потребление системы горячего водоснабжения предприятия определено ранее (пп. 5.2.2; 5.2.3).

6.2 Технологический потребитель. Удельные нормы расхода тепла

Тепловая энергия поступает от источника к потребителю с помощью теплоносителей (насыщенного пара низкого давления, горячей воды с температурой 120 – 170 °С) и используется в процессах нагрева, пропарки, сушки, выпаривания растворов, в паровых приводах машин и т. п. Расход тепловой энергии пропорционален удельным технологическим нормам тепла на единицу продукции ($q_{\text{техн}}$) и объему выпуска продукции ($P_{\text{сут}}$, $P_{\text{год}}$). В таблице 15 приведены примеры технологических норм теплотребления для некоторых производств [5].

Таблица 15 – Удельные нормы расхода тепла на выпуск продукции, $q_{\text{техн}}$ по [5]

Производство, вид продукции	Единицы измерения	Норма расхода тепла $q_{\text{техн}}$	Теплоноситель, параметры (давление, температура)
1	2	3	4
Металлургия, сталь	т	0,126 ГДж/т	Пар $P = 1,7\text{МПа}$
Химическое, синтетическое волокно	т	68,5 ГДж/т	Пар $P = 0,9\text{МПа}$; горячая вода $T = 170\text{ }^{\circ}\text{C}$
Химическое, автопокрышки	тыс. штук	5,86 ГДж/ 10^3 шт	Пар $P = 4\text{МПа}$
Стройматериалов, ж/б конструкции	тыс. м^3	1969 ГДж/ 10^3м^3	Пар $P = 0,8\text{МПа}$; горячая вода $T = 170\text{ }^{\circ}\text{C}$
Стройматериалов, ячеистый бетон	м^3	0,6 ГДж/ м^3	Пар $P = 1,3\text{МПа}$; горячая вода $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
Стройматериалов, древесностружечные плиты	м^3	4,6 ГДж/ м^3	Пар $P = 1\text{МПа}$; горячая вода $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

6.3 Возврат конденсата

Применение водяного пара сопровождается образованием потоков конденсата при температурах, близких к температуре насыщения соответствующего давления. Такие потоки конденсата могут быть использованы как источники вторичных тепловых ресурсов (ВЭР) для отопления помещений, в системах вентиляции, кондиционирования. Образовавшийся у потребителя конденсат воз-

вращается к источнику теплоснабжения не полностью, с коэффициентом возврата $\eta_{\text{возв}} = 0,9-0,1$. Причиной потерь вещества являются:

- 1) утечки пара и конденсата через неплотности в арматуре и фланцевых соединениях;
- 2) загрязнение конденсата продуктами коррозии трубопроводов маслами, фенолами, бензолами и пр. в теплоиспользующих установках;
- 3) использование смешивающих теплообменников в технологических схемах предприятий.

Сокращение потерь конденсата существенно снижается при установке конденсатоотводчиков – специальной арматуры, запирающей проскоки пара в конденсатопровод.

6.4 Определение расходов пара технологическим потребителем

Потребность в тепле для нужд технологического процесса рассчитывается по удельным нормам расхода тепла на единицу выпускаемой продукции ($q_{\text{техн}}$) (таблица 15) пропорционально объему выпуска (Π), см. таблицу исходных данных.

Суточный расход тепла на технологию, ГДж/сут:

$$Q_{\text{техн}}^{\text{сут}} = q_{\text{техн}} \times \Pi_{\text{сут}} \quad (6.1)$$

Годовой расход тепла на технологию, ГДж:

$$Q_{\text{техн}}^{\text{год}} = Q_{\text{техн}}^{\text{сут}} \times I_{\text{г}}, \quad (6.2)$$

где $I_{\text{г}}$ – число рабочих дней в году.

Расчетная тепловая мощность технологического теплоснабжения принимается равной секунднему расходу тепла, МВт:

$$Q_{\text{техн}} = Q_{\text{техн}}^{\text{сут}} \times 10^3 / 24 \times 3600, \quad (6.3)$$

Расчетный расход пара, поданного технологическому потребителю пропорционален тепловой мощности $Q_{\text{техн}}$, отнесенной к разности энтальпий пара и конденсата, т/час:

$$D_{\text{техн}} = Q_{\text{техн}} \times 3,6 / (h'' - h') \times \eta_{\text{ут}}, \quad (6.4)$$

где h'' ; h' – удельные энтальпии насыщенного пара и конденсата при известном давлении пара, поступающего на производство, кДж/кг (приложение 2);

$\eta_{\text{ут}}$ – коэффициент, учитывающий утечки пара, принимается равным 0,8–0,95.

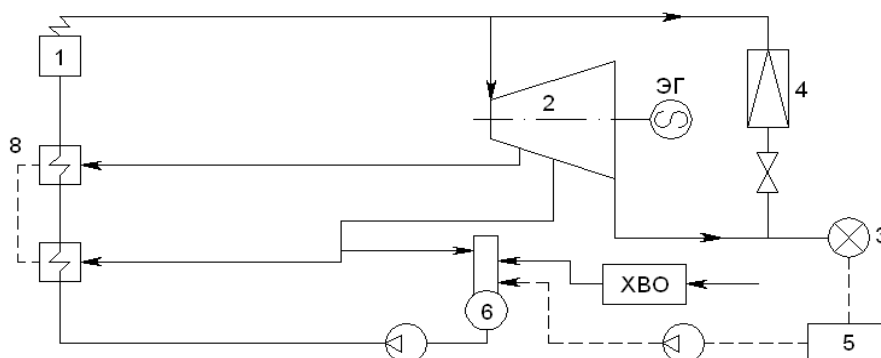
По тепловой мощности можно найти потребное количество условного топлива на выпуск продукции, кг/с:

$$B_{\text{ут}} = Q_{\text{техн}} / Q_{\text{н}}^{\text{р}} \times \eta_{\text{кит}}, \quad (6.5)$$

где $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – низшая теплота сгорания условного топлива, равная 29,3 МДж/кг;

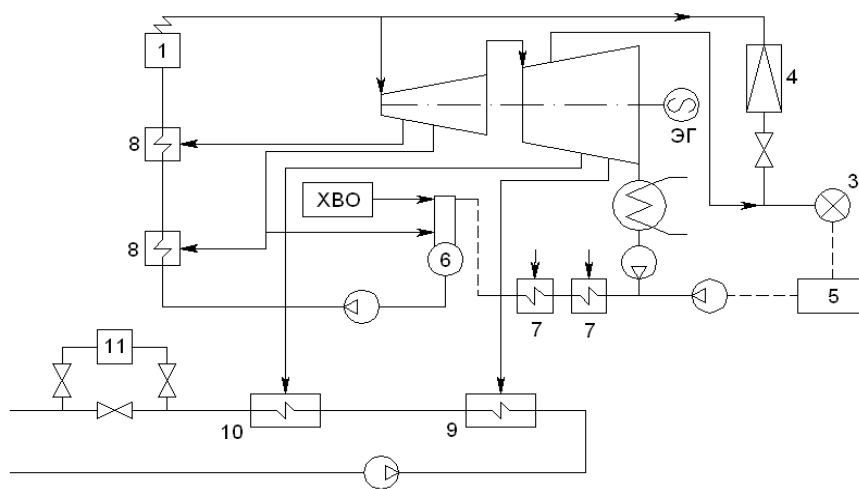
$\eta_{\text{кит}}$ – коэффициент использования топлива в теплогенераторах, величина которого может быть принята в пределах 0,7–0,85.

В качестве теплогенераторов могут рассматриваться паровые котлы промышленных котельных либо теплофикационные турбины с промышленными отборами пара. Принципиальные схемы ТЭЦ с турбогенераторами различных типов представлены на рисунках 1–3.



1 – парогенератор; 2 – паровая турбина; 3 – производственный потребитель пара; 4 – редуционно-охлаждающее устройство **РОУ**; 5 – бак сбора конденсата от внешнего потребителя; 6 – деаэратор; 7 – регенеративные подогреватели питательной воды низкого давления; 8 – регенеративные подогреватели питательной воды высокого давления; **ХВО** – цех химводоочистки; **ЭГ** – электрогенератор.

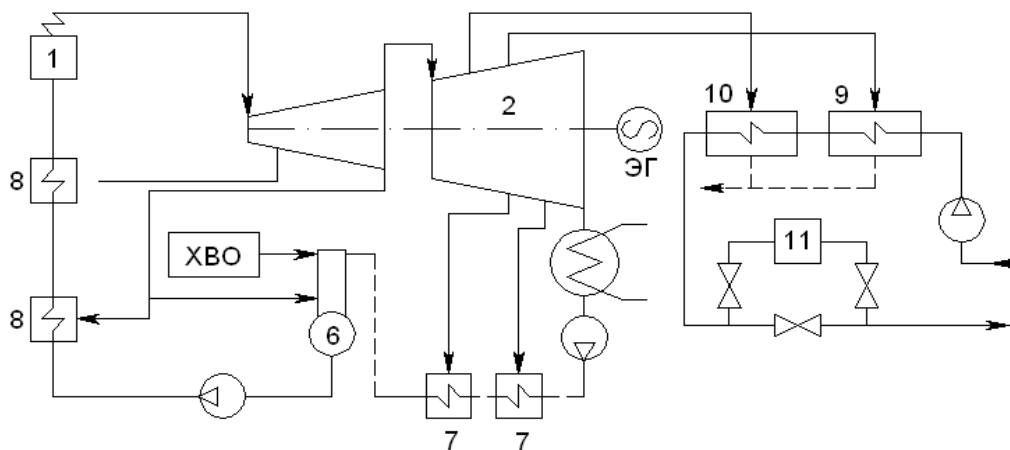
Рисунок 1 – Турбогенератор с противодавленческой турбиной типа **Р**



1 – парогенератор; 2 – паровая турбина; 3 – производственный потребитель пара; 4 – редуционно-охлаждающее устройство **РОУ**; 5 – бак сбора конденсата от внешнего потребителя; 6 – деаэратор; 7 – регенеративные подогреватели питательной воды низкого давления; 8 – регенеративные подогреватели питательной воды высокого давления; 9, 10 – сетевые подогреватели; 11 – пиковый водогрейный котёл;

ХВО – цех химводоочистки; **ЭГ** – электрогенератор.

Рисунок 2 – Турбогенератор с турбиной типа **ПТ** с двумя теплофикационными отборами пара: производственным повышенного давления $P=1,2-1,8$ МПа и отопительным



1 – парогенератор; 2 – паровая турбина; 3 – производственный потребитель пара; 4 – редуциционно-охлаждающее устройство **РОУ**; 5 – бак сбора конденсата от внешнего потребителя; 6 – деаэрактор; 7 – регенеративные подогреватели питательной воды низкого давления; 8 - регенеративные подогреватели питательной воды высокого давления; 9, 10 – сетевые подогреватели; 11 – пиковый водогрейный котёл; **ХВО** – цех химводоочистки; **ЭГ** – электрогенератор.

Рисунок 3 – Турбогенератор с турбиной типа **ПТ** с двумя теплофикационными отборами пара: производственным повышенного давления $P=120\text{--}250$ кПа и отопительным

6.5 Пример расчета потребности пара на производство древесностружечных плит

Суточный выпуск продукции задан $\Pi = 15$ м³/сут.

Уд. норма расхода тепла на единицу продукции $q_{\text{техн}} = 4,6$ ГДж/ м³ (таблица 16).

Давление пара $P = 1,3$ МПа.

Энтальпии насыщенного пара и жидкости $h'' = 2778$ кДж/кг ; $h' = 762$ кДж/кг (приложение 2).

Суточный расход тепла на выпуск продукции по (6.1):

$$Q^{\text{сут}}_{\text{техн}} = q_{\text{техн}} \times \Pi_{\text{сут}} = 4,6 \times 15 = 69 \text{ ГДж/сут.}$$

Расчетная тепловая мощность технологического теплопотребления принимается равной секунднему расходу тепла:

$$Q_{\text{техн}} = Q^{\text{сут}}_{\text{техн}} \times 10^3 / 24 \times 3600 = 69 \times 10^3 / 24 \times 3600 = 0,79 \text{ МВт.}$$

По величине расчетной тепловой мощности технологического потребителя может быть найден расход теплоносителя (пара, горячей воды) и выбрана производительность теплогенератора.

Годовой расход тепла на технологию по уравнению (6.2):

$$Q^{\text{год}}_{\text{техн}} = Q^{\text{сут}}_{\text{техн}} \times I_{\Gamma} = 69 \times 242 = 16\,696 \text{ ГДж.}$$

Расчетный расход пара, поданного технологическому потребителю пропорционален тепловой мощности $Q_{\text{техн}}$, отнесенной к разности энтальпий пара и конденсата по уравнению (6.4):

$$D_{\text{техн}} = Q_{\text{техн}} \times 3,6 / (h'' - h') \times \eta_{\text{УТ}} = 0,79 \times 3,6 / (2778 - 762) \times 0,9 = 0,0014 \text{ т/час.}$$

На рисунках 1–3 представлены схемы теплофикационных электростанций (ТЭЦ) с различными типами паровых турбин.

Рисунок 1 – на выходе из турбины отработанный пар имеет повышенное давление, более 100 кПа и направляется как технологический теплоноситель на производство;

Рисунок 2 – Отработанный пар поступает в конденсатор, где поддерживается глубокий вакуум системой циркуляционного охлаждения;

Рисунок 3 – Отработавший пар поступает в подогреватели тепловых сетей, где подготавливается теплоноситель, горячая вода с температурой $t = 150\text{--}170 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расход условного топлива на выпуск продукции по уравнению (6.5):

$$B_{\text{УТ}} = Q_{\text{техн}} / Q_{\text{н}}^{\text{р}} * \eta_{\text{кит}} = 0,79 / 29,3 * 0,75 = 0,02 \text{ кг/с} = 72 \text{ кг/час.}$$

7. Общая годовая потребность предприятия в тепловой энергии есть сумма составляющих расходов тепла на отопление, приточную вентиляцию, горячее водоснабжение и технологию:

$$\sum Q = Q_{\text{о.}}^{\text{год}} + Q_{\text{в.}}^{\text{год}} + Q_{\text{Г.В.С.}}^{\text{год}} + Q_{\text{техн.}}^{\text{год}} \quad (6.6)$$

Результаты расчетов рассмотренных примеров привели к итогу:

$$\begin{aligned} \sum Q &= Q_{\text{о.}}^{\text{год}} + Q_{\text{в.}}^{\text{год}} + Q_{\text{Г.В.С.}}^{\text{год}} + Q_{\text{техн.}}^{\text{год}} = (2361 + 465 + 4558 + 16696) \times 10^3 = \\ &= 24080 \times 10^3 \text{ ГДж.} \end{aligned}$$

Итоги выполненного расчета расходов тепла по составляющим (6.6) следует представить в табличной форме, указав относительные величины в %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Тепловое оборудование и тепловые сети : учебник для вузов / Г. В. Арсеньев, В. П. Белоусов, А. А. Дранченко [и др.]. – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.

2 СНиП 2.04.05.91 Отопление, вентиляция, кондиционирование.

3 СНиП 2.04.01.85 Внутренний водопровод и канализация зданий / Госстрой СССР. – Москва : ЦИТП, 1986. – 66 с.

4 Кузнецова А. Е. Противопожарное водоснабжение промышленных предприятий / А. Е. Кузнецова. – Москва : Стройиздат, 1985. – 199 с.

5 Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы : справочник / под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – Москва : Энергия, 1980. – 528 с.

Приложение 1

Физические параметры сухого воздуха при давлении 101325 н/м²
(P=101,3 кПа=1ат)

Температура t, °С	Уд. плотность ρ, кг/м ²	Уд. массовая теплоемкость C _p , кДж/(кг К)	Уд. объемная теплоемкость C _p ρ кДж/(м ³ К)
-10	1,342	1,009	0,752
0	1,293	1,005	0,777
10	1,247	1,005	0,806
20	1,205	1,006	0,835
30	1,165	1,006	0,864
40	1,128	1,007	0,893
50	1,093	1,008	0,922
60	1,060	1,008	0,951
70	1,029	1,009	0,981
80	1,000	1,009	1,009
90	0,972	1,010	1,039
100	0,946	1,011	1,069
120	0,898	1,013	1,128

Сухой насыщенный пар и вода на кривой насыщения

Давление Р кПа	Температура t_n °С	Удельная энтальпия		Удельная энтропия	
		h'	h''	S'	S''
		кДж/кг		кДж/кг·К	
5	32,9	137,8	2561	0,476	8,39
10	45,8	191,8	2584	0,649	8,15
20	60,1	251,5	2609	0,832	7,9
30	69,1	289,3	2625	0,944	7,77
50	81,3	340,5	2645	1,1	7,6
100	99,6	417,5	2675	1,3	7,36
110	102,3	429	2679	1,33	7,32
120	104,8	439,4	2683	1,36	7,3
130	107	449	2687	1,39	7,27
140	109	458,5	2690	1,41	7,25
150	111	467	2693	1,43	7,22
160	113	475	2696	1,46	7,2
170	115	483	2699	1,48	7,18
180	117	491	2702	1,49	7,16
190	118,6	498	2704	1,51	7,15
200	120,2	504,7	2707	1,53	7,13
260	128,7	541	2719	1,62	7,04
300	133,5	561,7	2726	1,67	6,99
400	143,6	604,1	2739	1,77	6,9
500	152	640	2749	1,86	6,82
800	170,4	721	2769	2,05	6,66
900	175	746	2775	2,01	6,6
1000	179,8	763	2778	2,14	6,59
1200	187	798	2785	2,16	6,52
1300	191	814,5	2787	2,25	6,495
1400	195	830	2790	2,28	6,447
1500	198	844	2792	2,31	6,445
1600	201	858	2793	2,34	6,42
1800	207	884	2796	2,397	6,379
2000	212	961	2802	2,554	6,25

Савельев Виктор Андреевич

**Энергоснабжение
промышленного предприятия**

Методические указания
к выполнению самостоятельной работы
по дисциплине «Общая энергетика»
для студентов направления бакалавриата 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»,
Направленность «Электроснабжение»

Редактор В. С. Никифорова

Подписано к печати 11.03.2024 Формат 60x84 1/16
Печать цифровая Усл. печ. л. 1,5
Заказ 6 Тираж 25

Бумага 80 г/м²
Уч.-изд. л. 1,5
Не для продажи

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640020, г. Курган, Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.