

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»**
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра промышленной теплоэнергетики

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**
Выполнение контрольных работ

Методические указания для студентов заочной формы обучения
по направлению подготовки
13.03.01 — Теплоэнергетика и теплотехника

Составители:
С. И. Смородин
В. И. Белоусов
А. И. Иванов
К. Г. Мисютина

Санкт-Петербург
2022

Утверждено
на заседании кафедры ПТЭ
13.09.2022 г., протокол № 1

Рецензент Н. Н. Гладышев

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Проектирование источников энергии в промышленной теплоэнергетике» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». В методических указаниях приведены контрольные вопросы и методики решения задач, необходимые при выполнении контрольной работы.

Методические указания предназначены для подготовки бакалавров заочной формы обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве
методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 15.11.2022 г. Рег. № 5126/22

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ	4
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА	5
Задачи и методические указания к контрольной работе	5
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	15

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Курс «Проектирование источников энергии в промышленной теплоэнергетике» необходимо изучать по темам и разделам в той последовательности, которая дается в рабочей программе. При изучении курса необходимо добиваться полного понимания изучаемого материала. Прежде всего, следует выучить назначение элементов оборудования котельных и требования к выбору оборудования. Освоить методики расчетов тепловой схемы котельной и оборудования.

Учебным планом по курсу «Проектирование источников энергии в промышленной теплоэнергетике» предусмотрен зачет. Для сдачи зачета необходимо выполнить контрольную работу.

Контрольная работа выполняется по варианту задания, согласно шифру (номеру зачетной книжки) студента. Работы, выполненные не по установленному варианту, рассматриваться не будут, они возвращаются студенту без зачета.

При выполнении контрольных работ необходимо руководствоваться следующими указаниями:

- Каждая контрольная работа должна быть выполнена полностью и содержать квалифицированный ответ на поставленный вопрос, а также решение задач. В каждой контрольной работе необходимо обязательно выписывать полностью условие задач и содержание поставленного вопроса.
- Вычисления при решении задач давать в развернутом виде, показывая все подстановки и преобразования.
- Необходимо строго следить за исходными данными, их размерностью и за размерностью вычисленных величин. При выполнении контрольных заданий необходимо пользоваться международной системой единиц измерения СИ.

На обложке тетради каждой контрольной работы нужно написать разборчивым почерком фамилию и инициалы студента, шифр, кафедру, наименование изучаемой дисциплины, номер контрольного задания и адрес.

Задания для контрольных работ выбираются из предлагаемых 10 вариантов по шифру зачетной книжки студента, причем номер варианта серии вопросов соответствует последней цифре шифра, а варианты исходных данных задач соответствуют предпоследней цифре шифра.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

№ варианта	Вопросы
0	Описание тепловой схемы котельной и назначение оборудования.
1	Схема мазутного хозяйства. Назначение и характеристики оборудования.
2	Газоснабжение котельных. Схемы ГРП, назначение оборудования.
3	Назначение водоподготовки в котельных. Выбор схемы ХВО.
4	Конструкции и технические характеристики котлов отопительных котельных. Выбор котельного оборудования.
5	Конструкции и назначение теплообменного оборудования в котельных. Требования к выбору теплообменного оборудования.
6	Режимы потребления теплоты. Расчет потребления тепла на отопление, на горячее водоснабжение и вентиляцию.
7	Конструкции и технические характеристики жаротрубных котлов. Принцип работы.
8	Насосное оборудование в котельных. Назначение и типы насосов. Требования к выбору насосного оборудования.
9	Дымовые трубы. Назначение, конструкции, требования к установке дымовых труб

Задачи и методические указания к контрольной работе

Задача 1. Выполнить расчет потребности котельной в топливе. Топливо – природный газ.

Исходные данные в табл. 1, 2.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1, 2

Вариант (предпоследняя цифра шифра)	Расход тепла на отопление и вентиляцию $Q'_{ов}$, МВт	Расход тепла на ГВС $Q'_{ГВС}$, МВт	Город
0	5	1	Архангельск
1	5,5	1,2	Екатеринбург
2	6	1,5	Казань
3	7	1,2	Киров

Окончание табл. 1

Вариант (предпоследняя цифра шифра)	Расход тепла на отопление и вентиляцию $Q'_{об}$, МВт	Расход тепла на ГВС $Q'_{ГВС}$, МВт	Город
4	7,5	1,9	Москва
5	8	1,4	Мурманск
6	9	2,1	Пермь
7	10,2	1,8	Петрозаводск
8	11,4	2,2	Санкт- Петербург
9	11,6	1,2	Саратов

Таблица 2 – Исходные данные к задаче 1, 2

Город	Отопительный период			
	Продолжительность отопительного периода, сут	Температура воздуха, °С		
		расчетная для проектирования отопления $t_{но}$	средняя отопительного периода	средняя самого холодного месяца
Архангельск	250	-33	-4,5	-12,5
Екатеринбург	221	-35	-5,4	- 15,3
Казань	208	-31	-5,4	- 13,5
Киров	223	-32	-5,0	-14,2
Москва	205	-25	-2,2	-9,4
Мурманск	278	-30	-3,4	- 10,1
Пермь	225	-35	-5,5	- 15,1
Петрозаводск	235	-28	-3,2	-12,2
Санкт- Петербург	213	-24	-1,3	-6,6
Саратов	188	-25	-3,5	- 11,9

Методические указания к выполнению задачи 1

Расход тепла на отопление и вентиляцию:

$Q'_{об}$, МВт.

Расход тепла на горячее водоснабжение:

$Q'_{гвс}$, МВт.

Продолжительность отопительного периода:

$\Pi_{от}$, суток.

Число часов работы систем отопления и вентиляции в сутки:

$\Pi_{об} = 24$ часа.

Расчетная температура воздуха внутри помещения:

$t_{вр} = 20$ °С.

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления:

$t_{нро}$, °С.

Температура наружного воздуха наиболее холодного месяца:

$t_{вх.м.}$, °С.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период:

$t_{всп.от.}$, °С.

Температура холодной воды в зимний и летний периоды соответственно:

$t_{х.з.} = 5$ °С, $t_{х.л.} = 15$ °С.

Температурный график котельной: $t_{пр}/t_{обр}$, °С.

Расчет

Средний расход тепла на отопление и вентиляцию:

$$Q_{об} = Q'_{об} \cdot \frac{t_{вр} - t_{ср.от.}}{t_{вр} - t_{нро}}, \text{ МВт.}$$

Средний расход тепла на горячее водоснабжение в летний период:

$$Q_{гвс}^л = Q'_{гвс} \cdot \frac{t_{гвс} - t_{х.л.}}{t_{гвс} - t_{х.з.}} \cdot \beta, \text{ МВт,}$$

где $t_{гвс}$ – температура горячей воды °С; β – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на ГВС в летний период года, $\beta = 0,8$;

Годовой расход тепла на отопление и вентиляцию:

$$Q_{об}^{год} = Q_{об} \cdot 24 \cdot \Pi_{от} \cdot 3600, \text{ МДж/год,}$$

где $\Pi_{от}$ – продолжительность отопительного периода суток за год;

Годовой расход тепла на горячее водоснабжение:

$$Q_{гвс}^{год} = Q_{гвс} \cdot 24 \cdot \Pi_{от} \cdot 3600 + Q_{гвс}^л \cdot 24 \cdot (350 - \Pi_{от}) \cdot 3600, \text{ МДж/год,}$$

где 350 – расчетное число суток в году работы системы горячего водоснабжения;

$(350 - \Pi_{от})$ – продолжительность неотапливаемого периода суток за год.

Суммарный годовой отпуск тепла:

$$Q_{отп}^{год} = Q_{об}^{год} + Q_{гвс}^{год}, \text{ МДж/год.}$$

Суммарный годовой расход тепла с учетом потерь (годовая выработка тепла котельной):

$$Q_{\text{выр}}^{\text{год}} = 1,1 \cdot Q_{\text{отп}}^{\text{год}}, \text{ МДж/год.}$$

Годовой расход условного топлива:

$$B_{\text{усл}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{выр}}^{\text{год}}}{Q_{\text{усл}}^{\text{г}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \text{ т/год,}$$

где $Q_{\text{усл}}^{\text{г}}$ – теплота сгорания условного топлива, $Q_{\text{усл}}^{\text{г}} = 29330 \text{ МДж/т}$; $\eta_{\text{к}}$ – КПД котлоагрегата.

Годовой расход газа:

$$B_{\text{г}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{выр}}^{\text{год}}}{Q_{\text{г}}^{\text{д}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \text{ тыс. м}^3/\text{год,}$$

где $Q_{\text{г}}^{\text{д}}$ – теплота сгорания газа, МДж/тыс.м³(можно выбрать любой газ из табл. 5).

Задача 2. Выполнить расчет тепловой схемы котельной (рис. 1) на максимально-зимний режим. Температура воды на ГВС 65 °С. Температурный график теплосети для вариантов 0 – 5 95/70 °С, для вариантов 5 – 9 105/70 °С. Температура прямой воды в циркуляционном контуре $\tau_1 = 110 \text{ °С}$, температура обратной воды в циркуляционном контуре $\tau_2 = 75 \text{ °С}$.

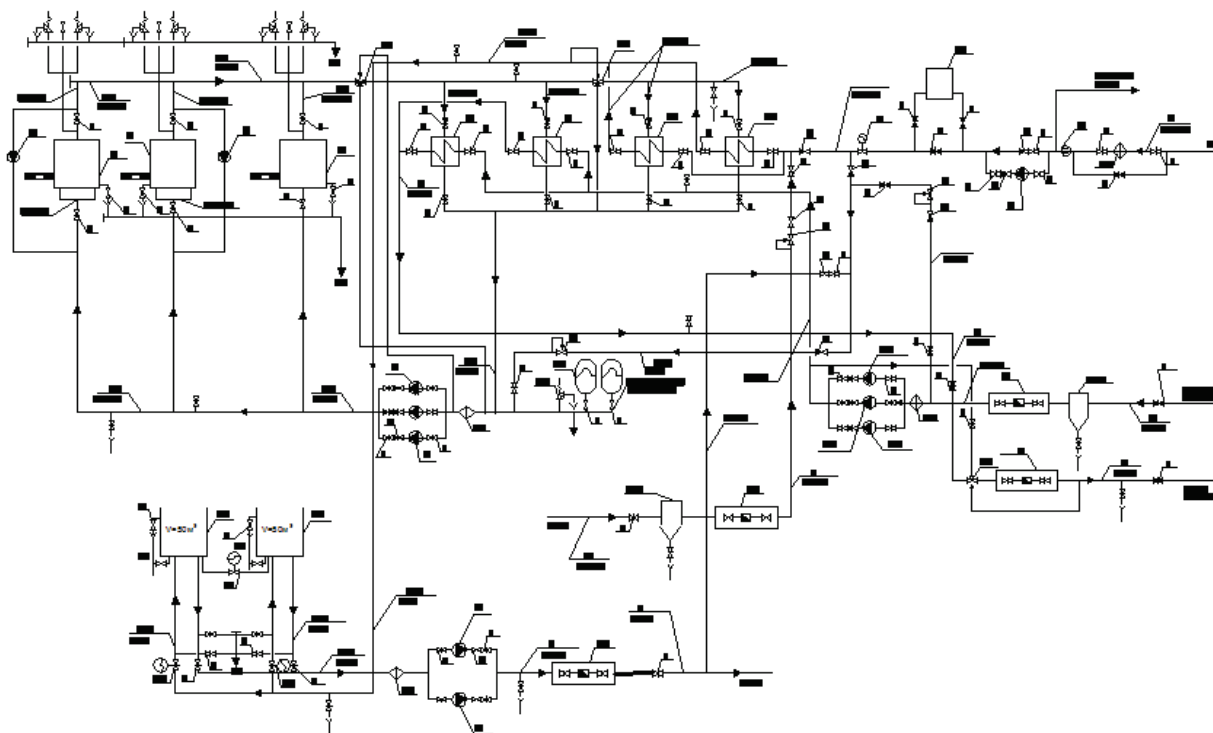


Рис. 1. Тепловая схема котельной

Методические указания к выполнению задачи 2

Исходные данные

Тепловые нагрузки котельной при максимально-зимнем режиме:

- на отопление и вентиляцию:

$$Q_{\text{ОВ}} = Q'_{\text{ОВ}}, \text{ МВт},$$

где $t_{\text{вр}}$ – расчетная температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_{\text{нро}}$, – расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °С;

$t_{\text{в}}$ – температура наружного воздуха.

- на горячее водоснабжение

$$Q'_{\text{ГВС}}, \text{ МВт}.$$

Параметры теплоносителя в данном расчетном режиме следующие:

- температура прямой сетевой воды t_1 , °С;

- температура обратной сетевой воды t_2 , °С;

- температура воды для горячего водоснабжения $t_{\text{ГВС}}$, °С.

Потери тепла в теплосетях на собственные нужды:

$$Q_{\text{ПОТ}} = 0,1 \times (Q_{\text{ОВ}} + Q_{\text{ГВС}}), \text{ МВт}.$$

Суммарная тепловая нагрузка котельной:

$$Q_{\text{КОТ}} = Q_{\text{ОВ}} + Q_{\text{ГВС}} + Q_{\text{ПОТ}}, \text{ МВт}.$$

Расчетный расход сетевой воды для нужд отопления и вентиляции:

$$G_{\text{ОВ}} = 1,1 \cdot Q_{\text{ОВ}} \cdot 10^3 / (t_1 - t_2) \cdot C, \text{ кг/с},$$

где C – теплоемкость воды кДж/кг°С.

Расчетный расход воды для нужд горячего водоснабжения:

$$G_{\text{ГВС}} = 1,1 \cdot Q_{\text{ГВС}} \cdot 10^3 / (t_{\text{ГВС}} - t_{\text{ХЗ}}) \cdot C, \text{ кг/с}.$$

Расчетный расход воды для подпитки теплосети:

- для закрытых систем теплоснабжения

$$G_{\text{ПОД}} = \frac{0,75}{100} \cdot (Q_{\text{ГВС}} + Q_{\text{ОВ}}) \text{ кг/с}.$$

Температуру прямой и обратной воды в циркуляционном контуре можно принять на 5 °С выше, чем в сетевом.

Температура прямой воды в циркуляционном контуре τ_1 , °С.

Температура обратной воды в циркуляционном контуре τ_2 , °С.

Температура исходной воды $t_{\text{ХЗ}} = 5$ °С.

Расход котловой воды на теплообменник ГВС:

$$G_{\text{ТОГВС}} = \frac{G_{\text{ПОД}} \cdot (t_{\text{ГВС}} - t_{\text{ХЗ}})}{(\tau_1 - \tau_2) \cdot \eta}, \text{ кг/с},$$

где η – КПД теплообменника $\eta = 0,98$.

Расход котловой воды на блок подогревателей сетевой воды:

$$G_{\text{ТОСВ}} = \frac{1,1 \cdot Q_{\text{ОВ}} \cdot 10^3}{(\tau_1 - \tau_2) \cdot C \cdot \eta} \text{ кг/с}.$$

Расход воды через котлы:

$$G_{\text{К}} = G_{\text{ТОГВС}} + G_{\text{ТОСВ}}, \text{ кг/с}.$$

Задача 3. Исходя из полученных значений расходов воды произвести выбор сетевых насосов, насосов котлового контура, насосов циркуляции ГВС.

Методические указания к выполнению задачи 3

Выбор насосного оборудования производится по производительности (расходу воды) и напору насоса. Расход воды в соответствующем контуре определяется по выполненному расчету тепловой схемы (Задача 2). Количество насосов в каждом контуре не менее двух (один рабочий, второй резервный).

Напор в сетевом контуре принимаем 3 бара (давление прямой воды 6 бар, обратной 3 бара). Напор насосов котлового контура – 1 бар, напор насосов контура ГВС – 2 бара.

Технические характеристики насосов можно выбрать в табл. 3.

Таблица 3 – Технические характеристики консольных насосов типа К

Марка насоса	Подача, м ³ /час	Напор, м в. ст.	Частота вращения, об/мин	Мощность эл. дв., кВт
К 8/18	8	18	3000	1,5 2,2
К 20/18	20	18	3000	2,2
К 20/30	20	30	3000	4,0
К 45/30	45	30	3000	7,5
К 45/30a	35	22	3000	5,5
К 90/20	90	20	3000	7,5
К 50-32-125	12,5	20	3000	2,2
К 65-50-125	25	20	3000	3,0
К 65-50-160	25	32	3000	5,5
К 80-65-160	50	32	3000	7,5
К 80-50-200	50	50	3000	15,0
К 80-50-200a	45	40	3000	11,0
К 100-80-160	100	32	3000	15,0
К 100-80-160a	90	26	3000	11,0

Окончание табл. 3

Марка насоса	Подача, м ³ /час	Напор, м в. ст.	Частота вращения, об/мин	Мощность эл. дв., кВт
К 100-65-200	100	50	3000	30,0
К 100-65-200	100	50	3000	22,0
К 100-65-200а	90	40	3000	18,5
К 100-65-250	100	80	3000	45,0
К 100-65-250а	90	67	3000	37,0
К 150-125-250	200	20	1500	18,5
К 150-125-315	200	32	1500	30,0
К 200-150-315	315	32	1500	45,0
К 200-150-250	315	20	1500	30,0
К 200-150-400	400	50	1500	90,0
К 160/30	160	30	1500	30,0
К 290/30	290	30	1500	37,0

Задача 4. Выполнить расчет выбросов вредных веществ в атмосферу при работе котельной.

Таблица 4 – Исходные данные к задаче 4

Вариант (предпоследняя цифра шифра)	Тип котла	Тепловая мощность котла, кВт	Кол-во котлов	Топливо	Коэффициент избытка воздуха за котлом, α
0	LAVART Reverse	450	2	Табл. 5	1,1
1		450	3	Табл. 5	1,1
2		450	4	Табл. 5	1,1
3		700	2	Табл. 5	1,1
4		700	3	Табл. 5	1,1
5		700	4	Табл. 5	1,1
6		1000	2	Табл. 5	1,1
7		1000	3	Табл. 5	1,1
8		1000	4	Табл. 5	1,1
9		1500	2	Табл. 5	1,1

Таблица 5 – Исходные данные к задаче 4

а) Топливо – природный газ

Вариант (предпоследняя цифра шифра)	Q_i^d , МДж/м ³	V_B^o	V_Γ^o
		м ³ /м ³	
0	37,31	9,91	11,11
1	36,17	9,54	10,72
2	36,47	9,68	10,86
3	35,84	9,51	10,69
4	36,8	9,74	10,98
5	37,01	9,81	11
6	38,02	10,05	11,25

б) Топливо – жидкое топливо

Вариант (предпоследняя цифра шифра)	S_r , %	Q_i^r , МДж/кг	V_B^o	V_Γ^o
			м ³ /кг	
7	0,85	40,53	10,91	11,76
8	1,8	39,57	10,7	11,51
9	2,55	39,06	10,44	11,22

Предварительно задаемся трубой высотой H , м и диаметром устья дымовой трубы D_y , м, для обоснования выбора этих параметров необходимо произвести расчет выбросов вредных веществ в атмосферу. Правильность выбора высоты дымовой трубы определяется концентрацией выбросов в приземном слое, а диаметр устья – скоростью газов на выходе из дымовой трубы, которая должна составлять 5 – 8 м/с.

Исходные данные

Теплота сгорания топлива:

Q_i^r (Q_i^d), кДж/кг(кДж/м³).

Максимальный расход дизельного топлива на один котел:

$$B_p = \frac{Q_k \cdot 100}{Q_i^r \cdot \eta_k}, \text{ кг/с (м}^3/\text{с)},$$

где Q_k , η_k – тепловая мощность и КПД котла.

Количество работающих котлов: N , шт

Теоретический объем воздуха, необходимый для процесса горения:

$V_{в}^o$, м³/кг (м³/м³).

Объем продуктов сгорания: $V_{г}^o$, м³/кг(м³/м³).

Температура дымовых газов на выходе из дымовой трубы: t_r , °С.

Коэффициент избытка воздуха за котлом: $\alpha = 1,1$.

Расчет

Перепад между температурой уходящих дымовых газов и температурой окружающего воздуха:

$$\Delta T = t_r - t_{ср.от}, \text{ } ^\circ\text{С.}$$

Объем дымовых газов, выходящих из дымовой трубы:

$$V_r = B_p \cdot [V_{г}^o + (\alpha - 1) \cdot V_{в}^o] \cdot (t_r + 273) / 273, \text{ м}^3/\text{с.}$$

Скорость дымовых газов, выходящих из устья дымовой трубы:

$$W_r = \frac{V_r}{F_y} = 4V_r / \pi D_y^2, \text{ м/с}$$

$$C_{SO_2} = \frac{160 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,09 \cdot 1 \cdot 1}{20^2 \cdot \sqrt[3]{1,01 \cdot 161,3}} = 0,073 \text{ мг/м}^3$$

Количество окислов азота выбрасываемых в атмосферу от всех котлов:

$$M_{NO_2} = N \cdot B_p \cdot Q_i^d \cdot K_{NO_2}^r \cdot \beta_r \cdot \beta_t \cdot \beta_{\alpha, Г/с},$$

где $K_{NO_2}^r$ – коэффициент выхода оксидов азота на 1 МДж газа, г/МДж;

$$K_{NO_2}^r = 0,0113 \cdot \sqrt{a_r} + 0,03 = 0,0113 \cdot \sqrt{1,1} + 0,03 = 0,042;$$

B_p – расход газам³/с; Q_i^d – теплота сгорания газа, МДж/ м³;

β_r – коэффициент, учитывающий конструкцию горелки, $\beta_r = 1$;

β_t – коэффициент, учитывающий температуру воздуха на горелки, $\beta_t = 1$;

β_{α} – коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха, $\beta_{\alpha} = 1$.

$$M_{NO_2} = 3 \cdot 0,051 \cdot 42,4 \cdot 0,042 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,3 \text{ г/с.}$$

Концентрация окислов азота в приземном слое:

$$C_{NO_2} = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_r \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3,$$

где A – коэффициент зависящий от температурной стратификации атмосферы, $A = 160$;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, для газообразных веществ $F = 1$;

m , n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабо пересеченной местности с перепадом высот, не превышающих 50 м на 1 км, $\eta = 1$.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f и v_m :

$$f = 1000 \frac{W_r^2 D_y}{H^2 \Delta T} = \frac{1000 \cdot 5,2^2 \cdot 0,5}{20^2 \cdot 161,3} = 0,207.$$

Т. к. $f < 100$:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} ;$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_r \Delta T}{N \cdot H}} ;$$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13.$$

Расчет выбросов окислов серы выполняется, если в состав топлива входит сера (жидкое и твердое топливо).

Количество окислов серы, выбрасываемых в атмосферу (в пересчете на SO_2) для всех котлов:

$$M_{SO_2} = N \cdot 20 \cdot B_p \cdot S^p \cdot (1 - \eta_{SO_2}), \text{ г/с},$$

где N – количество работающих котлов $N = 3$;

B_p – расход дизельного топлива, кг/с;

S^p – содержание серы в топливе на рабочую массу,

$S^p = 0,3\%$; η_{SO_2} – для окислов серы, связываемых летучей золой топлива, для дизельного топлива $\eta_{SO_2} = 0,02$.

$$M_{SO_2} = 3 \cdot 20 \cdot 0,051 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,02) = 0,9 \text{ г/с}.$$

Концентрация окислов серы в приземном слое:

$$C_{SO_2} = \frac{A \cdot M_{SO_2} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_r \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3.$$

Безразмерная концентрация:

$$q = C_{SO_2} / \text{ПДК}_{SO_2} + C_{NO_2} / \text{ПДК}_{NO_2}.$$

Вывод

Из расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при работе котельной на газе и дизельном топливе можно сделать вывод о том, что предварительный выбор высоты и диаметра устья дымовой трубы произведен верно, т. к. безразмерная концентрация вредных веществ q меньше единицы:

$$q = .$$

Концентрация в приземном слое не превышает предельно допустимую $\text{ПДК}_{NO_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$; $\text{ПДК}_{SO_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смородин, С. Н. Проектирование источников энергии в промышленной теплоэнергетике [Текст]: учеб. пособие / С. Н. Смородин, В. Н. Белоусов, А. Н. Иванов, К. Г. Мисютина; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 88 с.

2. Проектирование источников энергии в промышленной теплоэнергетике. Практические занятия: методические указания для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника [Текст] / составители: С. Н. Смородин, В. Н. Белоусов, А. Н. Иванов, К. Г. Мисютина; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологий и энергетики. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 66 с.