

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ Д.В. Ульрих
_____ 2021 г.

Отопление и вентиляция производственного здания по
Свердловскому тракту 24 в г. Челябинск

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 08.03.01.2021.111.12. ПЗ ВКР

Консультанты:

Раздел «Автоматизация»
доцент, к.т.н.
_____ С.В. Панферов
_____ 2021 г.

Руководитель проекта:
ст. преподаватель
_____ Н.Г. Сорокина
_____ 2021 г.

Автор проекта:
студент группы АС-425
_____ А.Е. Нестеренко
_____ 2021 г.

Нормоконтролер:
ст. преподаватель
_____ Н.Г. Сорокина
_____ 2021 г.

АННОТАЦИЯ

Нестеренко А.Е. Отопление и вентиляция производственного здания по Свердловскому тракту 24 в г. Челябинск. – Челябинск: ЮУрГУ, АСИ, АС, 2021, 116 с., 3бил., 11 табл., библиографич. список - 25 наименования, 9 приложений, 33 листа А4, 1 лист А3, 6 листов А1.

В выпускной квалификационной работе запроектированы система вентиляция и отопления промышленного здания.

Рассчитан воздухообмен для помещений, рассчитаны вредности, выполнен аэродинамический расчёт, подобрано оборудование для системы вентиляции.

Рассчитаны теплопотери в помещениях, выполнен гидравлический расчет, подобрано оборудование для системы отопления.

Запроектирована система автоматического управления системы приточной и вытяжной системы вентиляции помещения компрессорной

						08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Зав. каф.	Ульрих				Отопление и вентиляция производственного здания по Свердловскому тракту 24 в г. Челябинск	Стадия	Лист	Листов
Н. контр.	Сорокина					ДП	3	113
Руководит.	Сорокина					ЮУрГУ Кафедра ГИСиС		
Консульт.	Сорокина							
Дипломник	Нестеренко							

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
2	РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА	8
2.1	Расчётные параметры наружного воздуха	8
2.2	Расчётные параметры внутреннего воздуха	8
3	ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	10
3.1	Сопротивление теплопередаче наружной стены.....	10
3.2	Сопротивление теплопередаче перекрытия.....	13
4	РАСЧЁТ ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ВРЕДНОСТЕЙ.....	15
4.1	Расчёт выделения вредных веществ в зимний период.....	15
4.1.1	Расчёт выделения вредных веществ от людей.....	15
4.1.2	Теплопоступления от источников искусственного освещения.....	16
4.1.3	Теплопоступления через окна.....	17
4.1.4	Теплопоступления от электрооборудования.....	24
4.2	Расчёт выделения вредных веществ в летний период.....	26
4.2.1	Расчёт выделения вредных веществ от людей.....	26
4.2.2	Теплопоступления от источников искусственного освещения.....	26
4.2.3	Теплопоступления через окна.....	27
4.2.4	Теплопоступления от электрооборудования.....	31
5	РАСЧЁТ ВОЗДУХООБМЕНА ПО ВРЕДНОСТИ.....	33
5.1	Расчёт воздухообмена по вредности в компрессорной.....	33
5.1.1	Холодный период.....	33
5.1.2	Теплый период.....	35
5.2	Расчёт воздухообмена по вредности в компрессорной.....	35
5.2.1	Холодный период.....	35
5.2.2	Теплый период.....	35
5.3	Расчёт воздухообмена по нормативной кратности.....	38
6	ПОДБОР ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ.....	40
7	АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ.....	43
7.1	Аэродинамический расчёт системы П1 – приточной системы вентиляции.....	43
8	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ... ..	45
8.1	Определение тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции.....	45
8.2	Определение тепловых потерь на нагревание воздуха, инфильтрующегося через наружные ограждающие конструкции.....	47
9	ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС	
10	КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	51
10.1	Описание принятой системы отопления.....	51
11	ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	53
11.1	Гидравлический расчёт основного циркуляционного кольца.....	53
12	ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ.....	57
12.1	Тепловой расчет радиаторов.....	57
12.2	Тепловой расчет регистров.....	60

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

13 ПОДБОР ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	66
13.1 Подбор воздухозаборной решётки.....	66
13.2 Подбор фильтра.....	68
13.3 Подбор калорифера.....	70
13.4 Подбор вентилятора.....	72
14 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	75
14.1 Подбор насоса для системы отопления.....	75
15 АВТОМАТИЗАЦИЯ.....	77
15.1 Характеристика объекта регулирования.....	77
15.2 Техническое задание.....	77
15.3 Параметры регулирования объекта и их контроль.....	78
15.4 Защитные функции и блокировки при авариях.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А – КРАТНОСТИ ВОЗДУХООБМЕНА	83
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ В – РАСЧЕТ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – ПОДБОР ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	87
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – ТЕПЛОПОТЕРИ ЗДАНИЯ	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – ПОДБОР ЭЛЕКТРОКОНВЕКТОРОВ.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ З – ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ И – АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ К - Расчетная схема системы отопления.....	118

ВВЕДЕНИЕ

Микроклимат - климатические условия, созданные в ограниченном пространстве искусственно или обусловленные природными особенностями. Микроклимат определяется следующими основными метеорологическими компонентами - температурой воздуха и окружающих поверхностей, влажностью и скоростью движения воздуха, а также лучистой энергией.

Системы отопления и вентиляции являются одними из основных инженерных обеспечений жилых зданий.

Вентиляция - главный элемент в создании благоприятного климата, призванный для подачи свежего воздуха с улицы и удаления загрязненного воздуха из помещений.

Воздух в помещениях - важный фактор, влияющий на здоровье, и, как следствие, на трудоспособность людей, в находящихся этих помещениях.

Вентиляция является одной из важнейших систем обеспечения нормальных условий жизнедеятельности человека. Если она действует совместно с другими климатическими системами, то в помещениях поддерживается комфортный микроклимат. Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещении и на рабочих местах в соответствии со строительными нормами. Речь идет о свежем воздухе, который должен поступать в помещение. Именно с этой целью в помещениях устанавливают системы вентиляции.

Отопление — искусственный обогрев помещений с целью возмещения в них теплопотерь и поддержания на заданном уровне температуры, отвечающей условиям теплового комфорта и/или требованиям технологического процесса.

Отопление зданий обеспечивает тепловой комфорт для людей или выполнение технологических требований по параметрам внутреннего воздуха в зависимости от назначения помещения и установленного оборудования.

В суровых климатических условиях холодных и продолжительных зим в России проживание людей в помещениях невозможно без работы системы отопления, обеспечивающей компенсацию теплопотерь через наружные ограждения и нагрев санитарной нормы наружного приточного воздуха. По результатам исследований для человека установлены следующие оптимальные нормы в обитаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений: температура воздуха 20-22°C; относительная влажность воздуха 30-45%, скорость движения воздуха не более 0.2 м/с.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Назначение проектируемого здания – Компрессорная
Район строительства – г. Челябинск (56° с.ш). Ориентация главного фасада на юг.

Характеристики элементов здания:

стены железобетонные, толщиной 300 мм

внутренние железобетонные, толщиной 250 мм

перегородки толщиной 150 мм

Теплоноситель и его параметры – вода 95-70 °С

Концентрация CO₂ в наружном воздухе Y_n , л/м³ – 0,72

Запылённость наружного воздуха K_n , мг/м³ – 0,8

Температурный градиент Δ , град/(м*высоты) – 0,46

Влажностный режим: нормальный

Зона влажности: сухая 3

Условия эксплуатации ограждающей конструкции: А

Наружная температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92
 $t_n = -32$ °С

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2 РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

2.1 Расчётные параметры наружного воздуха

Расчётные параметры наружного воздуха определяются согласно таблице 10.1 [1]. Значения расчётных параметров представлены в таблице 1. Для системы вентиляции для тёплого периода года берутся параметры А, для холодного параметры Б. В качестве расчётных параметров наружного воздуха в переходный период для всех пунктов принимаются следующие значения: температура $t_n=10^{\circ}\text{C}$, энтальпия $I_n=26,5$ кДж/кг.

Таблица 2.1 – Расчётные параметры наружного воздуха

Наименование параметра	Тёплый период (пар. А)	Холодный период (пар. Б)	Переходный период
Барометрическое давление P_6 , гПа	988	988	988
Температура наружного воздуха t_n , $^{\circ}\text{C}$	24	-32	10
Удельная энтальпия I , кДж/кг	46	-31,7	26,5
Скорость ветра v , м/с	1,0	3,7	-

Удельная энтальпия, кДж/кг, определяется по формуле:

$$I = c_{c,v} \cdot t + i \cdot d/1000 + c_{в,п} \cdot t \cdot d/1000, \quad (2.1)$$
$$I = 1,005 \cdot (-32) + 2500 \cdot \frac{0,1937}{1000} + 1,8 \cdot (-32) \cdot 0,1937 = -31,7 \text{ кДж/кг}$$

Концентрация CO_2 – $Y_n=0,72$ л/м³

Концентрация пыли $K_n=0,8$ мг/м³

2.2 Расчётные параметры внутреннего воздуха

Параметры внутреннего воздуха определяются по допустимым значениям согласно таблице 3 [2]. Категория работ лёгкая 1б. Значения заносятся в таблицу 2.

Параметры воздуха по санитарным нормам делятся на оптимальные и допустимые.

Допустимые (обязательные) параметры – это сочетание показаний микроклимата, которые оказывая на человека длительное и систематическое воздействие способны вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, которые могут сопровождаться напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. В этом случае повреждений или нарушений состояния здоровья не возникает, но при этом возможны

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Оптимальные (рекомендуемые) параметры – это комбинация показателей микроклимата, которые, воздействуя на человека, способны поддерживать нормальное тепловое состояние организма без напряжения механизмов терморегуляции, а также обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности. Для обеспечения нормального технологического процесса, непосредственно влияющего на качество изготавливаемой продукции, необходимо устанавливать в пределах оптимальных норм.

Вентиляция проектируется по допустимым параметрам воздуха. Отопления и кондиционирование по оптимальным.

Таблица 2.2 – Расчётные параметры внутреннего воздуха

Наименование параметра	Тёплый период	Холодный и переходный период
Температура внутреннего воздуха $t_{в}$, °С	28	21
Относительная влажность не более, %	65	75
Подвижность воздуха не более, м/с	0,1	0,1

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны принимается равной ПДК [4]

Допустимая концентрация углекислого газа CO_2 $C=1,25$ л/м³

3.1 Сопротивление теплопередаче наружной стены

Градусо-сутки отопительного периода, °C · сут/год, определяются по формуле:

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от}, \quad (3.1)$$

где $t_{от}$ - средняя температура наружного воздуха отопительного периода, принимаемая по [2] для жилых и общественных зданий для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °C, °C;

$z_{от}$ - продолжительность отопительного периода, принимаемая по [2] для жилых и общественных зданий для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °C, сут/год;

$t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха здания, принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в таблице 3: по поз.1 - по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по [3] (в интервале 20-22 °C); по поз.2 - согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по [3] (в интервале 16-21 °C); по поз.3 - по нормам проектирования соответствующих зданий. °C.

В нашем случае согласно [4] $t_{в} = 21$ °C, так как категория помещения 1б
По таблице 3.1 [1] для Челябинска:

$$\begin{aligned} t_{н} &= -32^{\circ}\text{C} \\ z_{от} &= 212 \text{ сут/год} \\ t_{от} &= -6,6^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Тогда градусо-сутки отопительного периода

$$ГСОП = (21 + 6,6) \cdot 212 = 5851,2 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут/год}$$

Значения нормируемых величин сопротивления теплопередаче, (м² · °C)/Вт, определяется по формуле:

$$R_0^{TP} = a \cdot ГСОП + b, \quad (3.2)$$

где ГСОП - градусо-сутки отопительного периода для конкретного населённого пункта, °C · сут/год;

a, b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы 3 [2] для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6, для группы зданий в строках 1 и 2.

Для производственных зданий с сухим и нормальным режимами для стен, таблица 3 [2]

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$a = 0,0002$$

$$b = 1$$

Тогда нормируемая величина сопротивления теплопередаче наружной стены

$$R_0^{\text{TP}} = 0,0002 \cdot 5851,2 + 1 = 2,17 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

Сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций без учёта теплопроводных включений определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (3.3)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м² · °C), принимаемый по таблице 4 [2];

δ_i - толщина i -го слоя конструкции, м;

λ_i - расчетная теплопроводность материала i -го слоя конструкции, Вт/(м · °C);

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м² · °C), определяемый по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot \sqrt{v}), \quad (3.4)$$

где v - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая согласно [1], но не менее 1 м/с.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

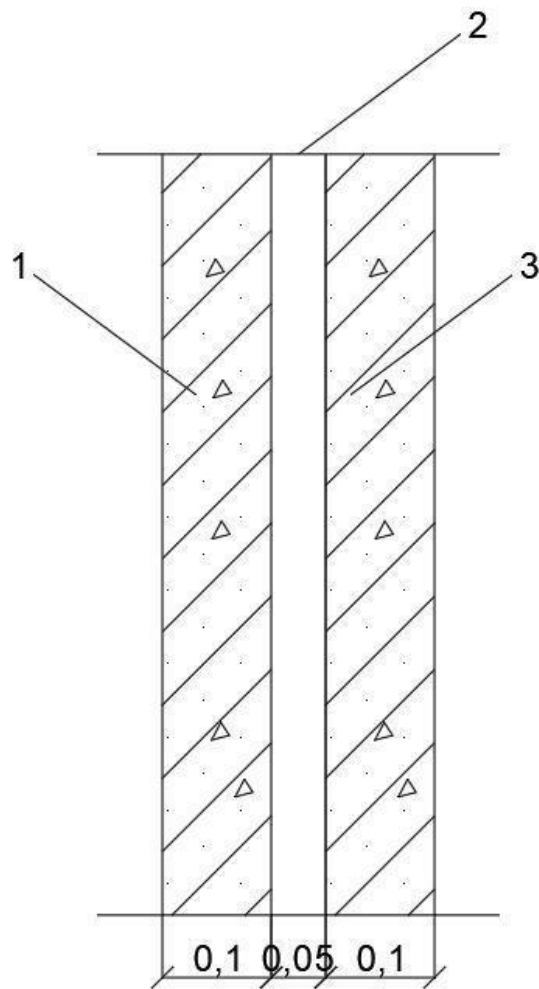


Рисунок 3.1-Конструкция наружной стены

Таблица 3.1-Характеристика слоёв наружной стены

№	Наименование слоя	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$
1	Конструктивный слой- железобетон	2500	0,1	1,92
2	Плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,1	0,045
3	Конструктивный слой- железобетон	2500	0,1	1,92

Зона влажности: сухая 3 (СП 50 приложение В)

Влажностный режим помещения: нормальный

Условия эксплуатации ограждающей конструкции: А (Согласно СП 50 таблица 2)

$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (СП 50 таблица 6)

$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (СП 50 таблица 4)

$$R^{\text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{1,92} + \frac{0,1}{0,045} + \frac{0,1}{1,92} + \frac{1}{23} = 2,48 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР

Лист

12

$$2,48 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} > 2,17 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

3.2 Сопротивление теплопередаче перекрытия

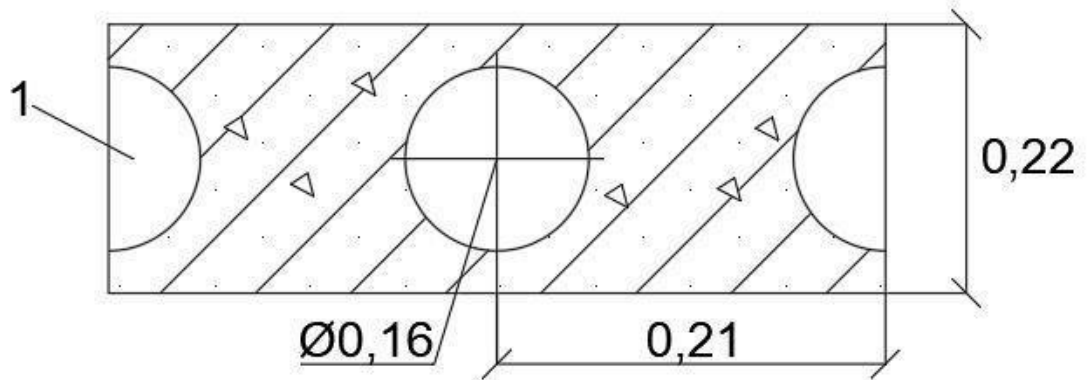


Рисунок 3.2-Конструкция чердачного перекрытия

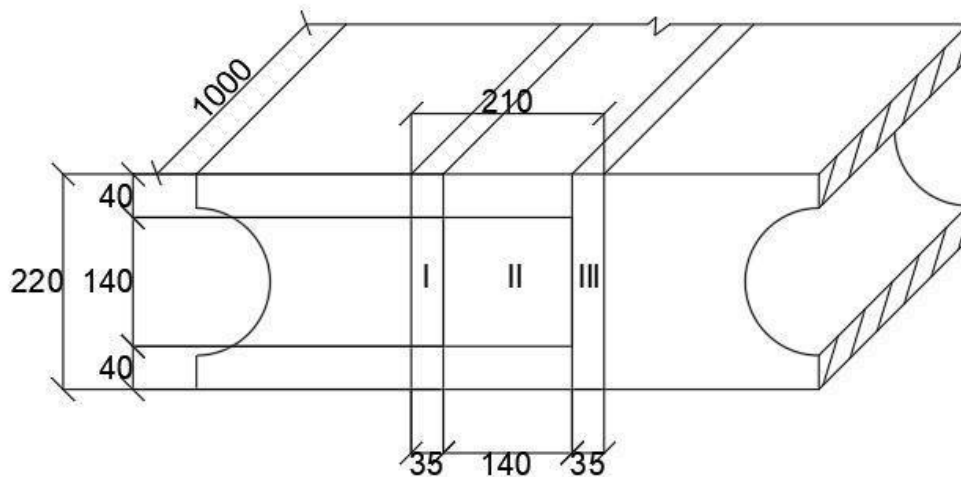


Рисунок 3.3-Железобетонная пустотная плита

Таблица 3.2-Характеристика слоёв чердачного перекрытия

№	Наименование слоя	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$
1	Железобетонная пустотная плита	2500	0,22	1,92

Для производственных зданий с сухим и нормальным режимами для покрытий, таблица 3 [2]

$$a = 0,00025$$

$$b = 1,5$$

$$R_0^{\text{TP}} = 0,00025 \cdot 5851,2 + 1,5 = 2,96 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$S_{\text{кр}} = \pi \cdot r^2$$

$$S_{\text{кр}} = \pi \cdot 0,08^2 = 0,02 \text{ м}^2$$

$$a = \sqrt{S_{\text{кр}}}$$

$$a = \sqrt{0,02} = 0,14 \text{ м}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР

Лист

13

$$R_I = \frac{0,22}{1,92} = 0,11 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$R_I = R_{III}$$

$$R_{II} = \frac{0,04}{1,92} \cdot 2 + 0,15 = 0,19 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт [табл.Е1,2]}$$

$$A_I = 0,035 \text{ м}^2$$

$$A_{II} = 0,14 \text{ м}^2$$

$$A_{III} = 0,035 \text{ м}^2$$

$$R_a = \frac{0,035 + 0,14 + 0,035}{\frac{0,035}{0,11} + \frac{0,14}{0,192} + \frac{0,035}{0,11}} = \frac{0,21}{1,366} = 0,154 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$R_{IV} = \frac{0,04}{1,92} = 0,021 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

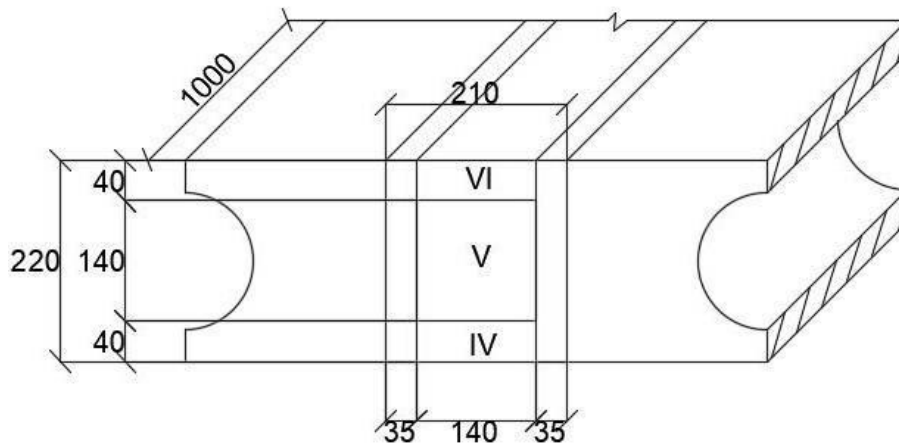


Рисунок 3.4-Железобетонная пустотная плита

$$R_{IV} = R_{VI}$$

$$R_V = \frac{0,035 + 0,14 + 0,035}{\frac{0,035}{1,92} + \frac{0,14}{0,15} + \frac{0,035}{1,92}} = \frac{0,21}{1,893} = 0,11 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$R_b = 0,021 \cdot 2 + 0,111 = 0,153 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$R_k^r = \frac{0,154 + 2 \cdot 0,153}{3} \approx 0,153 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

Таблица 3.3 – Характеристика НОК

Наименование НОК	δ , мм	$R_{0,05}$, м ² · °C/Вт	K , Вт/м ² · °C	R_u
НС	300,00	2,48	0,40	42000,00
ПТ	220,00	0,15	6,54	40000,00
ПЛ	220,00	0,15	6,67	40000,00
ОК	-	-	-	-
ДВ	140,00	1,00	1,00	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

4 РАСЧЁТ ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ВРЕДНОСТЕЙ

Под вредностями в вентиляции понимают вредные вещества и теплота, поступающие в воздух помещений и негативно влияющие на самочувствие людей

В данном случае вредностями являются тепловые поступления от людей, искусственного освещения, через покрытие от солнечной радиации, от оборудования, углекислый газ и влага от людей

4.1 Расчёт выделения вредностей в зимний период

4.1.1 Расчёт выделения вредностей от людей

Теплопоступления от людей зависят от тяжести выполняемой работы, от температуры окружающего воздуха, от теплоизолирующих свойств одежды
N=4 чел.

Поступление явного тепла определяется по формуле:

$$Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} \cdot N, \quad (4.1)$$

Поступление полного тепла определяется по формуле:

$$Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot N, \quad (4.2)$$

Поступление влаги определяется по формуле:

$$M_w = m_w \cdot N, \quad (4.3)$$

Поступление углекислого газа определяется по формуле:

$$M_{\text{CO}_2} = m_{\text{CO}_2} \cdot N, \quad (4.4)$$

где N – количество людей в помещении;

$q_{\text{я}}, q_{\text{п}}$ – удельные выделения явного и полного тепла, Вт/чел; таблица 20 [5]

$Q_{\text{я}}, Q_{\text{п}}$ – общие теплопоступления явного и полного тепла от людей, Вт;

m_w – удельные выделения влаги одним человеком, г/ч; таблица 20 [5]

M_w – общие теплопоступления влаги от людей, г/ч;

m_{CO_2} – удельные выделения CO_2 одним человеком, л/ч;

M_{CO_2} – общие теплопоступления углекислого газа от людей, л/ч.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

При расчёте теплоступлений от людей водятся понижающие коэффициенты на женщин и детей 0,75, на наличие верхней одежды 0,75

$$Q_{я} = q_{я} \cdot N$$

Категория работы легкая 1а

Холодный период

$$t_{в} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_{я} = 93 \text{ Вт}$$

$$q_{п} = 149 \text{ Вт}$$

$$m_w = 83 \text{ г/ч}$$

$$Q_{я} = 93 \cdot 4 = 372 \text{ Вт}$$

$$Q_{п} = 149 \cdot 4 = 596 \text{ Вт}$$

$$M_w = 83 \cdot 4 = 332 \text{ г/ч}$$

$$M_{CO_2} = 23 \cdot 4 = 92 \text{ л/ч}$$

В промышленных помещениях учитываются тепло и влаговыведения от людей, если объем помещения менее 40 м³. В данном случае объем компрессорной 982,8, тогда на 1 человека

$$982,8/4 = 245,7 \text{ м}^3/\text{чел}$$

тепло и влаговыведения от людей учитываться не будут
объем машинного зала 1535,8 м³

$$1535,8/4 = 383,95 \text{ м}^3/\text{чел}$$

тепло и влаговыведения от людей учитываться не будут

4.1.2 Теплоступления от источников искусственного освещения

$$Q_{и.о} = N_{уст}, \tag{4.5}$$

$$Q_{и.о} = q_{осв} \cdot A_{пл} \cdot \eta_{осв} \cdot E, \tag{4.6}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

где $q_{\text{осв}}$ – максимально допустимое удельная установленная мощность светильника, Вт/(м²·лк), определяется по таблице 18 [5];

$\eta_{\text{осв}}$ – доля тепла поступающая от светильника в различные зоны помещения принимается 1 если светильник находится в помещении целиком, 0,75 если передающая часть светильника находится за подшивным потолком;

E – уровень освещённости, лк, определяется по приложению таблице 17 [5].

Для компрессорной

$$Q_{\text{и.о}} = 0,067 \cdot 273 \cdot 1 \cdot 200 = 3658 \text{ Вт}$$

Для машинного зала

$$Q_{\text{и.о}} = 0,067 \cdot 426,62 \cdot 1 \cdot 200 = 5716,71 \text{ Вт}$$

4.1.3 Теплопоступления через окна

Теплопоступления складываются из двух слагаемых теплопередачи и солнечной радиации

$$Q_{\text{со}} = q_{\text{р}} \cdot F + q_{\text{т}} \cdot F, \quad (4.7)$$

где $q_{\text{р}}$ – теплопоступления за счёт солнечной радиации через 1 м² вертикального заполнения оконного проёма, определяется по формуле:

$$q_{\text{р}} = (q_{\text{п}}^{\text{В}} \cdot K_{\text{инс}} + q_{\text{р}}^{\text{В}} \cdot K_{\text{обл}}) \cdot K_{\text{отн}} \cdot \tau_2, \quad (4.8)$$

$q_{\text{п}}^{\text{В}}, q_{\text{р}}^{\text{В}}$ – количество теплоты прямой и рассеянной, Вт/м², поступающей в помещение за расчётный час, зависит от географической широты, ориентации остекления таблица 22.1 [5];

$K_{\text{инс}}$ – коэффициент инсоляции;

$$K_{\text{инс}} = \left(1 - \frac{L_{\text{Г}} \cdot \text{ctg} \beta - a}{H}\right) \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{В}} \cdot \text{tg} A_{\text{со}} - c}{B}\right), \quad (4.9)$$

$L_{\text{Г}}, L_{\text{В}}$ – размеры горизонтальных и вертикальных выступающих элементов затемнения;

H, B – высота и ширина светового проёма;

a, c – размеры от горизонтального и вертикального элементов затемнения от откосов светового проёма;

$A_{\text{со}}$ – солнечный азимут остекления таблица 22.2 [5];

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

β – угол между вертикальной плоскостью остекления и проекцией солнечного луча на вертикальную плоскость перпендикулярную рассматриваемой плоскости остекления

$$\beta = \arctg(\operatorname{ctgh} \cdot \cos A_{\text{co}}), \quad (4.10)$$

$$K_{\text{обл}} = K_{\text{обл Г}} \cdot K_{\text{обл В}}, \quad (4.11)$$

$K_{\text{обл Г}}$ и $K_{\text{обл В}}$ – коэффициенты, определяются по таблице 22.4 [4];

$K_{\text{отн}}$ – коэффициент относительного проникания солнечной радиации через заполнение светового проёма, отличающегося от одинарного таблица 22.5 [5];

τ_2 – коэффициент, учитывающий затемнение светового пролёта переплётами таблица 22.6 [5].

Теплопередача определяется по формуле:

$$Q_{\text{T}} = q_{\text{T}} \cdot F = ((t_{\text{н усн}} - t_{\text{в}})/R_{\text{ок}}) \cdot F, \quad (4.12)$$

где q_{T} – теплоступление за счёт теплопередачи 1 м² вертикального заполнения светового проёма, Вт/м²;

$t_{\text{н усн}}$ – условная температура наружного ограждения;

$R_{\text{ок}}$ – сопротивление теплопередаче светового проёма;

F – площадь поверхности.

Теплоступление от солнечной радиации через покрытие

$$Q_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{н.у}} - t_{\text{в}}}{R_{\text{п}}} \cdot F, \quad (4.13)$$

$t_{\text{н.у}}$ – условная температура на покрытии

$$t_{\text{н.у}} = t_{\text{н}} + q_{\text{ср}} \cdot \rho_{\text{п}} / \alpha_{\text{н}}, \quad (4.14)$$

$t_{\text{н}}$ – расчётная температура наружного воздуха по параметрам А;

$q_{\text{ср}}$ – среднесуточный тепловой поток солнечной радиации на горизонтальную поверхность, зависит от широты местности;

$\rho_{\text{п}}$ – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия принимается по таблице.

$$\alpha_{\text{н}} = 8,7 + 2,6 \cdot \sqrt{u_{\text{н}}}, \quad (4.15)$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Расчёт теплоступлений солнечной радиации производится в программе sunny radiation

Для тёплого периода

$$\sum Q_{\text{я}} = Q_{\text{л}}^{\text{я}} + Q_{\text{об}} + \max\left(\begin{matrix} Q_{\text{ср}} \\ Q_{\text{ср.о}} \end{matrix}\right), \quad (4.16)$$

$$\sum Q_{\text{п}} = Q_{\text{п}}^{\text{л}} + Q_{\text{об}} + \max\left(\begin{matrix} Q_{\text{ср}} \\ Q_{\text{и.о}} \end{matrix}\right), \quad (4.17)$$

$$\sum M_w = M_w^{\text{л}}, \quad (4.18)$$

Для холодного периода

$$\sum Q_{\text{я}} = Q_{\text{л}}^{\text{я}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{и.о}}, \quad (4.19)$$

$$\sum Q_{\text{п}} = Q_{\text{п}}^{\text{л}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{и.о}}, \quad (4.20)$$

Для тёплого периода

$$t_{\text{н ср}} = 19,2 \text{ таблица 5.1 [1]}$$

$$At_{\text{н}} = 10,8 \text{ таблица 4.1 [1]}$$

$$\rho = 0,7 \text{ таблица И.1 [2]}$$

$$\alpha_{\text{н}} = 8,7 + 2,6 \cdot \sqrt{1} = 11,3$$

Для холодного периода

$$t_{\text{н ср}} = -15 \text{ таблица 5.1 [1]}$$

$$At_{\text{н}} = 10,1 \text{ таблица 3.1 [1]}$$

$$\alpha_{\text{н}} = 8,7 + 2,6 \cdot \sqrt{3,7} = 13,7$$

Для компрессорной

Зимний период

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Расчёт теплоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна : $H = 1.5$ м С СВ В ЮВ Ю ЮЗ З СЗ

Ширина окна : $B = 2$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения : $L_r = 0.3$ м

Длина вертикал. эл-тов затенения : $L_v = 0.3$ м

Расстояние от горизонтального : $a = 0$ м

и вертикального : $c = 0$ м

элементов затенения до откоса светового проёма

Количество одинаковых одинаково направленных окон : 1 шт.

Площадь световых проёмов : $F_{\text{п}} = 3$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации : $\rho_{\text{п}} = 0.25$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма : $R_{\text{п}} = 0.34$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётками : $\tau_{\text{з}} = 0.9$

Коэф. относ. проникания солн. радиации : $K_{\text{отн}} = 0.9$

Ориентация окна : Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района : 56 °

Средняя температура наружного воздуха : $t_{\text{н. ср}} = -15$ °C

Температура внутреннего воздуха : $t_{\text{в}} = 21$ °C

Скорость ветра : $V = 3.7$ м/с

Сугочная амплитуда температуры нар. в-ха : $\Delta t_{\text{н}} = 10.1$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью окна : $\alpha_{\text{н}}^{\text{в}} = 28.11$; $\alpha_{\text{н}}^{\text{г}} = 13.70$

Стены

Площадь стены : $F = 50.9$ м² С СВ В ЮВ Ю ЮЗ З СЗ

Коэффициент теплопередачи : $K = 0.400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 2.498$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены : $\rho_{\text{ст}} = 0.7$

Количество слоёв в стене : 3

$R_{\text{в. пр.}} = 2.48$ м²·°C/Вт

№ слоя	Материал	Усвоение Вт/(м ² ·°C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетон	17.98	1.92	0.1
2	плиты минераловатные из каменки	0.74	0.045	0.1
3	железобетон	17.98	1.92	0.1

Покрытие

Площадь покрытия : $F_{\text{п}} = 31.85$ м² Температура воздуха под покрытием : $t_{\text{пок}} = 21$ °C

Коэффициент теплопередачи : $K_{\text{пок}} = 3.144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R_{\text{пок}} = 0.318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия : $\rho_{\text{п}} = 0.7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия : $\alpha_{\text{н}} = 13.7$

Количество слоёв в покрытии : 1

№ слоя	Материал	Усвоение Вт/(м ² ·°C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетонная пустотная плита	17.98	1.92	0.22

Рисунок 4.1 - Стены север и покрытие исходные данные для компрессорной

Расчёт теплоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Окна	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Стены	-652	-646	-640	-637	-637	-640	-646	-652	-708	-693
				MAX						
Покрытие	-17001	-14139	-11725	-10083	-9524	-10046	-11469	-13517	-16338	-19491
				MAX						
ВСЕГО	-17653	-14785	-12365	-10720	-10161	-10686	-12115	-14169	-17046	-20184
				MAX						

Рисунок 4.2 - Стены север и покрытие итог для компрессорной

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна : $H = 1.5$ м

Ширина окна : $B = 2$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения : $L_{г} = 0.3$ м

Длина вертик. эл-тов затенения : $L_{в} = 0.3$ м

Расстояние от горизонтального : $a = 0$ м

и вертикального : $c = 0$ м

элементов затенения до откоса светового проёма

Количество однотипных одинаково направленных окон : 1 шт.

Площадь световых проёмов : $F_{п} = 3$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации : $\rho_{п} = 0.25$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма : $R_{п} = 0.34$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётами : $\tau_{2} = 0.9$

Коэф. относ. проникновения солн. радиации : $K_{отн} = 0.9$

Ориентация окна : Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района : 56 °

Средняя температура наружного воздуха : $t_{н, ср} = -15$ °C

Температура внутреннего воздуха : $t_{в} = 21$ °C

Скорость ветра : $V = 3.7$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ха : $\Delta t_{н} = 10.1$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью окна : $\alpha_{н}^{в} = 28.11$; $\alpha_{н}^{г} = 13.70$

Стены

Площадь стены : $F = 55.3$ м²

Коэффициент теплопередачи : $K = 0.400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 2.498$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены : $\rho_{ст} = 0.7$

Количество слоёв в стене : 3

Р_{в. пр.} = 2.48 м²·°C/Вт

№ слоя	Ввод	0	0	0
1				
2				
3				

№	Материал	Усвоение Вт/(м ² ·°C)	Коэфт. теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетон	17.98	1.92	0.1
2	плиты минераловатные из камня	0.74	0.045	0.1
3	железобетон	17.98	1.92	0.1

Покрытие

Площадь покрытия : $F = 331.85$ м²

Температура воздуха под покрытием : $t_{пок} = 21$ °C

Коэффициент теплопередачи : $K_{пок} = 3.144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R_{пок} = 0.318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия : $\rho_{п} = 0.7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия : $\alpha_{н} = 13.70$

Количество слоёв в покрытии : 1

№ слоя

2

№	Материал	Усвоение Вт/(м ² ·°C)	Коэфт. теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетонная пустотная плита	17.98	1.92	0.22

Рисунок 4.3 - Стены запад исходные данные для компрессорной

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Окна	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Стены	-660	-652	-645	-736	-721	-692	-661	-635	-622	-620
Покрытие	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВСЕГО	-660	-652	-645	-736	-721	-692	-661	-635	-622	-620
										MAX

Рисунок 4.4 - Стены запад итог для компрессорной
Для машинного зала

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

зимний период

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна : $H = 0$ м С СВ В ЮВ Ю ЮЗ З СЗ

Ширина окна : $B = 0$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения : $Lг = 0$ м

Длина вертик. эл-тов затенения : $Lв = 0$ м

Расстояние от горизонтального : $a = 0$ м

и вертикального : $c = 0$ м

элементов затенения до откоса светового проёма

Количество одинаковых одинаково направленных окон : 1 шт.

Площадь световых проёмов : $F_{п} = 0$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации : $\rho_{п} = 0$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма : $R_{п} = 0$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётками : $\tau_{2} = 0$

Коэф. относ. проникания солн. радиации : $K_{отн} = 0$

Ориентация окна : Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района : 56 °

Средняя температура наружного воздуха : $t_{н.ср} = -15$ °C

Температура внутреннего воздуха : $t_{в} = 21$ °C

Скорость ветра : $V = 3,7$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ва : $\Delta t_{н} = 10,1$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью окна : $\alpha_{н}^в = 28,11$; $\alpha_{н}^г = 13,70$

Стены

Площадь стены : $F = 64,8$ м² С СВ В ЮВ Ю ЮЗ З СЗ

Коэффициент теплопередачи : $K = 0,400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 2,498$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены : $\rho_{ст} = 0,7$

Количество слоёв в стене : 3

$R_{в.пр.} = 2,48$ м²·°C/Вт

№ слоя

№	Материал	Усвоение, Вт/(м ² ·°C)	Коеф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетон	17,98	1,92	0,1
2	плиты минераловатные из каменас	0,74	0,045	0,1
3	железобетон	17,98	1,92	0,1

Покрытие

Площадь покрытия : $F = 445,7$ м²

Температура воздуха под покрытием : $t_{покр} = 21$ °C

Коэффициент теплопередачи : $K_{покр} = 3,144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R_{покр} = 0,318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия : $\rho_{п} = 0,7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия : $\alpha_{н}^г = 13,70$

Количество слоёв в покрытии : 1

№ слоя

№	Материал	Усвоение, Вт/(м ² ·°C)	Коеф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетонная пустотная плита	17,98	1,92	0,22

Рисунок 4.5 - стены восток и покрытие исходные данные

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
				Окна					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Стены					
-744	-775	-811	-844	-862	-755	-764	-773	-787	-800
MAX									
				Покрытие					
-22835	-18991	-15747	-13543	-12792	-13493	-15404	-18155	-21943	-26178
				MAX					
				ВСЕГО					
-23579	-19766	-16558	-14387	-13654	-14248	-16168	-18928	-22730	-26978
				MAX					

Рисунок 4.6 - стены восток и покрытие итог

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна: $H = 0$ м

Ширина окна: $B = 0$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения: $L_g = 0$ м

Длина вертикал. эл-тов затенения: $L_v = 0$ м

Расстояние от горизонтального: $a = 0$ м

и вертикального: $c = 0$ м

элементов затенения до откоса светового проёма

Количество однотипных одинаково направленных окон: 1 шт.

Площадь световых проёмов: $F_{п} = 0$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации: $\rho_{п} = 0$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма: $R_{п} = 0$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётами: $\tau_2 = 0$

Коэф. относ. проникания солн. радиации: $K_{отн} = 0$

Ориентация окна: Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района: 56 °

Средняя температура наружного воздуха: $t_{н, ср} = -15$ °C

Температура внутреннего воздуха: $t_{в} = 21$ °C

Скорость ветра: $V = 3.7$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ка: $\Delta t_{н} = 10.1$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности окна: $\alpha_{н}^в = 28.11$ $\alpha_{н}^г = 13.70$

Стены

Площадь стены: $F = 85.85$ м²

Коэффициент теплопередачи: $K = 0.400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче: $R = 2.498$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены: $\rho_{ст} = 0.7$

Количество слоёв в стене: 3

$R_{в, пр.} = 2.48$ м²·°C/Вт

Ввод

№	Материал	Усвоение Вт/(м·C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетон	17.98	1.92	0.1
2	плиты минераловатные из каменск	0.74	0.045	0.1
3	железобетон	17.98	1.92	0.1

Покрытие

Площадь покрытия: $F = 445.7$ м²

Температура воздуха под покрытием: $t_{пок} = 21$ °C

Коэффициент теплопередачи: $K_{пок} = 3.144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче: $R_{пок} = 0.318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия: $\rho_{п} = 0.7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия: $\alpha_{н}^г = 13.70$

Количество слоёв в покрытии: 1

Ввод

№	Материал	Усвоение Вт/(м·C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетонная пустотная плита	17.98	1.92	0.22

Рисунок 4.7 - стены север и юг исходные данные

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Файл Справка

Исходные данные | Окна | Итого :

8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
				Окна					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Стены					
-2184	-2155	-2128	-2114	-2114	-2128	-2155	-2184	-2297	-2233
			МАХ						
				Покрытие					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				ВСЕГО					
-2184	-2155	-2128	-2114	-2114	-2128	-2155	-2184	-2297	-2233
			МАХ						

Рисунок 4.8 - стены север и юг итог

4.1.4 Теплопоступления от электрооборудования

Они определяются по общей мощности оборудования с учетом коэффициента загрузки, эффективности работы местных отсосов над ним и одновременности работы

$$Q_{э.о} = 1000 \cdot k_0 \cdot \sum N_{об} \cdot k_3 \cdot (1 - k_{укр}), \quad (4.21)$$

где $N_{об}$ – установленная мощность электрооборудования, кВт;

k_0 – коэффициент одновременности работы оборудования, задается технологическим заданием на проектирование при отсутствии данных принимается 0,8 для горячих цехов, столовых и 0,7 для ресторанов;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования, определяется заданием на проектирование ;

$k_{укр}$ - коэффициент эффективности работы локализирующего местного отсоса, при устройстве приточно-вытяжной локализирующей вентиляции равен 0,75, завес – 0,45, вытяжных зонтов – 0,5.

Для компрессорной

В компрессорной установлено оборудование:

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Модель	Производительность (м ³ /мин)	Максимальное давление (бар)	Мощность (кВт)	Масса (кг)	Габариты (мм)
ZH 350+	66	9	350		2400/2000/2017
ZH 355(+) 2ст	46.6	4.6	355	8050	5268/2230/2230
ZH 400(+) 2ст	53.9	4.6	400	8050	5268/2230/2230
ZH 450(+) 2ст	61.2	4.6	450	8450	5268/2230/2230
ZH 500(+) 2ст	68.5	4.6	500	8600	5268/2230/2230
ZH 560(+) 2ст	77.2	4.6	560	9200	5268/2230/2230
ZH 400(+) 3ст	76.2	7	400	8950	5268/2230/2230
ZH 450(+) 3ст	86.6	7	450	9050	5268/2230/2230
ZH 500(+) 3ст	96.9	7	500	9200	5268/2230/2230
ZH 560(+) 3ст	109.4	7	560	9800	5268/2230/2230
ZH 630(+) 3ст	123.8	7	630	9950	5268/2230/2230
ZH 710(+) 3ст	139.8	7	710	10200	5268/2230/2230
ZH 800(+) 3ст	157.2	7	800	11150	5268/2230/2230
ZH 900(+) 3ст	155.2	9	900	11150	5268/2230/2230
ZH 630(+) 2ст	163.2	3.9	630	9940	5220/2350/2770
ZH 710(+) 2ст	185.2	3.9	710	9940	5220/2350/2770

Рисунок 4.9 – Характеристики компрессора

Компрессор ZH-710P-9, P=0,9 МПа производительностью Q=130 м³/мин с электроприводом мощностью N=710 кВт, U=10000 В

$$Q_{э.о} = 1000 \cdot 0,8 \cdot 710 \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,9) = 39760 \text{ Вт} = 39,76 \text{ кВт}$$

$$Q_{э.о} = 2 \cdot 39,76 = 79,52 \text{ кВт}$$

Осушитель адсорбционный сжатого воздуха XD1800G ZP с использованием тепла сжатия с ТЭН (N=76 кВт, U=660 В)

$$Q_{э.о} = 1000 \cdot 0,8 \cdot 76 \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,9) = 4256 \text{ Вт} = 4,26 \text{ кВт}$$

$$Q_{э.о} = 2 \cdot 4,26 = 8,52 \text{ кВт}$$

Мощность оборудования в машинном зале 280 кВт

$$Q_{э.о} = 1000 \cdot 0,8 \cdot 290 \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,9) = 16240 \text{ Вт} = 16,24 \text{ кВт}$$

Таблица 4.1 – Характеристика технологического оборудования в компрессорной

Оборудование	Количество, шт	Мощность, кВт
Компрессор ZH-710P-9, P=0,9 МПа	2	710
Осушитель адсорбционный сжатого воздуха XD1800G ZP	2	76

Суммарные теплоступления для холодного периода

- для компрессорной

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\sum Q_{\text{я}} = 88040 + 3658 = 91698 \text{ Вт}$$

$$\sum Q_{\text{п}} = 88040 + 3658 = 91698 \text{ Вт}$$

- для машинного зала

$$\sum Q_{\text{я}} = Q_{\text{об}} + 5717$$

$$\sum Q_{\text{п}} = Q_{\text{об}} + 5717$$

Таблица 4.1 – Поступление вредностей в компрессорной

Период года	Теплопоступления						Итого		Влага	CO ₂
	Люди		Солн. рад.	Искус. освещ.	С.Р.П	Техн.	Явное	Полное		
	Явное	Полное								
Тёплый	200	580	26147	3658		88040	114187	114187	544	92
Холодный	372	596	-10882	3658		88040	91698	91698	332	92

Таблица 4.2 – Поступление вредностей в машинный зал

Период года	Теплопоступления						Итого		Влага	CO ₂
	Люди		Солн. рад.	Искус. освещ.	С.Р.П	Техн.	Явное	Полное		
	Явное	Полное								
Тёплый	200	580	35131	5717		16240	51371	51371	544	92
Холодный	372	596	-15768	5717		16240	21957	21957	332	92

4.2 Расчёт выделения вредностей в летний период

4.2.1 Расчёт выделения вредностей от людей

Вредности, поступающие в помещение от летний период считаются аналогично зимнему периоду по формулам (4.1), (4.2), (4.3), (4.4)

Тёплый период

$$t_{\text{в}} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{я}} = 50 \text{ Вт}$$

$$q_{\text{п}} = 145 \text{ Вт}$$

$$m_{\text{w}} = 136 \text{ г/ч}$$

$$Q_{\text{я}} = 50 \cdot 4 = 200 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{п}} = 145 \cdot 4 = 580 \text{ Вт}$$

$$M_{\text{w}} = 136 \cdot 4 = 544 \text{ г/ч}$$

$$m_{\text{CO}_2} = 23 \text{ л/ч}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 23 \cdot 4 = 92 \text{ л/ч}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

4.2.2 Теплоступления от источников искусственного освещения

Количество тепла, поступающего от источников искусственного освещения в летний период принимается равным количеству тепла в зимний период.

4.2.3 Теплоступления через окна

Для компрессорной
Теплый период

Расчёт теплоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна : $H = 1.5$ м

Ширина окна : $B = 2$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения : $L_g = 0.3$ м

Длина вертикал. эл-тов затенения : $L_v = 0.3$ м

Расстояние от горизонтального : $a = 0$ м

и вертикального : $c = 0$ м

элементов затенения до откоса светового проёма

Количество однотипных одинаково направленных окон : 1 шт.

Площадь световых проёмов : $F_{\text{п}} = 3$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации : $\rho_{\text{п}} = 0.25$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма : $R_{\text{п}} = 0.34$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётками : $\tau_2 = 0.9$

Коэф. относ. проникания солн. радиации : $K_{\text{отн}} = 0.9$

Ориентация окна : Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района : 56 °

Средняя температура наружного воздуха : $t_{\text{н, ср}} = 19.2$ °C

Температура внутреннего воздуха : $t_{\text{в}} = 28$ °C

Скорость ветра : $V = 1$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ха : $\Delta t_{\text{н}} = 10.8$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью окна : $\alpha_{\text{н}}^{\text{в}} = 17.4$ $\alpha_{\text{н}}^{\text{г}} = 11.3$

Стены

Площадь стены : $F = 50.9$ м²

Коэффициент теплопередачи : $K = 0.400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 2.498$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены : $\rho_{\text{ст}} = 0.7$

Количество слоев в стене : 3

$R_{\text{в.пр.}} = 2.48$ м²·°C/Вт

№ слоя : 4

№	Материал	Условие Вт/(м·°C)	Коэфт теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетон	17,98	1,92	0,1
2	плиты минераловатные из каменн.	0,74	0,045	0,1
3	железобетон	17,98	1,92	0,1

Покрытие

Площадь покрытия : $F_{\text{п}} = 31.85$ м²

Температура воздуха под покрытием : $t_{\text{пок}} = 28$ °C

Коэффициент теплопередачи : $K_{\text{пок}} = 3.144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R_{\text{пок}} = 0.318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия : $\rho_{\text{п}} = 0.7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия : $\alpha_{\text{н}} = 11.3$

Количество слоев в покрытии : 1

№ слоя : 2

№	Материал	Условие Вт/(м·°C)	Коэфт теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетонная пустотная плита	17,98	1,92	0,22

Рисунок 4.10 - Стены север и покрытие исходные данные для компрессорной

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	
				Окна						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				Стены						
-46	-36	-26	-21	-21	-26	-36	-46	-121	-104	
			MAX							
				Покрытие						
17365	20810	23690	25611	26209	25485	23665	21091	17590	13699	
			MAX							
			ВСЕГО							
17319	20774	23664	25590	26188	25459	23629	21045	17469	13595	
			MAX							

Рисунок 4.11 - Стены север и покрытие итог для компрессорной

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна : $H = 1.5$ м

Ширина окна : $B = 2$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения : $L_g = 0.3$ м

Длина вертикал. эл-тов затенения : $L_b = 0.3$ м

Расстояние от горизонтального : $a = 0$ м

и вертикального : $c = 0$ м

элементов затенения до отбоя светового проёма

Количество однотипных одинаково направленных окон : 1 шт.

Площадь световых проёмов : $F_{п} = 3$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации : $\rho_{п} = 0.25$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма : $R_{п} = 0.34$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётками : $\tau_2 = 0.9$

Коэф. относ. проникновения солн. радиации : $K_{отн} = 0.9$

Ориентация окна : Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района : 56°

Средняя температура наружного воздуха : $t_{н.ср} = 19.2$ °C

Температура внутреннего воздуха : $t_{в} = 28$ °C

Скорость ветра : $V = 0$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ха : $\Delta t_{н} = 10.8$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью окна : $\alpha_{н}^в = 17.4$ $\alpha_{н}^г = 11.3$

Стены

Площадь стены : $F = 55.3$ м²

Коэффициент теплопередачи : $K = 0.400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 2.498$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены : $\rho_{ст} = 0.7$

Количество слоёв в стене : 3

$R_{в.пр.} = 2.48$ м²·°C/Вт

№ слоя 4

№	Материал	Удельное Вт/(м·C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/л	Толщина, м
1	железобетон	17.98	1.92	0.1
2	плиты минераловатные из каменск	0.74	0.045	0.1
3	железобетон	17.98	1.92	0.1

Покрытие

Площадь покрытия : $F = 331.85$ м²

Температура воздуха под покрытием : $t_{покр} = 28$ °C

Коэффициент теплопередачи : $K_{покр} = 3.144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R_{покр} = 0.318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия : $\rho_{п} = 0.7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия : $\alpha_{н}^г = 11.3$

Количество слоёв в покрытии : 1

№ слоя 2

№	Материал	Удельное Вт/(м·C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/л	Толщина, м
1	железобетонная пустотная плита	17.98	1.92	0.22

Рисунок 4.12 - Стены запад исходные данные для компрессорной

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Окна									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Стены									
34	46	58	-61	-41	-5	34	67	81	81
								MAX	
Покрытие									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВСЕГО									
34	46	58	-61	-41	-5	34	67	81	81
								MAX	

Рисунок 4.13 - Стены запад итог для компрессорной
Для машинного зала
теплый период

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна : $H = 0$ м

Ширина окна : $V = 0$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения : $L_g = 0$ м

Длина вертикал. эл-тов затенения : $L_v = 0$ м

Расстояние от горизонтального : $a = 0$ м

и вертикального : $c = 0$ м

элементов затенения до откоса светового проёма

Количество одинаковых одинаково направленных окон : 1 шт.

Площадь световых проёмов : $F_{п} = 0$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации : $\rho_{п} = 0$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма : $R_{п} = 0$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётными : $\tau_{2} = 0$

Коэф. относ. проникания солн. радиации : $K_{отн} = 0$

Ориентация окна : Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района : 56 °

Средняя температура наружного воздуха : $t_{н.ср} = 19,2$ °C

Температура внутреннего воздуха : $t_{в} = 28$ °C

Скорость ветра : $v = 1$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ха : $\Delta t_{н} = 10,8$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью окна : $\alpha_{н}^в = 17,4$ $\alpha_{н}^г = 11,3$

Стены

Площадь стены : $F = 64,8$ м²

Коэффициент теплопередачи : $K = 0,400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 2,498$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены : $\rho_{ст} = 0,7$

Количество слоев в стене : 3

№ слоя

№	Материал	Усоение, Вт/(м·°C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетон	17,98	1,92	0,1
2	плиты минераловатные из каменск	0,74	0,045	0,1
3	железобетон	17,98	1,92	0,1

Ввод

№ слоя

№	Материал	Усоение, Вт/(м·°C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетонная пустотная пл	17,98	1,92	0,22

Температура воздуха под покрытием : $t_{пок} = 28$ °C

Площадь покрытия : $F = 445,7$ м²

Коэффициент теплопередачи : Кпок = $3,144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : Rпок = $0,318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия : $\rho_{п} = 0,7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия : $\alpha_{н}^г = 11,3$

Количество слоев в покрытии : 1

№ слоя

№	Материал	Усоение, Вт/(м·°C)	Коэф-т теплопр-ти, Вт/м	Толщина, м
1	железобетонная пустотная пл	17,98	1,92	0,22

Ввод

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Рисунок 4.14 - стены восток и перекрытие исходные данные

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
				Окна					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Стены					
78	40	-5	-48	-72	68	54	40	18	-2
MAX									
				Покрытие					
23323	27950	31819	34398	35202	34229	31785	28327	23626	18399
				MAX					
				ВСЕГО					
23401	27990	31814	34350	35130	34297	31839	28367	23644	18397
				MAX					

Рисунок 4.15 - стены восток и перекрытие итог

Расчёт теплопоступлений от солнечной радиации

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна: $H = 0$ м

Ширина окна: $B = 0$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения: $L_g = 0$ м

Длина вертикал. эл-тов затенения: $L_v = 0$ м

Расстояние от горизонтального и вертикального элементов затенения до откоса светового проёма: $a = 0$ м, $c = 0$ м

Количество однотипных одинаково направленных окон: 1 шт.

Площадь световых проёмов: $F_{\Pi} = 0$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации: $\rho_n = 0$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма: $R_{\Pi} = 0$ м²·°C/Вт

Коэф. затенения светового проёма переплётами: $\tau_2 = 0$

Коэф. относ. проникания солн. радиации: $K_{отн} = 0$

Ориентация окна: Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района: 56°

Средняя температура наружного воздуха: $t_{н.ср} = 19.2$ °C

Температура внутреннего воздуха: $t_{в} = 28$ °C

Скорость ветра: $V = 1$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ха: $\Delta t_{н} = 10.8$ °C

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью окна: $\alpha_n^в = 17.4$, $\alpha_n^г = 11.3$

Стены

Площадь стены: $F = 85.85$ м²

Коэффициент теплопередачи: $K = 0.400$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче: $R = 2.4981$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены: $\rho_{ст} = 0.7$

Количество слоёв в стене: 3

$R_{в.пр.} = 2.48$ м²·°C/Вт

№ слоя	Материал	Удельное Вт/(м·°C)	Коэфт теплопр-ти, Вт/(м·°C)	Толщина, м
1	железобетон	17.98	1.92	0.1
2	плиты минераловатные из каменки	0.74	0.045	0.1
3	железобетон	17.98	1.92	0.1

Покрытие

Площадь покрытия: $F = 445.7$ м²

Коэффициент теплопередачи: $K_{покр} = 3.144$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче: $R_{покр} = 0.318$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия: $\rho_{п} = 0.7$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия: $\alpha_n^г = 11.3$

Температура воздуха под покрытием: $t_{покр} = 28$ °C

Количество слоёв в покрытии: 1

№ слоя	Материал	Удельное Вт/(м·°C)	Коэфт теплопр-ти, Вт/(м·°C)	Толщина, м
1	железобетонная пустотная плита	17.98	1.92	0.22

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Рисунок 4.16 - стены север и юг исходные данные

8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
				Окна					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Стены					
-106	-61	-20	1	1	-20	-61	-106	-263	-188
			MAX						
				Покрытие					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				ВСЕГО					
-106	-61	-20	1	1	-20	-61	-106	-263	-188
MAX									

Рисунок 4.17 - стены север и юг итог

4.2.4 Теплопоступления от электрооборудования

Количество тепла, поступающего от электрооборудования в летний период, принимается равным количеству тепла в зимний период.

Суммарные теплопоступления для тёплого периода
 - для компрессорной

$$\sum Q_{\text{я}} = 88040 + 26147 = 114187 \text{ Вт}$$

$$\sum Q_{\text{л}} = 88040 + 26147 = 114187 \text{ Вт}$$

$$\sum M_w = 544 \text{ л/ч}$$

- для машинного зала

$$\sum Q_{\text{я}} = Q_{\text{об}} + 35131$$

$$\sum Q_{\text{л}} = Q_{\text{об}} + 35131$$

$$\Sigma M_w = 332 \text{ л/ч}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5 РАСЧЁТ ВОЗДУХООБМЕНА ПО ВРЕДНОСТИ

Формулы для расчёта воздухообмена

По явному теплу

$$G_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{я}}}{c \cdot (t_{\text{y}} - t_{\text{п}})}, \quad (5.1)$$

По полному теплу

$$G_{\text{п}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{п}}}{I_{\text{y}} - I_{\text{п}}}, \quad (5.2)$$

где I_{y} , $I_{\text{п}}$ – энтальпия удаляемого и приточного воздуха, кДж/кг, определяется по I-d диаграмме;

$Q_{\text{п}}$ – полные теплопоступления, Вт.

По влаге

$$G_{\text{w}} = \frac{M_{\text{w}}}{d_{\text{y}} - d_{\text{п}}}, \quad (5.3)$$

где M_{w} – суммарные влаговыделения;

d_{y} , $d_{\text{п}}$ – влагосодержание удаляемого и приточного воздуха, г/кг, определяется по I-d диаграмме.

По концентрации вредностей (CO_2)

$$G^{\text{CO}_2} = \frac{M^{\text{CO}_2}}{\frac{c_{\text{y}}}{\rho_{\text{y}}} - \frac{c_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}}, \quad (5.4)$$

$$c_{\text{CO}_2}^{\text{y}} = c_{\text{CO}_2}^{\text{B}}$$

$$c_{\text{CO}_2}^{\text{п}} = c_{\text{CO}_2}^{\text{H}}$$

Угловой луч процесса

На практике для определения воздухообмена выбирают лишь одну из этих формул в зависимости от величины луча процесса, которая определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot Q_{\text{п}}}{M_{\text{w}}}, \quad (5.5)$$

где $Q_{\text{п}}$ – количество полных теплопоступлений в помещение, Вт;

M_{w} – количество выделяемой в помещении влаги, г/ч.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Если $\varepsilon > 40000$, то расчет воздухообмена ведут по избыткам явного тепла;
 если $3000 < \varepsilon < 40000$, расчет ведут по полному теплу и влаге;
 если $\varepsilon < 3000$, расчет ведут только по влаге.

Температуру приточного воздуха определяют по методике, представленной в приложении В из СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [5]:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{п}}, \quad (5.6)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха для тёплого периода, °С;

$\Delta t_{\text{п}}$ – допустимое отклонение температура воздуха в струе приточного воздуха от нормируемой температуры воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне, °С.

Температура удаляемого воздуха

$$t_{\text{у}} = t_{\text{в}} + \text{grad } t \cdot (H - h_{\text{р.з}}), \quad (5.7)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °С;

$\text{grad } t$ – изменение температуры по высоте помещения, °С/м;

H – вертикальное расстояние от пола до низа вытяжного отверстия;

$h_{\text{р.з}}$ – высота рабочей зоны, м.

Так как люди в помещениях находятся преимущественно стоя, высоту рабочей зоны принимаем 2 м

5.1. Расчёт воздухообмена по вредности в компрессорной

5.1.1 Холодный период

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 91698}{332} = 994316 \text{ кДж/кг}$$

$\varepsilon > 40000$, следовательно расчет воздухообмена ведется по избыткам явного тепла, расчет приточного воздуха $G_{\text{р}}$, кг/ч, ведется по формуле:

$$G_{\text{р}}^{Q_{\text{я}}} = 3,6 \cdot \frac{Q_{\text{изб я}}}{c \cdot (t_{\text{у}} - t_{\text{п}})}$$

$$t_{\text{п}} = 21 - 4 = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V = 982,8 \text{ м}^3$$

$$\frac{Q_{\text{я}}}{V} = \frac{91698}{982,8} = 93,3 \text{ Вт/м}^3$$

$$\text{grad } t = 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C/м}$$

$$t_{\text{у}} = 17 + 1,5 \cdot (7,35 - 2) = 25,03 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$G_{\text{р}}^{Q_{\text{я}}} = 3,6 \cdot \frac{91698}{1,005 \cdot (25,03 - 17)} = 40905 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 34088 \text{ м}^3/\text{ч}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5.1.2 Теплый период

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 114187}{544} = 755649 \text{ кДж/кг}$$

$\varepsilon > 40000$, следовательно расчет воздухообмена ведется по избыткам явного тепла, расчет приточного воздуха G_p , кг/ч, ведется по формуле:

$$G_p^{Q_{я}} = 3,6 \cdot \frac{Q_{изб\ я}}{c \cdot (t_y - t_{п})}$$
$$t_{п} = 28 - 4 = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$V = 982,8 \text{ м}^3$$
$$\frac{Q_{я}}{V} = \frac{114187}{982,8} = 116,18 \text{ Вт/м}^3$$
$$grad\ t = 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C/м}$$
$$t_y = 28 + 1,5 \cdot (7,35 - 2) = 36,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$G_p^{Q_{я}} = 3,6 \cdot \frac{114187}{1,005 \cdot (36,02 - 24)} = 34028 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 28357 \text{ м}^3/\text{ч}$$

5.2. Расчёт воздухообмена по вредности в машинном зале

5.2.1 Холодный период

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 21957}{332} = 238088 \text{ кДж/кг}$$

$\varepsilon > 40000$, следовательно расчет воздухообмена ведется по избыткам явного тепла, расчет приточного воздуха G_p , кг/ч, ведется по формуле:

$$G_p^{Q_{я}} = 3,6 \cdot \frac{Q_{изб\ я}}{c \cdot (t_y - t_{п})}$$
$$t_{п} = 21 - 4 = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$V = 1535,8 \text{ м}^3$$
$$\frac{Q_{я}}{V} = \frac{21957}{1535,8} = 14,3 \text{ Вт/м}^3$$
$$grad\ t = 1,2 \text{ }^{\circ}\text{C/м}$$
$$t_y = 21 + 1,2 \cdot (7,35 - 2) = 27,42 \text{ }^{\circ}\text{C}$$
$$G_p^{Q_{я}} = 3,6 \cdot \frac{21957}{1,005 \cdot (27,42 - 17)} = 7548 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 6290 \text{ м}^3/\text{ч}$$

5.2.2 Теплый период

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 51371}{544} = 339955 \text{ кДж/кг}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$\varepsilon > 40000$, следовательно расчет воздухообмена ведется по избыткам явного тепла, расчет приточного воздуха G_p , кг/ч, ведется по формуле:

$$G_p^{Q_{я}} = 3,6 \cdot \frac{Q_{изб\ я}}{c \cdot (t_y - t_{п})}$$

$$t_{п} = 28 - 4 = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V = 1535,8 \text{ м}^3$$

$$\frac{Q_{я}}{1535,8} = 33,45$$

$$\text{grad } t = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{м}$$

$$t_y = 28 + 1,5 \cdot (7,35 - 2) = 36,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$G_p^{Q_{я}} = 3,6 \cdot \frac{51371}{1,005 \cdot (36,03 - 24)} = 15296 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 12747 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Воздухообмен по санитарной норме для компрессорного зала

Согласно таблице И.1 [5] минимальный расход, м³/ч, наружного воздуха на одного человека, находящегося в помещении более 2 ч непрерывно без естественного проветривание 60 м³/ч

$$G^{с.н} = 1,2 \cdot q \cdot N, \tag{5.8}$$

$$G^{с.н} = 1,2 \cdot 60 \cdot 4 = 288 \text{ кг/ч}$$

$$G^{CO_2} = \frac{M^{CO_2}}{\frac{c_y - c_{п'}}{\rho_y \rho_{п'}}} \tag{5.9}$$

$$\rho_y = \frac{353}{273 + t_y}$$

$$\rho_y = \frac{353}{273 + 36,02} = 1,14 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{п} = \frac{353}{273 + t_{п}}, \tag{5.10}$$

$$\rho_{п} = \frac{353}{273 + 24} = 1,19 \text{ кг/м}^3$$

$$G^{CO_2} = \frac{92}{\frac{1,25}{1,14} - \frac{0,5}{1,19}} = 136 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = 163,2 \text{ кг/ч}$$

Воздухообмен по санитарной норме для машинного зала

$$G^{с.н} = 1,2 \cdot q \cdot N, \tag{5.11}$$

$$G^{с.н} = 1,2 \cdot 60 \cdot 4 = 288 \text{ кг/ч}$$

$$G^{CO_2} = \frac{M^{CO_2}}{\frac{c_y - c_{п'}}{\rho_y \rho_{п'}}} \tag{5.12}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\rho_y = \frac{353}{273 + t_y}$$

$$\rho_y = \frac{353}{273 + 36,02} = 1,14 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{п}} = \frac{353}{273+t_{\text{п}}}$$

$$\rho_{\text{п}} = \frac{353}{273 + 24} = 1,19 \text{ кг/м}^3$$

$$G^{CO_2} = \frac{92}{\frac{1,25}{1,14} - \frac{0,5}{1,19}} = 136 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = 163,2 \text{ кг/ч}$$
(5.13)

Вывод: за расчётный воздухообмен для компрессорной берём расход по явному теплу в холодный период $G_{\text{п}}^{\text{х.п}} = 40905 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 34088 \text{ м}^3/\text{ч}$, за расчётный воздухообмен для машинного зала берём расход по явному теплу в теплый период $G_{\text{п}}^{\text{х.п}} = 15296 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 12747 \text{ м}^3/\text{ч}$

5.3 Расчёт воздухообмена по нормативной кратности

Нормативной кратностью называется отношение объёмного расхода воздуха к объёму помещения

$$K = \frac{L}{V}, \quad (5.14)$$

Значение кратности устанавливаются отдельно для притока и вытяжки

$$L_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot V, \quad (5.15)$$

$$L_{\text{в}} = K_{\text{в}} \cdot V, \quad (5.16)$$

Раздельные вытяжные системы предусматриваются для помещений санузлы, буфет, кинопроекторная, аккумуляторная

На каждом этаже здания должен соблюдаться воздушный баланс, то есть $L_{\text{пр}} = L_{\text{выт}}$. Недостающий приток добавляется в коридор здания

Пример расчёта слесарная мастерская

Определяем кратности притока и вытяжки для данного помещения, температуру внутреннего воздуха

$$K_{\text{пр}} = 2 \text{ ч}^{-1}$$

$$K_{\text{выт}} = 3 \text{ ч}^{-1}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$t_B = 16 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V = 56,7 \text{ м}^3$$

Определяем расходы приточного и вытяжного воздуха

$$L_{\text{пр}} = 2 \cdot 56,7 = 113 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{выт}} = 3 \cdot 56,7 = 170 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Пример расчёта комната приема пищи

$$K_{\text{пр}} = 0 \text{ ч}^{-1}$$

$$K_{\text{выт}} = 1 \text{ ч}^{-1}$$

$$t_B = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V = 121,8 \text{ м}^3$$

Определяем расходы приточного и вытяжного воздуха

$$L_{\text{пр}} = 0 \cdot 121,8 = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{выт}} = 1 \cdot 121,8 = 122 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таблица 5.3 – Расчёт воздухообмена по нормативной кратности

№	Наименование помещения	V, м³	t _B , °C	Кратность, ч ⁻¹		Расход, м³/ч	
				Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
отм. 0.000							
1	Тамбур	7,6	-	-	-	-	-
2	Слесарная мастерская	56,7	16	2	3	113	170
3	Коридор	130,2	16	-	-	235	-
4	Бытовое помещение слесарей	52,6	16	1	1	53	53
5	РУ-10 кВ	296,2	16	4	4	1185	1185
6	КТП 10/0,69 кВ	281,6	16	4	4	1126	1126
7.1	Компрессорная	982,8	28	-	-	34088	34088
7.2	Компрессорная	6,66	16	4	4	27	27
8	Машинный зал	1535,8	28	-	-	12747	12747
14	Помещение насосной	35,3	16	2	3	71	106
15	Тепловой пункт	62,6	5	4	4	251	251
16	Склад	42,8	15	-	1	-	43
18	Санузел	17,7	15	-	100 м³/ч	-	100
Итого:						49895	49895
отм. +3.600, +4.200							
9	Комната приёма пищи	121,8	18	-	1	-	122
10	Бытовое помещение машинистов	138,1	16	1	1	138	138
11	Операторская	364,4	18	2	2	729	729
12	Помещение щита	199,8	5	-	1	-	200
13	Венткамера	142,3	15	2	-	285	-
17	Коридор	208,6	16	-	-	37	-
Итого:						1188	1188

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

6 ПОДБОР ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

Воздухораспределителем называется специальное приспособление, доставляющее чистый воздух в вентилируемое помещение, по-другому его ещё называют «диффузор», мембрана или насадка. Применение воздухораспределителей при проектировании вентиляции выполняет распределительную задачу по перемещению объёмов кислорода, создавая тем самым циркуляцию воздушного пространства в рабочей зоне.

При подборе воздухораспределителей должны выполняться следующие условия

1. Скорость на выходе из воздухораспределителя должна быть меньше 3 м/с
2. Один воздухораспределитель должен обслуживать не более 36 м²

Порядок расчёта

1. Определяем требуемую суммарную площадь воздухораспределителей

$$F_{\Sigma} = \frac{L_p}{3600 \cdot u}, \quad (6.1)$$

2. Исходя из требуемой площади определяем количество воздухораспределителей

$$n = \frac{F_{\text{пом}}}{36}, \quad (6.2)$$

3. Находим площадь одного воздухораспределителя

$$f = \frac{F_{\Sigma}}{n}, \quad (6.3)$$

4. Определяем фактическую скорость в воздухораспределителе

$$u_{\phi} = \frac{L_p}{3600 \cdot n \cdot f_{\phi}}, \quad (6.4)$$

Произведём подбор воздухораспределителей для слесарной мастерской

1) Приток

Площадь слесарной мастерской

$$F_{\text{пом}} = 56,7 \text{ м}^2$$

Требуемая площадь воздухораспределителей

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$F_{\Sigma} = \frac{113}{3600 \cdot 2} = 0,016 \text{ м}^2$$

Количество воздухораспределителей

$$n = \frac{56,7}{36} = 1,58 = 2$$

Площадь одного воздухораспределителя

$$f = \frac{0,016}{2} = 0,008 \text{ м}^2$$

Выбираем воздухораспределитель АМН 200х100 с $f_{\phi} = 0,018 \text{ м}^2$

2) Вытяжка

Площадь слесарной мастерской

$$F_{\text{пом}} = 56,7 \text{ м}^2$$

Требуемая площадь воздухораспределителей

$$F_{\Sigma} = \frac{170}{3600 \cdot 2} = 0,024 \text{ м}^2$$

Количество воздухораспределителей

$$n = \frac{56,7}{36} = 1,58 = 2$$

Площадь одного воздухораспределителя

$$f = \frac{0,024}{2} = 0,012 \text{ м}^2$$

Выбираем воздухораспределитель АМН 200х100 с $f_{\phi} = 0,018 \text{ м}^2$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

7 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

7.1 Аэродинамический расчёт системы П1 – приточной системы вентиляции

Аэродинамический расчёт сети проводится с целью определения размеров поперечного сечения воздуховодов и требуемого давления в системе.

- 1) Аксонометрическая схема
- 2) Определяют расчётную длину
- 3) Определение площади поперечного сечения воздуховода, м²

$$F_{\text{тр}} = \frac{L_{\text{уч}}}{3600 \cdot u_p}, \quad (7.1)$$

- 4) Определение фактической скорости, м/с

$$u_{\phi} = \frac{L_{\text{уч}}}{3600 \cdot a \cdot b}, \quad (7.2)$$

- 5) Определение фактического давления, Па

$$P_d = \frac{\rho \cdot u_{\phi}^2}{2}, \quad (7.3)$$

- 6) Удельные потери давления на трение R, Па/м
- 7) Потери давления на трение, Па

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l \cdot n, \quad (7.4)$$

где n – поправочный коэффициент на шероховатость, определяется по таблице 12.14 [7];

R берётся по таблицам или номограммам [7].

- 8) Для фасонных элементов определяются коэффициенты местных сопротивлений и рассчитываются местные сопротивления, Па

$$Z = P_d \cdot \sum \varepsilon_i, \quad (7.5)$$

- 9) Рассчитываются потери давлений на участках, Па

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{тр}} + Z, \quad (7.6)$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

потери давления на трение, Па

$$\Delta P_L = (\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v^2) / (2 \cdot d \cdot \rho), \quad (7.7)$$

Эквивалентный диаметр, мм

$$d_{\text{э}} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}, \quad (7.8)$$

Приведем пример расчёта одного участка

Максимальное соотношение сторон высоты и ширины 1/3

Скорость воздуха в воздуховодах принимаем от 3 до 8 м/с

Диафрагмы подбираем по таблице 22.49 [8]

Согласно [5] скорость воздуха в воздуховодах принимаем для производственных зданий 5-6 м/с в начале системы и 10-16 м/с у вентилятора

Расчёт участка 1

$$F_{\text{тр}} = \frac{4261}{3600 \cdot 5} = 0,237 \text{ м}^2$$

Принимаем сечение 400x560

Размеры берём по [9]

Эквивалентный диаметр

$$d_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 560}{400 + 560} = 467 \text{ мм}$$

Фактическая скорость

$$u_{\text{ф}} = \frac{4261}{3600 \cdot 0,4 \cdot 0,56} = 5,28 \text{ м/с}$$

Фактическое давление

$$P_{\text{д}} = \frac{1,204 \cdot 5,28^2}{2} = 17 \text{ Па}$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (k_{\text{э}}/d + 68/Re)^{0,25} \quad (7.9)$$

$$k_{\text{э}} = 0,1 \text{ мм}$$

$$R = 0,066 \cdot (0,0001 + 0,0010676/5,28)^{0,25} \cdot 5,28^2 / (467/1000)^{1,25} = 0,6 \text{ Па/м}$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,6 \cdot 1,2 = 0,76 \text{ Па}$$

$$L_o/L_c = 4261/8522 = 0,5$$

$$f_n/f_c = 0,224/0,4473 = 0,5$$

Местные сопротивления

Отвод 90° z=0,53, тройник z=1,3, решётка z=2,2 таблица 25 [5]

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\varepsilon = 0,53 + 1,3 + 2,2 = 4,03$$

$$Z = \sum \varepsilon \cdot P_d \quad (7.10)$$

$$Z = 4,03 \cdot 17 = 67,74 \text{ Па}$$

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + Z \quad (7.11)$$

$$\Delta P = 0,76 + 67,74 = 68,49 \text{ Па}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

8.1 Определение тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции

Потери теплоты через наружные ограждающие конструкции следует определять по формуле:

$$Q_i^{\text{отп}} = A_i \cdot K_i \cdot n_i \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot (1 + \sum \beta_i), \quad (8.1)$$

где $A_i \cdot K_i \cdot n_i \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ – основные теплопотери

A_i – расчетная площадь ограждения, м². Принимается с учетом правила обмера площадей с точностью до 0,1 м. Размеры в плане принимаются с точностью до 0,01 м. В этом случае учитывается сложность теплопередачи на границах ограждения, предусматривая условное увеличение или уменьшение площади до соответствия фактическим теплопотерям.

$$K_i = 1/R_{oi}^r, \quad (8.2)$$

R_{oi}^r – приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, (м²·°С)/Вт;

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура помещения;

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха;

n – коэффициент, учитывающий фактическое понижение расчетной разности температур для ограждения ($t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$), которое отделяет отапливаемое помещение от неотапливаемого. Определяется по СНиП 23.02.2003 «Тепловая защита здания» таблица 6;

β_i – коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери через ограждения.

Основные теплопотери через ограждения при $\beta_i = 0$ часто оказываются меньше действительных теплопотерь, так как при этом не учитывается влияние на процесс некоторых факторов

- 1) На ориентацию ограждения по сторонам горизонта. В помещениях любого назначения для всех вертикальных и наклонных (проекция на вертикаль) поверхностей. Имеет место усиленное излучение с поверхностей ограждения, обращенных на С,В,СВ,СЗ,З,ЮВ,Ю,ЮЗ

$$\beta_1 = 0,1 - \text{С,В,СВ,СЗ}$$

$$\beta_1 = 0,05 - \text{З,ЮВ}$$

$$\beta_1 = 0 - \text{Ю,ЮЗ}$$

- 2) В угловых помещениях. Добавка на угловое помещение имеющее две и более наружных стен, учитывает, что в таком помещении радиационная температура ниже, чем в неугловом. Поэтому в угловом помещении жилого дома температуру воздуха принимают на 2°С выше, чем в неугловом помещении. В зданиях другого назначения (общественных,

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

административно-бытовых и производственных) дополнительно при наличии двух и более наружных стен вводится надбавка 0,05 к основным теплопотерям на каждую стену, дверь или окно, если одно из ограждений обращено на С,В,СВ,СЗ и 0,1 в других случаях β_2 принимается за счёт действия облучения солнцем и “отрицательного” излучения внешней поверхности ограждения в сторону небосвода. В типовом проекте, если не задана ориентация, принимается: $\beta_1 = 0,08$ – одна наружная стена, $\beta_1 = 0,13$ – две и более наружных стен, а также для всех жилых помещений.

- 3) Для горизонтально расположенных ограждений $\beta_3 = 0,05$ – на необогреваемые полы первого этажа над холодными неотапливаемыми подвалами зданий в местности с $t_n \leq -40^\circ\text{C}$
- 4) На врывание холодного воздуха через наружные двери, не оборудованные ВТЗ и ВЗ: $\beta_4 = 0,2 \text{ Н}$ – тройные двери с двумя тамбурами; $\beta_4 = 0,27 \text{ Н}$ – двойные двери с одним тамбуром; $\beta_4 = 0,34 \text{ Н}$ – двойные двери без тамбура; $\beta_4 = 0,42 \text{ Н}$ – одинарные двери, где Н – высота от средней планировочной отметки уровня поверхности земли до верха карниза или устья вытяжной вентиляционной шахты или до центра вытяжных отверстий фонаря. Для наружных ворот без тамбура и без ВТЗ $\beta_4 = 3$, для наружных ворот с тамбуром без ВТЗ $\beta_4 = 1$
- 5) Потери тепла могут заметно изменяться под влиянием инфильтрации и эксфильтрации воздуха через толщу ограждений и щели в них, а также под действием облучения солнцем и “противоизлучения” внешней поверхности ограждений. Теплопотери в целом могут заметно возрасти за счёт изменения температуры по высоте помещения, вследствие поступления холодного воздуха через открываемые проёмы и.т.д

Эти дополнительные потери теплоты обычно учитывают добавками к основным теплопотерям.

- Наружная стена 1 (НС):

$$A_{\text{НС}} = 1,98 \cdot 3,6 = 7,14 \text{ м}^2$$

Ориентация ограждения – С, следовательно, $\beta_i = 0,1$

Тогда по формуле (2.1):

$$Q_{\text{НС}} = 7,14 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot (15 + 32) \cdot (1 + 0,1) = 148 \text{ Вт}$$

- Наружная дверь 1 (НД):

$$A_{\text{НД}} = 0,92 \cdot 2,1 = 1,93 \text{ м}^2$$

Ориентация ограждения – С, следовательно, $\beta_i = 0,05$

Добавка на выравнивание наружного воздуха для одинарных дверей определяется по формуле

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\beta_2 = 0,42 \cdot H \quad (8.3)$$

где H – высота здания от уровня земли до верха вытяжной шахты.

$$\beta_2 = 0$$

Тогда по формуле (2.1):

$$Q_{\text{нд}} = 7,14 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot (15 + 32) \cdot (1 + 0,1) = 148 \text{ Вт}$$

- Пол (ПЛ):

$$A_{\text{пл}} = 1,32 \cdot 1,59 = 2,1 \text{ м}^2$$

Тогда по формуле (2.1):

$$Q_{\text{пл}} = 2,1 \cdot 6,67 \cdot 0,6 \cdot (15 + 32) \cdot (1 + 0) = 395 \text{ Вт}$$

8.2 Определение тепловых потерь на нагревание воздуха, инфильтрующегося через наружные ограждающие конструкции

Перепад давлений на поверхности ограждений определяется по формуле (8.4):

$$\Delta p = p_{\text{в}} - p_{\text{н}}, \quad (8.4)$$

где $p_{\text{н}}$ – условное наружное давление;

$p_{\text{в}} = \text{const}$ - условное давление в помещении;

$$p_{\text{в}} = 0,5 \cdot H \cdot g \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) + 0,25 \cdot V_{\text{н}}^2 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot (c_{\text{н}} - c_{\text{з}}) \cdot k, \quad (8.5)$$

где $V_{\text{н}}$ – расчетная скорость ветра, максимальная из средних скоростей по румбам за январь, определяется по таблицу 3.1 [1], м/с

$p_{\text{н}}$ -давление наружного воздуха, определяется по формуле:

$$p_{\text{н}} = p_{\text{грав}} + p_{\text{ветр}}, \quad (8.6)$$

где $p_{\text{грав}}$ -гравитационное давление, определяется по формуле:

$$p_{\text{грав}} = (H - h_i) \cdot g \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}), \quad (8.7)$$

где H – высота здания от поверхности земли до верха карниза или вытяжных отверстий шахт, м;

h_i - расстояние от поверхности земли до верха окон, дверей, проёмов или до середины стыков панелей;

$$\rho = \frac{353}{273+t}, \quad (8.8)$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\gamma = \frac{3464}{273+t'} \quad (8.9)$$

$p_{\text{ветр}}$ - ветровое давление, постоянное от 1 до последнего этажа, зависит от скорости ветра, определяется по формуле:

$$p_{\text{ветр}} = 0,5 \cdot U_{\text{н}}^2 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot (c_{\text{н}} - c_{\text{з}}) \cdot k, \quad (8.10)$$

где k – коэффициент, учитывающий изменение скоростного давления, ветра по высоте здания, принимается по [6]);

$c_{\text{н}}, c_{\text{з}}$ – аэродинамические коэффициенты с наветренной и заветренной сторон здания;

Суммарный расход инфильтрующегося воздуха определяется по формуле:

$$\sum \sigma_{\text{и}} = 0,216 \cdot \sum \frac{\Delta p_1^{\frac{2}{3}} \cdot A_1}{R_{u1}} + \sum \frac{\Delta p_2^{\frac{1}{2}} \cdot A_2}{R_{u2}} + \sum \frac{\Delta p_3 \cdot l_3}{R_{u3}}, \quad (8.11)$$

где 1 – окна, фонари, балконные двери;

2 – двери, ворота, открытые проёмы;

3 – стыки стеновых панелей;

R_u – сопротивление воздуха паропрооницанию конструкции.

Расход теплоты на нагревание наружного воздуха при инфильтрации через наружные ограждающие конструкции при отсутствии вентиляции

$$Q_{\text{и}} = 0,28 \cdot \sum \sigma_{\text{и}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot \beta, \quad (8.12)$$

где $c=1$ кДж/кг·°С – удельная массовая теплоёмкость воздуха;

β - коэффициент учёта влияния встречного теплового потока в конструкциях.

Пример расчёта дверь 3600x2560

1) Определим условное постоянное давление

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{273 - 32} = 1,464$$

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{273 + 21} = 1,2$$

$$c_{\text{н}} = 0,8$$

$$c_{\text{з}} = -0,6$$

$$p_{\text{в}} = 0,5 \cdot 9,85 \cdot 9,81 \cdot (1,464 - 1,2) + 0,25 \cdot 3,7^2 \cdot 1,464 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,4 = 15,56 \text{ Па}$$

$$h_i = 2,56 \text{ м}$$

$$H_{\text{зд}} - h_i = 9,85 - 2,56 = 7,29 \text{ м}$$

$$p_{\text{грав}} = 7,29 \cdot 9,8 \cdot (1,464 - 1,2) = 18,86 \text{ Па}$$

$$p_{\text{ветр}} = 0,5 \cdot 3,7^2 \cdot 1,464 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,4 = 5,61 \text{ Па}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист 47
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\Delta p = 24,47 - (0,5 \cdot 9,85 \cdot 9,8 \cdot (1,464 - 1,2) + 0,25 \cdot 3,7^2 \cdot 1,464 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,4) = 8,92 \text{ Па}$$

$$G_{\text{инф}} = 0,216 \cdot ((8,92^{(1/2)} \cdot 2,73)/0,15) = 11,74 \text{ кг/ч}$$

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot 11,74 \cdot 1 \cdot (21 + 32) \cdot 1 = 174,28 \text{ Вт}$$

Таблица 2.1 - Расход тепловой энергии на нагревание воздуха инфильтрующегося через окна и двери

№ этажа	h _i , м	h _{зд} -h _i , м	P _i , Па	P _{гр} , Па	P _{ветр} , Па	ΔP, Па	G _{инф} , кг/ч	Q _{инф} , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	
1(дверь 3600x2560) (помещение 7.1)	2,56	7,29	24,47	18,86	5,61	8,92	11,74	174,28
1(дверь 2600x2600) (помещение 6)	2,6	7,25	24,37	18,76	5,61	8,82	11,68	173,27
1(дверь 920x2100) (помещение 14)	2,1	7,75	25,66	20,05	5,61	10,11	12,50	185,54
1(дверь 920x2100) (помещение 1)	2,1	7,75	25,66	20,05	5,61	10,11	12,50	185,54

9 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС

Тепловой баланс расчетного помещения составляется для определения избытков или недостатков тепла, которые должна компенсировать системы обеспечения микроклимата помещений. В помещении, в котором поддерживается постоянный (стационарный, не меняющийся во времени) тепловой режим, должен наблюдаться тепловой баланс (это следует из закона сохранения теплоты)

Уравнение теплового баланса помещений

$$\sum Q_{\text{пот}} = \sum Q_{\text{пост}}, \quad (9.1)$$

где $\sum Q_{\text{пот}}$ – суммарные потери теплоты, Вт;

$\sum Q_{\text{пост}}$ – суммарные поступления теплоты, Вт.

Для определения тепловой мощности системы отопления и вентиляции составляют баланс расходов теплоты для зимнего периода:

$$Q_{\text{огр}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{л}}^{\text{п}} + Q_{\text{осв}}, \quad (9.2)$$

где $Q_{\text{огр}}$ – потери теплоты ограждающими конструкциями, Вт;

$Q_{\text{об}}$ – теплопоступления от оборудования, Вт;

$Q_{\text{л}}^{\text{п}}$ – теплопоступления от людей, Вт;

$Q_{\text{осв}}$ – теплопоступления от искусственного освещения, Вт.

Для компрессорной

$$106879 + 174 - 88040 - 3658 - 596 = 14759 \text{ Вт}$$

Необходимо устранить дефицит тепла в зимний период в размере 14759 Вт.

Для машинного зала

$$37453 - 16240 - 596 - 5717 = 14900 \text{ Вт}$$

Необходимо устранить дефицит тепла в зимний период в размере 14900 Вт.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

10 КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

10.1 Описание принятой системы отопления

В данном проекте принята система водяного насосного отопления с горизонтальной двухтрубной разводкой и тупиковым движением теплоносителя в магистралях. В качестве отопительных приборов принимаем секционные регистры из гладких труб в помещениях компрессорной, насосной, слесарной мастерской, машинного зала, в бытовых помещениях стальные радиаторы.

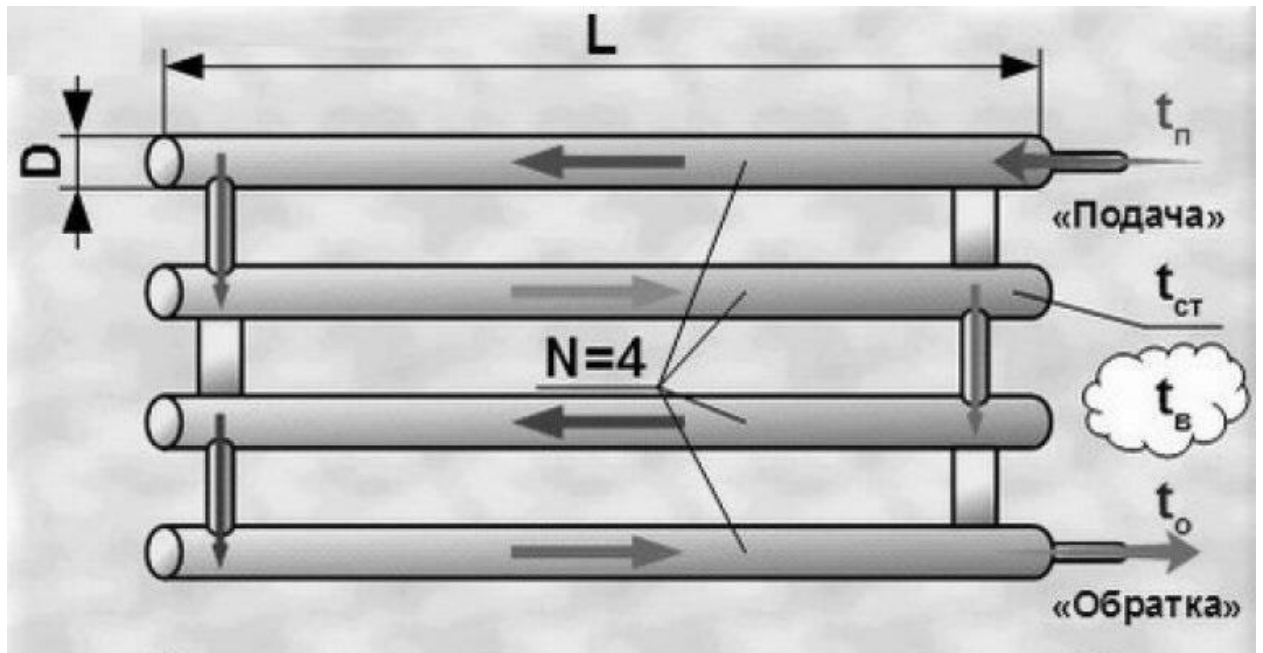


Рисунок 10.1 – Регистр отопления из гладких труб

Они имеют ряд преимуществ:

- При надлежащем качестве сварки система прослужит 25 и более лет.
- Обширный и равномерный прогрев за счет большой протяженности элементов (труб), что особенно актуально для значительной площади отапливаемого помещения.
 - Отсутствие необходимости частой промывки, так как регистры отопления из гладких труб меньше заиливаются.
 - Сниженный уровень потери давления в сравнение с другими видами радиаторов. Есть возможность использовать открытую систему отопления с естественной циркуляцией и существенно сократить расходы на периодическую систему теплоносителя.
 - Легко поддерживать внешнюю чистоту, что особенно актуально для организаций с ужесточенными санитарными нормами.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

В здании запроектирована одна система отопления, обслуживающая производственные и вспомогательные помещения.

Источником теплоснабжения являются тепловые сети, следовательно, в микрорайоне расположен центральный тепловой пункт, ввод от которого осуществляется через центральную часть здания.

В качестве теплоносителя используется подготовленная вода, из тепловой сети она поступает с параметрами - $t=95/70^{\circ}\text{C}$. В системе отопления параметры теплоносителя составляют $95/70^{\circ}\text{C}$.

Компенсация тепловых удлинений магистралей обеспечивается прежде всего естественными изгибами, связанными с планировкой здания.

Водяные системы отопления бывают:

- 1) По способу циркуляции теплоносителя:
 1. С естественной циркуляцией (гравитационной) – за счёт разности плотностей
 2. С искусственной циркуляцией (насосной)
- 2) По виду прокладки трубопроводов в помещении
 1. Вертикальные
 2. Горизонтальные – обычно в одноэтажных или при большой площади, в том числе поквартирные
- 3) По способу присоединения отопительных приборов
 1. Двухтрубные – отопительные приборы присоединяются параллельно
 2. Однотрубные – отопительные приборы соединяются последовательно
- 4) По расположению магистралей в здании
 1. С нижней разводкой веток магистралей
 2. С верхней разводкой подающей магистрали
 3. С верхней разводкой обеих магистралей
 4. Система с опрокинутой циркуляцией
- 5) По направлению движения теплоносителя в трубопроводе
 1. Тупиковые или системы со встречным движением теплоносителя
 2. Попутные

В нашем случае система с искусственной циркуляцией, горизонтальная, двухтрубная, с верхней разводкой подающей магистрали, тупиковая.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

11 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Задачи гидравлического расчёта:

- 1) Определение диаметров трубопроводов
- 2) Определение потерь давления в системе отопления (в основном циркуляционном кольце (ОЦК) – это максимальные потери в системе отопления – по этим потерям подбираем циркуляционный насос
- 3) Определение потерь давления в второстепенных циркуляционных кольцах (ВЦК) – исходя из этих потерь выполняется увязка системы отопления и подбирается балансировочная арматура

Для гидравлического расчета системы отопления воспользуемся методом удельных линейных потерь на трение.

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{мс}}, \quad (11.1)$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$ - потери давления на трение, Па;
 $\Delta P_{\text{мс}}$ – потери давления в местных сопротивлениях, Па.

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l, \quad (11.2)$$

где R - удельные потери давления на трение, Па/м;
 l - длина участка, м;
 ρ - средняя плотность теплоносителя, кг/м³;
 ω - скорость движения теплоносителя на участке, м/с;
 λ - коэффициент гидравлического трения;
 $d_{\text{в}}$ - внутренний диаметр трубы, мм.

Потери давления в местных сопротивлениях определяются по двум формулам:

1. формула для фасонных элементов (отводов, тройников, сужений и расширений)

$$\Delta P_{\text{мс}} = \sum \zeta \cdot P_{\text{д}} = \sum \zeta \cdot (\rho \omega^2) / 2, \quad (11.3)$$

где $\sum \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений;
 $P_{\text{д}}$ - динамическое давление, Па.

2. формула для арматуры

$$\Delta P_{\text{мс}} = 0,1 \cdot (G / K_{\text{вс}}), \quad (11.4)$$

где $K_{\text{вс}}$ - пропускная способность арматуры, м³/ч, определяется по каталогам.

11.1 Гидравлический расчёт основного циркуляционного кольца

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Последовательность гидравлического расчёта:

1) На аксонометрической схеме выбирается основное циркуляционное кольцо.

Определение ОЦК – через самый удалённый стояк самой нагруженной ветки. Для тупиковых проходит через самый удалённый стояк на этой ветке. В попутной системе отопления ОЦК выбирается через самый нагруженный из средних стояков.

Для двухтрубных систем ОЦК проходит через отопительный прибор на 1 этаже. Выполняется расчёт ВЦК по следующим направлениям. Для тупиковых систем – через стояк на той же ветке что и ОЦК ближний к ИТП по ходу движения теплоносителя. Для попутной системы ВЦК через стояк на той же ветке что и ОЦК ближайший и самый удалённый по ходу движения.

Для двухтрубных систем ВЦК проходит через соседние с ОЦК принимаются через отопительные приборы на первых этажах, дополнительное ВЦК рассчитывается через отопительный прибор на последнем этаже.

2) Главное циркуляционное кольцо разбиваем на расчетные участки, где указывается G , кг/ч, длина l , м и d труб, мм.

3) Определяется тепловая нагрузка каждого участка.

4) Вычисляется расход теплоносителя на расчетных участках, $\frac{\text{кг}}{\text{ч}}$, по формуле:

$$G = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{уч}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_r - t_o)}, \quad (11.5)$$

где $Q_{\text{уч}}$ - тепловая нагрузка на расчетном участке, Вт;

β_1 - коэффициент, зависит от шага номенклатурного ряда отопительных приборов, принимается по таблице 9.4 [17];

β_2 - коэффициент, зависит от места установки прибора, принимается по каталогу;

c - теплоемкость воды, $c=4,19$ Дж/кг·°С;

t_r - температура подающего теплоносителя, °С;

t_o - температура обратного теплоносителя, °С.

Для двухтрубной системы отопления параметрами теплоносителя являются $t_r=95^\circ\text{C}$, а $t_o=70^\circ\text{C}$.

5. Чтобы определить условный диаметр трубопровода, воспользуемся таблицей II.2. В этой таблице по приблизительному расходу воды определяется условный диаметр D_u . Рассматриваем стальные водогазопроводные трубы, так как они наиболее предпочтительны в двухтрубной системе отопления.

В таблице 1 указаны для каждого условного диаметра d_u наружный диаметр и толщина стенки трубы. По этим данным рассчитывается внутренний диаметр трубы d_v .

6. Определим скорость движения воды в трубопроводе

$$\omega = (4 \cdot G) / (3600 \cdot d_v^2 \cdot \pi \cdot \rho), \quad (11.6)$$

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР				

где G - расход теплоносителя на расчетных участках, кг/ч;

d_b - внутренний диаметр трубопровода, мм;

ρ - средняя плотность вода, кг/м³.

7. Найдем коэффициент гидравлического трения:

- если режим переходный $2300 < Re < Re_{пр}$, по формуле:

$$\lambda = 0,11 \cdot (k_3/d_b + 68/Re)^{0,25}, \quad (11.7)$$

- если режим турбулентный $Re > Re_{пр}$, по формуле:

$$\lambda = 0,11 \cdot (k_3/d_b)^{0,25}, \quad (11.8)$$

где k_3 - коэффициент относительной шероховатости, для стальных труб,
 $k_3 = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м;

Re - число Рейнольдса;

$Re_{пр}$ - предельное число Рейнольдса.

$$Re = (\omega \cdot d_b) / \nu, \quad (11.9)$$

где ν - кинематическая вязкость, м²/с.

$$Re_{пр} = (568 \cdot d_b) / k_3, \quad (11.10)$$

8. Рассчитаем потери на участке по формуле:

$$R = \lambda / d_b \cdot (\rho \cdot \omega^2) / 2, \quad (11.11)$$

9. Далее определяются потери давления на трение и потери давления в местных сопротивлениях. И потери давления на участках.

Рассчитываются суммарные потери давления на участках ΔP , складывая потери давления на каждом участке.

Аналогично проводится расчет второстепенных циркуляционных колец.

Второстепенные циркуляционные кольца увязываются с основным по потерям давления. Вода идёт по пути меньшего сопротивления, то есть где потери давления меньше. Это называется гидравлической разрегулировкой системы отопления.

Задача: доставить расчётное количество теплоносителя до каждого потребителя. Эта задача достигается увязкой системы отопления.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

При увязке системы отопления необходимо:

$$H = \frac{\Delta P_p - \Delta P_i}{\Delta P_p} \cdot 100\%, \quad (11.12)$$

где ΔP_p – располагаемые потери для ВЦК (это необщие участки на ОЦК от точки расхождения потоков А до точки схождения потоков В);

ΔP_i – фактические потери на ВЦК (необщие участки на ВЦК от точки А до точки В).

Значение должно быть меньше 15 % для тупиковой системы и меньше ± 5 % для попутной.

Если невязка удовлетворяет условию, то такая система является гидравлически устойчивой, каждый потребитель получает расчётное количество.

Рассмотрим участок 1: длина участка 7 м, тепловая нагрузка на участке $Q=61024$ Вт, на нем встречаются сопротивления: отвод 90° (4 шт), кран шаровый Danfoss Dy

Расход на участке

$$G = \frac{3,6 \cdot 61024 \cdot 1,07}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 2244 \text{ кг/ч}$$

Максимальные потери давления на магистрали принимаем не более 80 Па, тогда подходящий диаметр – 48x3,5 мм, внутренний диаметр – 44,5 мм, труба стальная водогазопроводная.

Скорость теплоносителя

$$\omega = (4 \cdot 2244) / (3600 \cdot 44,5^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3,14 \cdot 970,2) = 0,41 \text{ м/с}$$

Критерий Рейнольдса

$$Re = (0,41 \cdot 44,5 \cdot 10^{-3}) / (0,3097 \cdot 10^{-6}) = 59388$$

Предельное число Рейнольдса

$$Re_{пр} = (568 \cdot 44,5 \cdot 10^{-3}) / (0,2 \cdot 10^{-3}) = 126380$$

Так как $2300 < Re_{уч 1} < Re_{пр уч 1}$, то коэффициент гидравлического трения определяется по формуле (11.7):

$$\lambda = 0,11 \cdot ((0,2 \cdot 10^{-3}) / (44,5 \cdot 10^{-3} + 68/59388))^{0,25} = 0,030$$

Удельные потери на участке 1 определим по формуле (11.11):

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$R=0,030/(44,5 \cdot 10^{-3} \cdot (970,2 \cdot 0,1^2)/2)=56 \text{ Па/м}$$

Тогда потери давления на трение по длине определяется по формуле (11.2):

$$\Delta P_{\text{тр}}=56 \cdot 7=393 \text{ Па}$$

Найдём местные сопротивления на данном участке:

1. Кран шаровый Danfoss BVR (2 шт):

$$\Delta P_{\text{мс}}=2 \cdot 0,1 \cdot (970,2 \cdot 0,1^2)/2=17 \text{ Па}$$

2. Отвод

$$\Delta P_{\text{мс}}=0,4 \cdot 4 \cdot (970,2 \cdot 0,1^2)/2=133 \text{ Па}$$

Суммарные местные потери

$$\Delta P_{\text{мс}} = 17 + 133 = 150 \text{ Па}$$

Суммарные потери давления на участке

$$\Delta P = 393 + 150 = 543 \text{ Па}$$

Посчитаем невязку ОЦК и ВЦК1 на ветке 53-59

$$H = \frac{7505 - 1304}{7505} \cdot 100\% = 82,62 \%$$

Невязка расходуемых давлений не соответствует нормативным требованиям (допускается 15%). В связи с этим излишки давления предполагается погасить за счет установки на участке 9 диафрагмы. Диаметр дроссельной диафрагмы определяется по формуле:

$$d_{\text{ш}} = 3,5 \cdot \left(\frac{G_{\text{уч}}^2}{\Delta P_{\text{д}}} \right)^{0,25} \quad (11.13)$$
$$d_{\text{ш}} = 3,5 \cdot \left(\frac{5490^2}{7505 - 1304} \right)^{0,25} = 11 \text{ мм}$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

12 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

12.1 Тепловой расчет радиаторов

Тепловой расчет заключается в определении требуемого номинального условного теплового потока, которому соответствует определенная площадь нагреваемой поверхности ОП, обеспечивающая теплопередачу необходимого количества от теплоносителя в помещение. Рассчитаем отопительные приборы.

Требуемый номинальный тепловой поток.

$$Q_{\text{н}}^{\text{тр}} = Q_{\text{пр}} / \varphi_{\text{к}}, \quad (12.1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – расчетная теплопередача прибора в помещении, Вт;

$\varphi_{\text{к}}$ – комплексный коэффициент приведения номинального условного теплового потока к расчетным условиям.

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{пом}} - \beta_{\text{тр}} \cdot Q_{\text{труб}}, \quad (12.2)$$

$Q_{\text{труб}}$ – теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения труб, не учитывается.

Найдем значение $\varphi_{\text{к}}$:

$$\varphi_{\text{к}} = \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70}\right)^{n+1} \cdot \left(\frac{G_{\text{пр}}}{360}\right)^p \cdot c \cdot \psi \cdot b, \quad (12.3)$$

где $\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор, °С;

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{в}}, \quad (12.4)$$

$G_{\text{пр}}$ – расход через расчетный отопительный прибор;

$G_{\text{оп}}^{\text{н}} = 360$ кг/ч – номинальный расход на ОП;

$t_{\text{ф}}^{\text{н}} = 70$ °С – средняя номинальная температура напора;

n , p , c – экспериментальные числовые показатели, которые выражают влияние конструктивных и гидравлических особенностей прибора на коэффициент теплопередачи;

ψ – коэффициент учета направленного движения воды в приборе. Для движения сверху вниз он равен 1;

b – коэффициент учета барометрического давления.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 12.1 – Значения коэффициентов «с» и «р» и показателей степени «m» и «n» при различных схемах движения теплоносителя в радиаторах фирмы «Kermi»

Таблица 4.2.

Значения коэффициентов «с» и «р» и показателей степени «m» и «n» при различных схемах движения теплоносителя в радиаторах фирмы «Kermi»

Схема движения теплоносителя	Расход теплоносителя $M_{пр}$		n	с	m	р
	кг/с	кг/ч				
Сверху-вниз	0,015-0,15	54-540	0,3	1	0	1
Снизу-вверх	0,015-0,15	54-540	0,63	0,78	0,1	Табл.4.4.
Снизу-вниз	0,015-0,1	54-360	0,28	0,96	0	1

Примечание: приведенные в таблице данные получены при испытаниях радиаторов типа 11, 21 и 22 высотой 300, 500 и 600 мм и усреднены, впредь до уточнения, для различных длин.

Для однотрубной системы отопления при подборе оборудования необходимо учитывать, что температура теплоносителя, проходящего через прибор, падает, поэтому в следующий прибор теплоноситель поступает с параметрами отличными от исходных параметров.

Температуру выходящего из отопительного прибора теплоносителя определяется по формуле:

$$t_{\text{вых}} = t_{\text{вх}} - (3,6 \cdot Q_{\text{пр}}) / (c \cdot G_{\text{пр}}), \quad (12.5)$$

На этом этапе расчёт для панельных радиаторов и конвекторов заканчивается, для секционных необходимо определить количество секций по формуле:

$$N_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{н.тр.}}}{Q_{\text{н.у.}}} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3}, \quad (12.6)$$

где β_4 – коэффициент, учитывающий способ укрытия радиатора, принимается по таблице 9.12 [8];

β_3 – коэффициент, учитывающий число секций в приборе, рекомендуемые значения:

$\beta_3 = 1$, если секций меньше 15 штук;

если секций больше 15 штук, то необходимо определить β_3 по формуле:

$$\beta_3 = 0,97 \cdot \frac{34}{N_{\text{min}} \cdot Q_{\text{н.у.}}}, \quad (12.7)$$

По определенному Q_H^{TP} подбирается отопительный прибор, тепловая мощность $Q_{пр}$ которого должна соответствовать одному из следующих условий:

- $Q_{пр} > Q_H^{TP}$ не более, чем на 15%;
- $Q_{пр}$ может быть меньше Q_H^{TP} , но не более, чем на 60 Вт.

$$\frac{Q_{н.у.} - Q_{н.тр.}}{Q_{н.у.}} \leq 15\% \quad (12.8)$$

Таблица 12.2 – Поправочный коэффициент b

Таблица 4.3.

Поправочный коэффициент «b», с помощью которого учитывается влияние атмосферного давления на тепловой поток радиатора

Тип радиатора	В при атмосферном давлении, гПа (мм рт. ст.)							
	933 (700)	947 (710)	960 (720)	973 (730)	987 (740)	1000 (750)	1013,3 (760)	1040 (780)
11	0,968	0,973	0,978	0,984	0,989	0,995	1	1,01
12, 22	0,963	0,969	0,975	0,981	0,987	0,994	1	1,012

Методика подбора

Итог

Обозначение: THERM X2 PROFIL-K 10 500-900

Длина прибора L = 900 мм

Требуемая мощность прибора $Q_{тр} = 675$ Вт

Фактическая мощность прибора $Q_{пр} = 711$ Вт

Методика подбора ^

$$Q_{тр} = \frac{Q}{N_{пр}} \cdot \beta_4 \quad (1)$$

По EN 442

$$Q_{пр} = Q_n \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \quad (2)$$

Где:

Q_n - номинальная мощность прибора при нормальных условиях, Вт

Δt_n - нормативный температурный напор, °С

Δt - фактический температурный напор, °С

Если $c \geq 0.7$ то:

$$\Delta t_n = 50$$

$$\Delta t = \frac{T1 + T2}{2} - t_b \quad (3)$$

Если $c < 0.7$ то:

$$\Delta t_n = 49.833$$

$$\Delta t = \frac{T1 - T2}{\ln\left(\frac{T1 - t_b}{T2 - t_b}\right)} \quad (4)$$

Где:

$$c = \frac{T2 - t_b}{T1 - t_b} \quad (5)$$

n - эмпирический показатель степени

Рисунок 12.1 – Подбор отопительного прибора помещение 1

12.2 Тепловой расчет регистров

Произведем расчет в программе Excel.

Введем исходные данные для расчета:

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- 1) Заносим диаметр труб в ячейку D3: 108 мм;
- 2) Длину регистра записываем в ячейку D4: 4 м;
- 3) Количество труб в регистре записываем в ячейку D5: 4;
- 4) Температуру воды в подающей линии заносим в ячейку D6: 95°C;
- 5) Температуру воды в обратной линии заносим в ячейку D7: 70°C;
- 6) Температуру воздуха в помещении заносим в ячейку D8: 17°C;
- 7) Постоянную Стефана-Больцмана C_0 в Вт/(м²·К⁴) заносим в ячейку D10: 0,00000005669;
- 8) Ускорение свободного падения записываем в ячейку D11: 9,8068м/с².

Результаты расчетов приведены ниже.

$$n = \frac{Q_{\text{зим}}}{Q_{\text{рег}}}, \quad (11.9)$$

Для компрессорной

Исходные данные		Обозначения	Значения	Ед. изм.
1	Диаметр труб регистра	D=	108,0	мм
2	Длина регистра (одной трубы)	L=	4,000	м
3	Количество труб в регистре (N≤4)	N=	4	шт
4	Температура воды на "подаче"	t _п =	95	°С
5	Температура воды на "обратке"	t _о =	70	°С
6	Температура воздуха в помещении	t _в =	28	°С
7	Вид наружной поверхности труб	При теоретическом расчете		
8	Постоянная Стефана-Больцмана	C ₀ =	5,669E-08	Вт/(м ² ·К ⁴)
9	Ускорение свободного падения	g=	9,80665	м/с ²
Результаты расчетов		Обозначения	Значения	Ед. изм.
10	Степень черноты поверхности труб	ε=	0,810	-
11	Средняя температура стенок труб	t _{ст} =	82,5	°С
12	Температурный напор	dt=	54,5	°С
13	К-т объемного расширения воздуха	β=	3,322E-03	1/К
14	Кинематическая вязкость воздуха	ν=	1,583E-05	м ² /с
15	Критерий Прандтля	Pr=	0,7020	-
16	К-т теплопроводности воздуха	λ=	2,659E-02	Вт/(м·К)
17	Площадь поверхности регистра	A=	5,4287	м ²
18	Тепловой поток излучения	Q _и =	1 557	Вт
19	К-т теплоотдачи при излучении	α _и =	5,3	Вт/(м ² ·К)
20	Критерий Грасгофа	Gg=	8,923E+06	-
21	Критерий Нуссельта	Nu=	25,0145	-
22	Конвективный тепловой поток	Q _к =	1466	Вт
23	К-т теплоотдачи при конвекции	α _к =	5,0	Вт/(м ² ·К)
24	Полная мощность теплового потока регистра	Q=	3 022	Вт
			2 599	Ккал/час
25	Коэффициент теплопередачи (теплоотдачи) регистра	k≈α=	10,2	Вт/(м ² ·К)
			8,8	Ккал/(час·м ² ·К)

Рисунок 12.1 – Подбор регистра для компрессорной и машинного зала тип 1

						Лист
					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	61
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Подберем количество регистров для компрессорной.

$$n = \frac{14759}{3022} = 4,88 = 5$$

Для машинного зала

$$n = \frac{14900}{3022} = 4,93 = 5$$

Для насосной

Исходные данные		Обозначения	Значения	Ед. изм.
1	Диаметр труб регистра	D=	108,0	мм
2	Длина регистра (одной трубы)	L=	3,000	м
3	Количество труб в регистре (N≤4)	N=	4	шт
4	Температура воды на "подаче"	t _п =	95	°С
5	Температура воды на "обратке"	t _о =	70	°С
6	Температура воздуха в помещении	t _в =	16	°С
7	Вид наружной поверхности труб	При теоретическом расчете ▼		
8	Постоянная Стефана-Больцмана	C ₀ =	5,669E-08	Вт/(м ² *К ⁴)
9	Ускорение свободного падения	g=	9,80665	м/с ²
Результаты расчетов		Обозначения	Значения	Ед. изм.
10	Степень черноты поверхности труб	ε=	0,810	-
11	Средняя температура стенок труб	t _{ст} =	82,5	°С
12	Температурный напор	dt=	66,5	°С
13	К-т объемного расширения воздуха	β=	3,460E-03	1/К
14	Кинематическая вязкость воздуха	ν=	1,473E-05	м ² /с
15	Критерий Прандтля	Pr=	0,7050	-
16	К-т теплопроводности воздуха	λ=	2,565E-02	Вт/(м*К)
17	Площадь поверхности регистра	A=	4,0715	м ²
18	Тепловой поток излучения	Q _и =	1 353	Вт
19	К-т теплоотдачи при излучении	α _и =	5,0	Вт/(м ² *К)
20	Критерий Грасгофа	Gr=	1,311E+07	-
21	Критерий Нуссельта	Nu=	27,5675	-
22	Конвективный тепловой поток	Q _к =	1426	Вт
23	К-т теплоотдачи при конвекции	α _к =	5,3	Вт/(м ² *К)
24	Полная мощность теплового потока регистра	Q=	2 779	Вт
			2 389	Ккал/час
25	Коэффициент теплопередачи (теплоотдачи) регистра	k≈α=	10,3	Вт/(м ² *К)
			8,8	Ккал/(час*м ² *К)

Рисунок 12.2 – Подбор регистра для насосной тип 2

$$n = \frac{2569}{2779} = 0,92$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Для слесарной мастерской

Исходные данные		Обозначения	Значения	Ед. изм.
1	Диаметр труб регистра	D=	108,0	мм
2	Длина регистра (одной трубы)	L=	4,000	м
3	Количество труб в регистре (N≤4)	N=	4	шт
4	Температура воды на "подаче"	t _п =	90	°С
5	Температура воды на "обратке"	t _о =	75	°С
6	Температура воздуха в помещении	t _в =	16	°С
7	Вид наружной поверхности труб	При теоретическом расчете		
8	Постоянная Стефана-Больцмана	C ₀ =	5,669E-08	Вт/(м ² ·К ⁴)
9	Ускорение свободного падения	g=	9,80665	м/с ²
Результаты расчетов		Обозначения	Значения	Ед. изм.
10	Степень черноты поверхности труб	ε=	0,810	-
11	Средняя температура стенок труб	t _{ст} =	82,5	°С
12	Температурный напор	dt=	66,5	°С
13	К-т объемного расширения воздуха	β=	3,460E-03	1/К
14	Кинематическая вязкость воздуха	ν=	1,473E-05	м ² /с
15	Критерий Прандтля	Pr=	0,7050	-
16	К-т теплопроводности воздуха	λ=	2,565E-02	Вт/(м·К)
17	Площадь поверхности регистра	A=	5,4287	м ²
18	Тепловой поток излучения	Q _и =	1 804	Вт
19	К-т теплоотдачи при излучении	α _и =	5,0	Вт/(м ² ·К)
20	Критерий Грасгофа	Gr=	1,311E+07	-
21	Критерий Нуссельта	Nu=	27,5675	-
22	Конвективный тепловой поток	Q _к =	1901	Вт
23	К-т теплоотдачи при конвекции	α _к =	5,3	Вт/(м ² ·К)
24	Полная мощность теплового потока регистра	Q=	3 705	Вт
			3 186	Ккал/час
25	Кoeffициент теплопередачи (теплоотдачи) регистра	k≈α=	10,3	Вт/(м ² ·К)
			8,8	Ккал/(час·м ² ·К)

Рисунок 12.3 – Подбор регистра для слесарной мастерской тип 1

$$n = \frac{3358}{3705} = 0,91$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Для склада

Исходные данные		Обозначения	Значения	Ед. изм.
1	Диаметр труб регистра	D=	108,0	мм
2	Длина регистра (одной трубы)	L=	4,000	м
3	Количество труб в регистре (N≤4)	N=	4	шт
4	Температура воды на "подаче"	t _п =	90	°С
5	Температура воды на "обратке"	t _о =	75	°С
6	Температура воздуха в помещении	t _в =	15	°С
7	Вид наружной поверхности труб	При теоретическом расчете		
8	Постоянная Стефана-Больцмана	C ₀ =	5,669E-08	Вт/(м ² *К ⁴)
9	Ускорение свободного падения	g=	9,80665	м/с ²
Результаты расчетов		Обозначения	Значения	Ед. изм.
10	Степень черноты поверхности труб	ε=	0,810	-
11	Средняя температура стенок труб	t _{ст} =	82,5	°С
12	Температурный напор	dt=	67,5	°С
13	К-т объемного расширения воздуха	β=	3,472E-03	1/К
14	Кинематическая вязкость воздуха	ν=	1,464E-05	м ² /с
15	Критерий Прандтля	Pr=	0,7053	-
16	К-т теплопроводности воздуха	λ=	2,557E-02	Вт/(м*К)
17	Площадь поверхности регистра	A=	5,4287	м ²
18	Тепловой поток излучения	Q _и =	1 823	Вт
19	К-т теплоотдачи при излучении	α _и =	5,0	Вт/(м ² *К)
20	Критерий Грасгофа	Gr=	1,352E+07	-
21	Критерий Нуссельта	Nu=	27,7826	-
22	Конвективный тепловой поток	Q _к =	1939	Вт
23	К-т теплоотдачи при конвекции	α _к =	5,3	Вт/(м ² *К)
24	Полная мощность теплового потока регистра	Q=	3 762	Вт
			3 235	Ккал/час
25	Коэффициент теплопередачи (теплоотдачи) регистра	k≈α=	10,3	Вт/(м ² *К)
			8,8	Ккал/(час*м ² *К)

Рисунок 12.4 – Подбор регистра для склада тип 1

$$n = \frac{2644}{3762} = 0,70 = 1$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Для бытового помещения машинистов

Исходные данные		Обозначения	Значения	Ед. изм.
1	Диаметр труб регистра	D=	108,0	мм
2	Длина регистра (одной трубы)	L=	4,000	м
3	Количество труб в регистре (N≤4)	N=	4	шт
4	Температура воды на "подаче"	t _п =	90	°С
5	Температура воды на "обратке"	t _о =	75	°С
6	Температура воздуха в помещении	t _в =	10	°С
7	Вид наружной поверхности труб	При теоретическом расчете ▼		
8	Постоянная Стефана-Больцмана	C _σ =	5,669E-08	Вт/(м ² *К ⁴)
9	Ускорение свободного падения	g=	9,80665	м/с ²
Результаты расчетов		Обозначения	Значения	Ед. изм.
10	Степень черноты поверхности труб	ε=	0,810	-
11	Средняя температура стенок труб	t _{ст} =	82,5	°С
12	Температурный напор	dt=	72,5	°С
13	К-т объемного расширения воздуха	β=	3,534E-03	1/К
14	Кинематическая вязкость воздуха	ν=	1,419E-05	м ² /с
15	Критерий Прандтля	Pr=	0,7066	-
16	К-т теплопроводности воздуха	λ=	2,517E-02	Вт/(м*К)
17	Площадь поверхности регистра	A=	5,4287	м ²
18	Тепловой поток излучения	Q _и =	1 916	Вт
19	К-т теплоотдачи при излучении	α _и =	4,9	Вт/(м ² *К)
20	Критерий Грасгофа	Gr=	1,572E+07	-
21	Критерий Нуссельта	Nu=	28,8673	-
22	Конвективный тепловой поток	Q _к =	2130	Вт
23	К-т теплоотдачи при конвекции	α _к =	5,4	Вт/(м ² *К)
24	Полная мощность теплового потока регистра	Q=	4 047	Вт
			3 480	Ккал/час
25	Кoeffициент теплопередачи (теплоотдачи) регистра	k≈α=	10,3	Вт/(м ² *К)
			8,8	Ккал/(час*м ² *К)

Рисунок 12.5 – Подбор регистра для бытового помещения машинистов тип 1

$$n = \frac{3995}{4047} = 0,99 = 1$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

13 ПОДБОР ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

13.1 Подбор воздухозаборной решётки

Решетка подбирается по суммарному расходу воздуха на все приточные установки. Подбор решеток осуществляется исходя из обеспечения скорости воздуха в живом сечении $u_{рек} = 3 \dots 5$ м/с

Требуемая площадь воздухозаборной решётки определяется по формуле:

$$f_{гр} = \frac{L}{v_{опт} \cdot 3600}, \quad (13.1)$$

где $v_{опт}$ – оптимальная скорость воздуха, проходящего через воздухозаборную решётку ($v_{опт} = 4 - 5$ м/с).

Количество решёток

$$n = \frac{f_{гр}}{F_o}, \quad (13.2)$$

где F_o – площадь одной решётки, м².

Фактическая скорость воздуха, проходящего через воздухозаборную решётку

$$v = \frac{L}{3600 \cdot F_o \cdot n}, \quad (13.3)$$

Потеря давления в решётке определяется по формуле:

$$\Delta P_{в.р} = \varepsilon \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (13.4)$$

где ε – коэффициент местного сопротивления воздухозаборной решётки.

Подберем воздухозаборный клапан для системы П1 через программу Кскртп от «Вега»

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Блок воздухоприемный(один вертикальный клапан) X

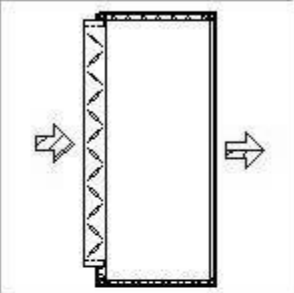
Исходные данные

Оборудование

зона обслуживания

Вариант

Схема



Клапан вертикальный

Привод

Гибкая вставка

Гибкая вставка фронтальная

вертикальная на входе

вертикальная на выходе

горизонтальная верхняя

горизонтальная нижняя

Рисунок 13.1 – Подбор воздухоприемного блока

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Блок воздухоприемный(один вертикальный клапан)

Результаты расчета

Параметр	Значение	Ед.изм.
Клапан воздушный		
Наименование	Клапан вертикальный	
Индекс	ГЕРМИК-П-1715-1707-Н-П-05-00-00-УЗ	
Размеры сечения ВхН	1707х1715	мм
Привод	SM24A-SR	
Блок		
Сторона обслуживания	Справа	
Соппротивление	3.7	Па
Габариты ВхНхL	1900х2000х865	мм
Масса	320	кг

Cancel < Назад Далее > OK

Рисунок 13.2 – Подбор воздухоприемного блока
 Подобран клапан воздушный ГЕРМИК-П-1715-1707-Н-П-05-00-УЗ
 Привод SM24A-SR

13.2 Подбор фильтра

Фильтр подбирается для уменьшения запыленности воздуха, подаваемого в вентилируемые помещения. Требуемая степень отчистки вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{тр}} = \frac{z_{\text{н}} - z_{\text{in}}}{z_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (13.5)$$

где $z_{\text{н}}$ – концентрация пыли в атмосферном воздухе;

$$z_{\text{н}} = 0,8 \text{ мг/м}^3$$

z_{in} – концентрация пыли в подаваемом воздухе;

$$z_{\text{in}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$$

$$\varepsilon_{\text{тр}} = \frac{0,8 - 0,5}{0,8} \cdot 100\% = 37,5 \%$$

Подбор фильтра выполняется по величине номинальной пропускной способности одной ячейки $L_{ном}$ по таблице IV.1 [6].

Необходимое количество ячеек определяется по формуле:

$$n = \frac{L}{L_{ном}}, \quad (13.6)$$

Удельная воздушная нагрузка определяется по формуле:

$$L_{уд} = \frac{L}{F\phi \cdot n}, \quad (13.7)$$

где $F\phi$ – площадь рабочего сечения фильтра, m^2 .

Подберем фильтр для системы П1 через программу Kskrtm от «Веза»

Фильтр карманный

Исходные данные

Оборудование

зона обслуживания: Справа

Класс очистки: G4

Длина: 360

Расчетное загрязнение: Средний

Гибкая вставка фронтальная

вертикальная на входе

вертикальная на выходе

горизонтальная верхняя

горизонтальная нижняя

Cancel < Назад Далее > OK

Рисунок 13.3 – Подбор фильтра

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Фильтр карманный

Результаты расчета

Параметр	Значение	Ед.изм.
Фильтр		
Индекс	9xФВК-66-360-6-G4/Сп/У	
Класс фильтрации	G4	
Длина кармана	360	мм
Сопротивление		
Начальное	39	Па
Среднее	144	Па
Конечное	250	Па
Блок		
Сторона обслуживания	Справа	
Сопротивление	144.3	Па
Габариты ВxHxL	1900x2000x590	мм
Масса	280	кг

Cancel < Назад Далее > OK

Рисунок 13.4 – Подбор фильтра

Подобран фильтр 9xФВК-66-360-6-G4/Сп/У

13.3 Подбор калорифера

Действительная массовая скорость воздуха определяется по формуле

$$v\rho = \frac{G}{f}, \quad (13.8)$$

Определим расходы воды, проходящей через калорифер

$$G_w = \frac{Q}{4,19 \cdot 10^6 \cdot (t_r - t_o) \cdot n}, \quad (13.9)$$

где n – число калориферов, параллельно установленных по теплоносителю;

Q – расход тепла на нагрев воздуха.

Определим скорость движения воды в трубках калорифера

$$w = \frac{G_w}{f_{тр}}, \quad (13.10)$$

По таблице II.7 [6] в зависимости от $v\rho$ определяем коэффициент теплопередачи калорифера.

Рассчитаем требуемую площадь поверхности теплообмена

$$F'_y = \frac{Q}{k \cdot \left[\frac{t_r + t_o}{2} - \frac{t_{п} + t_{н}}{2} \right]}, \quad (13.11)$$

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Определим общее число калориферов исходя из требуемой поверхности нагрева

$$n' = \frac{F_y'}{F_y}, \quad (13.12)$$

Определим фактический тепловой поток выбранного калорифера

$$\Delta Q = \frac{F_y \cdot n \cdot k \cdot \left[\frac{t_r + t_o}{2} - \frac{t_n + t_n}{2} \right] - Q}{Q} \cdot 100\%, \quad (13.13)$$

Подберем калорифер для системы П1 через программу Kscrpm от «Вега»

Рисунок 13.5 – Подбор калорифера

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Воздухонагреватель жидкостный		
Результаты расчета		
Параметр	Значение	Ед.изм.
Задача	Прямая	
Теплообменник		
Цир. насос	Установлен	
Изготовление	Стандартный	
Индекс	ВНВ243.1-163-180-03-1,8-02-2	
Коллектор вход	2x72	мм
Течение	Прямоток	
Площадь фронта	2,93	кв.м
Площадь теплообмена	243,6	кв.м
Площадь отводов	0,005707	кв.м
Масса	130	кг
Объем жидкости	37	л
Производительность	685	кВт
Запас поверхности	6	%
Воздух		
Расход	34088	куб.м/ч
Температура вход	-32	°С
Температура выход*	28	°С
Температура выход	28	°С
Скорость	3,9	кг/кв.м/с
Сопротивление	81,1	Па
Жидкость		
Расход макс.	34992	кг/ч
Расход	23463	кг/ч
Температура вход	95	°С
Температура выход*	70	°С
Температура выход	65,2	°С
Скорость	1,2	м/с
Сопротивление*	30	кПа
Сопротивление	13,2	кПа
Клапан воздушный		
Блок		
Сторона обслуживания	Справа	
Сопротивление	81,1	Па
Габариты ВхНхL	1900x2000x360	мм
Масса	355	кг

Рисунок 13.6 – Подбор калорифера
Подобран калорифер ВНВ243.1-163-180-03-1,8-02-2

13.4 Подбор вентилятора

Вентилятор подбирается расчетному расходу с запасом 20% и по расчетным потерям давления с запасом 10%

Расчётный расход

$$L_{\text{вент}} = 1,2 \cdot L, \quad (13.14)$$

Потери давления

$$\Delta P_{\text{вент}} = 1,1 \cdot (\Delta P_{\text{реш}} + \Delta P_{\text{кл}} + \Delta P_{\text{ф}} + \Delta P_{\text{кал}} + n \cdot \Delta P_{\text{перех}} + 1,2 \cdot \Delta P_{\text{сети}}), \quad (13.15)$$

Подберем вентилятор для системы П1 через программу Kscrpm от «Вега»

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Вентилятор X

Исходные данные

Оборудование

зона обслуживания: Справа

Типы вентиляторов: ВР-84-97,ADH,RDH

Сеть на выхлопе: Да

Направление выхлопа: По оси

Положение корпуса: 

Оборудование

H, [м] = 33

tв, [°C] = 28

Lв, [м3/ч] = 34088

dP конд, [Па] = 149

dP сеть, [Па] = 392

Гибкая вставка фронтальная:

вертикальная на входе

вертикальная на выходе

горизонтальная верхняя

горизонтальная нижняя

Cancel < Назад **Далее >** ОК График

Рисунок 13.7 – Подбор вентилятора

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

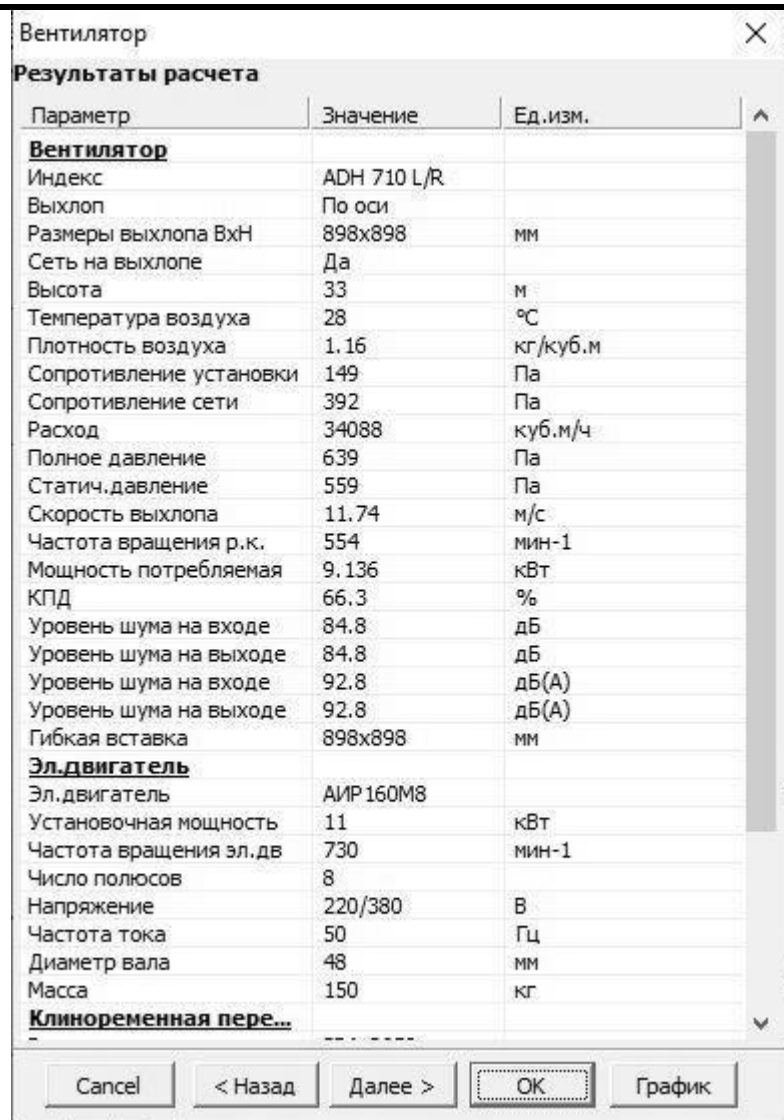


Рисунок 13.8 – Подбор вентилятора

Подобран вентилятор ADH 710 L/R

Эл. Двигатель AIP 160M8

Оборудование для остальных систем подбираем аналогично

Таблица 13.1 – Подбор оборудования

Система	Воздухозаборный клапан	Привод	Фильтр	Калорифер	Вентилятор	Эл. двигатель
П1	ГЕРМИК-П-1715-1707-Н-П-05-00-У3	SM24A-SR	9хФВК-66-360-6-Г4/Сп/У	ВНВ243.1-163-180-03-1,8-02-2	ADH 710 L/R	AIP 160M8
В1	-	-	-	-	ADH 710 L/R	AIP 160M8
П3	РЕГУЛЯР-0320-0615-Н-П-02-00-00-У3	LM24A-S	ФВК-63-600-4-Ф7/Сп/У	ВНВ243.1-043-030-02-2,5-12-2	ВОСК6-2,5	AIP 56B4
В3	-	-	-	-	ВОСК6-2,5	AIP 56B4
П4	РЕГУЛЯР-0320-0615-Н-П-02-00-00-У3	LM24A-S	ФВК-63-600-4-Ф7/Сп/У	ВНВ243.1-043-030-01-1,8-06-2	GXLf-5-014	AIP 56B4
В4	-	-	-	-	ADH 160 LSX	AIP 56B4
П5	РЕГУЛЯР-0325-0575-Н-П-02-00-00-У3	LM24A-S	ФВК-63-600-4-Ф7/Сп/У	ВНВ243.1-043-030-03-2,5-04-2	ADH 160 L/R	AIP 63B4
В5	-	-	-	-	GXLf-5-014	AIP 56B4
В6	-	-	-	-	RDH 225 L/R	A71A2
П2	РЕГУЛЯР-1075-1135-Н-П-04-00-00-У3	SM230A-S	4хФВК-66-600-6-Ф7/Сп/У	ВНВ243.1-103-120-03-2,5-04-2	RDH 450 K	AIP 160S2
В2	-	-	-	-	RDH 500 L/R	A100L4

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР

Лист

74

14 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

14.1 Подбор насоса для системы отопления

Насос служит для обеспечения более быстрой циркуляции теплоносителя труб и уменьшить потери температур теплоносителя при поступлении в отопительный котёл. Для этого необходимо определить потери давления и расход.

$$\Delta p_n = (\Delta p_{\text{оцк}} - Б \cdot \Delta p_e) \cdot 1,1 + \Delta p_{\text{авт}}, \quad (14.1)$$

где Б – коэффициент, учитывающий значение естественного циркуляционного давления (0,4...0,5);

Δp_e - естественное циркуляционное давление на ОЦК (1 этаж).

$$\Delta p_e = 9,8 \cdot 2,5 \cdot (977,7 - 961,8) = 390 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{авт}} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{АБК}}$$

$$\Delta p_{\text{авт}} = 10000 \text{ Па} + 20000 \text{ Па} = 30 \text{ кПа} = 3 \text{ м. вод. ст.}$$

$$\Delta p_n = (16456 - 0,45 \cdot 390) \cdot 1,1 + 30000 = 47909 \text{ Па} = 4,8 \text{ м. вод. ст.}$$

Расход на ОЦК $G=2244 \text{ кг/ч}$, тогда $Q = G/\rho = 2244/970,2 = 2,31 \text{ м}^3/\text{ч}$

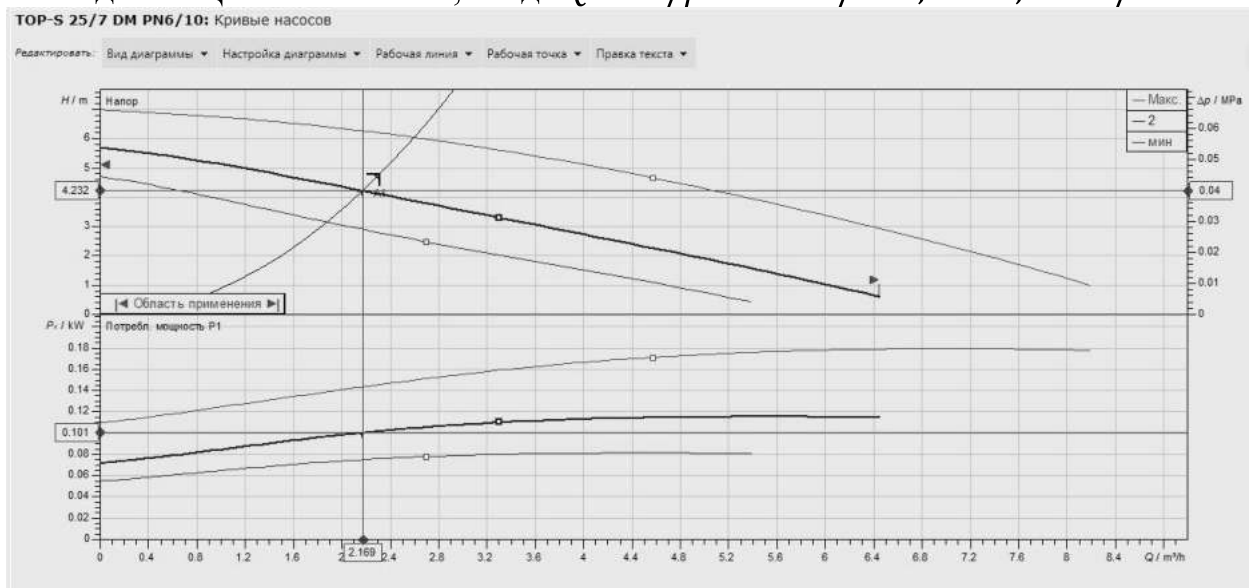


Рисунок 14.1 – Подбор насоса

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Гидравлический выбор	
Рабочее поле	1
Рабочая линия	2 <input type="button" value="v"/> <input type="button" value="A"/>
Двигатель	
Производитель	Wilo
Главная категория	3~ мотор
Исполнение двигателя	Стандарт
Частота, число полюсов	50 Hz - 2-полюсный
Двигатель	Top-S25___30_7_DM (0.09 kW)
Степень защиты	IPX4D
Подключение электричества	3~400 V
Комбинация материалов	
Комбинация материалов	PN 10
Корпус насоса	EN-GJL-200
Рабочее колесо	PP-LGF50
Вал	1.4028
Материал подшип.	Угольный графит
Подсоединение к трубопроводу	
Подключение	G 1½, PN 10/ G 1½, PN 10
Стандартное присоединение	DIN ISO 228-1
Ступень ном. Давления	PN 10
Номинальный диаметр	G 1½

Рисунок 14.2 – Подбор насоса
Подобран насос TOP-S 25/7 DM PN6/10

15 АВТОМАТИЗАЦИЯ

15.1 Характеристика объекта регулирования

В данном разделе необходимо выполнить автоматизацию приточно-вытяжной системы П1/В1, обслуживающей компрессорную, в соответствии с рекомендациями пособия «Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования» А.В. Волошенко [25].

Система содержит следующие элементы:

- воздухозапорный клапан 1
- подогрев входного воздушного клапана 3
- реле перепада давления на приточном фильтре (2-1)
- двигатель приточного вентилятора П1 9
- реле перепада давления на приточном вентиляторе П1 (7-1)
- воздухозапорный клапан 13
- канальный датчик температуры приточного воздуха (9-1)
- датчик комнатной температуры (10-1)
- сигнал «Пожар» 20
- воздухозапорный клапан 15
- двигатель вытяжного вентилятора 11
- датчик наружной температуры (15-1)
- термостат угрозы замерзания калорифера по воде (4-1)
- термостат угрозы замерзания (5-2)

15.2 Техническое задание

Автоматизация объекта подразумевает выполнение нескольких условий:

- автоматическое регулирование технологических параметров;
- блокировка и защита оборудования;
- контроль параметров;
- аварийная и технологическая сигнализация.

Автоматически регулируются и поддерживаются на заданном уровне температуры приточного воздуха в зимний и в летний периоды.

Контроль параметров предусмотрен для:

- температур приточного воздуха в зимний и в летний периоды;
- температуры воздуха за калорифером;
- температуры обратной воды;
- работы вентилятора;
- загрязнения воздушного фильтра.

Контроль параметров осуществляется следующими приборами:

- канальный датчик температуры (9-1);
- датчик температуры наружного воздуха (15-1);
- датчик температуры обратной воды (4-1);
- дифференциальный манометр для контроля загрязнения фильтра и вентилятора (2-1), (7-1), (14-1).

Защита оборудования выполняется от замораживания калорифера. Сигнализация предусматривается в блоке управления и автоматизации системы.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Она делится на аварийную и технологическую. Предусмотрена сигнализация пожар при задымлении.

15.3 Параметры регулирования объекта и их контроль

Автоматика системы П1/В1 должна обеспечивать выполнение следующих задач:

- Поддержание необходимой температуры приточного воздуха за счет изменения расхода теплоносителя;
- Автоматическое включение/выключение насоса в контуре нагрева по температуре наружного воздуха в режиме зима-лето;
- Контроль работы фильтра

Для регулирования системы контроль должен проводиться над следующими параметрами:

- Температура приточного воздуха TE (9-1);
- Температура обратного теплоносителя по термостату TS (5-2);
- Измерение перепада давления до и после фильтра PDS (2-1);
- Измерение перепада давления до и после вентилятора PDS (7-1);

15.4 Защитные функции и блокировки при авариях

Для обеспечения надежности работы установок следует предусматривать автоматическую защиту оборудования и блокировку. Предусмотрена защита водяного калорифера от замораживания, производимая по температуре воды и по температуре воздуха. На обратном трубопроводе вблизи выхода из воздухонагревателя устанавливается термостат защиты от замораживания по воде. Перед водяным воздухонагревателем устанавливается датчик температуры защиты от замораживания по воздуху. При падении температуры воды ниже установленной, а также при падении температуры воздуха перед воздухонагревателем ниже установленной поступает сигнал на отключение установки. При этом происходит следующее:

- 1) выключается вентилятор 11;
- 2) закрывается воздушный клапан на входе в установку 1;
- 3) полностью открывается клапан 5;
- 4) на полную мощность включается электродвигатель циркуляционного насоса 6;
- 5) загорается индикаторная лампа, сигнализирующая об угрозе замораживания.

После прогрева системы и размыкания контакта термостата, система переходит в режим работы. При остановке или неисправности вентилятора происходит падение разности давления, вследствие чего срабатывает датчик-реле давления вентилятора, включается индикатор «Вентилятор», зажигается индикаторная лампа «Авария» и установка выключается.

Функциональная схема системы автоматизации представлена в графической части проекта на листе 6.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе запроектированы: механическая система вентиляции, система отопления нежилого здания компрессорной ЧЦЗ в г. Челябинск по свердловскому тракту, 24, система автоматического управления помещения компрессорной. Произведен теплотехнический расчет ограждающих конструкций. Поставленные задачи были выполнены.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 131.13330.2018 "СНиП 23-01-99* Строительная климатология"
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1)
3. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях
4. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
5. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. / Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. -: Термокул, 2004. – 373 с.
6. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85
7. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочник проектировщика. Староверов И.Г. (ред.). 1977, 1969
8. Внутренние санитарно-технические устройства. Справочник проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 /Б. В. Баркалов, Н. Н. Павлов, С. С. Амирджанов и др.; Под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера– 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.
9. ВСН 353-86 - Минмонтажспецстрой СССР. ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУХОВОДОВ ИЗ УНИФИЦИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ.
10. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент– М.: Стандартинформ. -18 с.
11. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.-М.:2012. – 76 с.
12. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции промышленных и гражданских зданий: Учебное пособие для вузов/ В. П. Титов, Э. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. И. Новожилов. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с
13. Проектирование промышленной вентиляции / Б. С. Молчанов. – М.: Стройиздат, 1970. – 331 с.
14. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.1/В.Н. Богословский, А. И. Пирумов., В. Н. Посохин и др.; Под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. И доп.-М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
15. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.1/Б. В. Баркалов, Н. Н. Павлов, С. С. Амирджанов

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

и др.; Под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. И доп.-М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.

16. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 1. Отопление/ В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави и др.; Под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.

17. Воздухораспределители компании «Арктос»: указания по расчету и практическому применению. М.: Арктос, 2008. – 215 с

18. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция, кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.-М.:2016.-81 с.

19. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности при рассмотрении проектно-сметной документации: Пособие по применению НПБ 105-95 / Ю. Н. Щебеко и И. М. Смолин и др. – М.: Стройиздат, 1998. – 50 с.

20. ГОСТ 21.602-2016 СПДС. «Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования»

21. ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС «Основные требования к проектной и рабочей документации»

22. СТО НП АВОК 1.05-2006 «Условные графические обозначения в проектах ОВ, КВ и ТХС»

23. СТО ЮУрГУ 04-2008 «Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению»

24. ГОСТ 3262-75 «Трубы стальные водопроводные».

25. Волошенко А. В. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие/ А. В. Волошенко, Д. Б. Горбунов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.

					08.03.01.2021.111.12 ПЗ ВКР	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Кратности воздухообмена

Таблица А.1 – Кратности воздухообмена

№	Наименование помещения	V, м ³	t _в , °С	Кратность, ч ⁻¹		Расход, м ³ /ч	
				Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
отм. 0.000							
1	Тамбур	7,6	-	-	-	-	-
2	Слесарная мастерская	56,7	16	2	3	113	170
3	Коридор	130,2	16	-	-	235	-
4	Бытовое помещение слесарей	52,6	16	1	1	53	53
5	РУ-10 кВ	296,2	16	4	4	1185	1185
6	КТП 10/0,69 кВ	281,6	16	4	4	1126	1126
7.1	Компрессорная	982,8	28	-	-	34088	34088
7.2	Компрессорная	6,66	16	4	4	27	27
8	Машинный зал	1535,8	28	-	-	12747	12747
14	Помещение насосной	35,3	16	2	3	71	106
15	Тепловой пункт	62,6	5	4	4	251	251
16	Склад	42,8	15	-	1	-	43
18	Санузел	17,7	15	-	100 м ³ /ч	-	100
Итого:						49895	49895
отм. +3.600, +4.200							
9	Комната приёма пищи	121,8	18	-	1	-	122
10	Бытовое помещение машинистов	138,1	16	1	1	138	138
11	Операторская	364,4	18	2	2	729	729
12	Помещение щита	199,8	5	-	1	-	200
13	Венткамера	142,3	15	2	-	285	-
17	Коридор	208,6	16	-	-	37	-
Итого:						1188	1188

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчёт теплопотерь через наружные ограждающие конструкции

Таблица Б.1 - Расчёт тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции

№	Наименование помещения тв, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент теплопередачи К, Вт/м ² *°С	n * (t _в -t _н)	Основные теплопотери, Вт	Добавочные теплопотери		Теплопотери через ограждение, Вт	Теплопотери через ограждения помещения, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размеры, м	Площадь, м ²				на ориентацию	прочие		
отм. 0.000												
101	Тамбур, 16	НС 1	С	1,98x3,6	7,14	0,40	47	134	0,1		148	
		ДВ 1	С	0,92x2,1	1,93	1	47	91	0,1		100	
		ПЛ 1	-	1,32x1,59	2,1	6,67	28,2	395	0		395	ИТОГО: 643
102	Слесарная мастерская, 16	НС 2	С	4,25x3,6	15,28	0,40	48	293	0,1		323	
		ПЛ 2	-	3,83x4,12	15,80	6,67	28,8	3035	0		3035	ИТОГО: 3358
103	Коридор, 16	ПЛ 3	-	5,86x6,17	36,17	6,67	28,8	6948	0		6948	ИТОГО: 6948
104	Бытовое помещение слесарей, 16	НС 4	С	4,17x3,6	15,01	0,40	48	288	0,1		317	
		ПЛ 4	-	2,40x4,21	10,08	6,67	28,8	1936	0		1936	ИТОГО: 2253
105	РУ- 10 кВ, 16	ПЛ 5	-	5,88x12	70,52	6,67	28,8	13547	0		13547	ИТОГО: 13547
106	КТП 10/0,69 кВ, 16	НС 6	Ю	12x3,6	43,20	0,40	48	829	0		829	
		ПЛ 6	-	5,59x12	67,04	6,67	28,8	12878	0		12878	
		ДВ 6.1	Ю	2,6x2,6	6,76	1	48	324	0		324	
		ДВ 6.2	Ю	2,6x2,6	6,76	1	48	324	0		324	ИТОГО: 14357
107.1	Компрессорная, 28	НС 7.1	С	14,14x3,6	50,90	0,40	60	1222	0,1	0,05	1405	
		НС 7.2	З	15,36x3,6	55,30	0,40	60	1327	0,05	0,05	1460	
		ПЛ 7	-	18,69x17,76	331,84	6,67	36	103581	0		103581	
		ДВ 16	Ю	3,6x2,56	9,22	1	47	433	0		433	ИТОГО: 106879
107.2	Компрессорная, 16	ПЛ	-	0,99x1,87	1,85	6,67	36	445	0		445	
108	Машинный зал, 28	НС 8.1	С	23,85x3,6	85,85	0,40	60	2060	0,1	0,05	2369	
		НС 8.2	В	18x3,6	64,80	0,40	60	1555	0,1	0,05	1788	
		НС 8.3	Ю	23,85x3,6	85,85	0,40	60	2060	0	0,05	2163	
		ПЛ 8	-	18,74x23,79	445,71	6,67	36	31132	0		31132	ИТОГО: 37453
114	Помещение насосной, 16	НС 14	С	3,8x3,6	13,68	0,40	48	263	0,1		289	
		ДВ 14	С	0,92x2,1	1,932	1	48	93	0,1		102	
		ПЛ 14	-	3,14x3,61	11,34	6,67	28,8	2178	0		2178	ИТОГО: 2569
115	Тепловой пункт, 5	НС 15.1	З	3,14x3,6	11,30	0,40	37	167	0,05	0,1	192	
		НС 15.2	Ю	6,25x3,6	22,50	0,40	37	333	0	0,1	366	
		ПЛ 15	-	2,9x6,00	17,4	6,67	22,2	2576	0		2576	ИТОГО: 3135
116	Склад, 15	НС 16	Ю	6,00x3,6	21,60	0,40	47	406	0		406	
		ПЛ 16	-	1,98x6,00	11,9	6,67	28,2	2238	0		2238	ИТОГО: 2644
118	Санузел, 15	ПЛ 18	-	2,85x1,89	5,39	6,67	28,2	1014	0		1014	ИТОГО: 1014

Окончание приложения Б

Окончание таблицы Б.1 - Расчёт тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции

№	Наименование помещения тв, °С	Характеристика ограждения				Коэффициент теплопередачи К, Вт/м ² *°С	$n * (t_B - t_H)$	Основные теплотери, Вт	Добавочные теплотери		Теплотери через ограждение, Вт	Теплотери через ограждения помещения, Вт	
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размеры, м	Площадь, м ²				на ориентацию	прочие			
отм. +3.600, +4.200													
209	Комната приёма пищи, 18	ПТ 9	-	6,48x3,24	21,03	6,54	45	6189	0		6189	ИТОГО:	6189
210	ытовое помещение машинистов, 1	НС 10	С	7,207x6,25	45,04375	0,40	48	865	0,1		951		
		ПТ 10	-	6,22x3,24	20,18	6,54	43,2	5701	0		5701	ИТОГО:	6653
211	Операторская, 18	НС 11	Ю	12,28x5,65	69,36505	0,40	50	1387	0		1387		
		ПТ 11	-	5,68x12,21	69,31	6,54	45	20398	0		20398	ИТОГО:	21785
212	Помещение щита, 5	ПТ 12	-	5,77x6,37	36,8	6,54	33,3	8014	0		8014	ИТОГО:	8014
213	Венткамера, 15	НС 13	С	6,25x5,11	31,9375	0,40	47	600	0,1		660		
		ПТ 13	-	4,75x4,97	23,6	6,54	42,3	6529	0		6529	ИТОГО:	7189
217	Коридор, 16	ПТ 17	-	5,71x6,04	34,43	6,54	43,2	9727	0		9727	ИТОГО:	9727

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчет воздухораспределителей

Таблица В.1 – Расчет воздухораспределителей

№	Наименование помещения	Расход, м ³ /ч		Тип и количество		Скорость воздуха, м/с	
		Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
отм. 0.000							
1	Тамбур	-	-	-	-	-	-
2	Слесарная мастерская	113	170	АМН 200х100 1 шт	АМН 200х100 1 шт	1,75	2,63
3	Коридор	235	-	АМН 400х100 1 шт	-	-	-
4	Бытовое помещение слесарей	53	53	АМН 200х100 1 шт	АМН 200х100 1 шт	0,81	0,81
5	РУ-10 кВ	1185	1185	АМН 600х150 2 шт	АМН 600х150 2 шт	1,96	1,96
6	КТП 10/0,69 кВ	1126	1126	АМН 600х150 2 шт	АМН 600х150 2 шт	1,86	1,86
7.1	Компрессорная	34088	34088	РВ 1000х900 8 шт	РВ 1000х900 8 шт	2,00	2,00
7.2	Компрессорная	27	27	АМН 200х100 1 шт	АМН 200х100 1 шт	0,42	-
8	Машинный зал	12747	12747	АМН 800х200 12 шт	АМН 800х200 12 шт	1,97	1,97
14	Помещение насосной	71	106	АМН 200х100 1 шт	АМН 200х100 1 шт	1,09	1,63
15	Тепловой пункт	251	251	АМН 400х100 1 шт	АМН 400х100 1 шт	1,93	1,93
16	Склад	-	43	-	АМН 200х100 1 шт	-	0,66
18	Санузел	-	100	-	АМН 200х100 1 шт	-	1,54
отм. +3.600, +4.200							
9	Комната приёма пищи	-	122	-	АМН 200х100 1 шт	-	1,88
10	Бытовое помещение машинистов	138	138	АМН 300х100 1 шт	АМН 300х100 1 шт	1,42	1,42
11	Операторская	729	729	АМН 300х100 2 шт	АМН 300х100 2 шт	1,84	1,84
12	Помещение щита	-	200	-	АМН 400х100 1 шт	-	1,54
13	Венткамера	285	-	АМН 500х100 1 шт	-	1,93	-
17	Коридор	37	-	АМН 200х100 1 шт	-	0,57	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Подбор отопительных приборов

Таблица Г.1 – Подбор отопительных приборов

№ пр.	№ пом.	тв, °С	Наименование помещения	Обозначение	Кол-во, шт.	Характеристика	Теплоноситель	β4	Qтр, Вт	Qпр, Вт	Примечание
отм. 0.000											
1	1	16	Тамбур	THERM X2 PROFIL-K 10 500-900	1	L = 900 мм	95/70 °С	1,05	675	711	
2	2	16	Слесарская мастерская	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2600	1	L = 2600 мм	95/70 °С	1,05	3526	3592	
3	3	16	Коридор	THERM X2 PROFIL-K 10 900-3000	2	L = 3000 мм	95/70 °С	1,05	3648	4145	
4	4	16	Бытовое помещение слесарей	THERM X2 PROFIL-K 10 500-3000	1	L = 3000 мм	95/70 °С	1,05	2366	2369	
5	5	16	РУ-10 кВ	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2600	4	L = 2600 мм	95/70 °С	1,05	3556	3592	
6	6	16	КТП 10/0,69 кВ	THERM X2 PROFIL-K 10 900-3000	4	L = 3000 мм	95/70 °С	1,05	3769	4145	
7	7,1	28	Компрессорная	THERM X2 PROFIL-K 10 900-3000	28	L = 3000 мм	95/70 °С	1,05	3112	3182	
8	7,2	28	Компрессорная	THERM X2 PROFIL-K 10 500-800	1	L = 800 мм	95/70 °С	1,05	467	488	
9	8	28	Машинный зал	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2300	3	L = 2300 мм	95/70 °С	1,05	2368	2439	
10	14	16	Помещение насосной	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2000	1	L = 2000 мм	95/70 °С	1,05	2697	2763	
11	15	5	Тепловой пункт	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2000	1	L = 2000 мм	95/70 °С	1,05	3292	3404	
12	16	15	Склад	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2000	1	L = 2000 мм	95/70 °С	1,05	2776	2818	
13	18	15	Санузел	THERM X2 PROFIL-K 10 500-1400	1	L = 1400 мм	95/70 °С	1,05	1065	1127	
отм. +3.600, +4.200											
1	9	18	Комната приема пищи	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2600	2	L = 2600 мм	95/70 °С	1,05	3249	3450	
2	10	16	Бытовое помещение машинистов	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2600	2	L = 2600 мм	95/70 °С	1,05	3493	3592	
3	11	18	Операторская	THERM X2 PROFIL-K 10 900-3000	6	L = 3000 мм	95/70 °С	1,05	3812	3981	
4	12	5	Помещение щита	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2600	2	L = 2600 мм	95/70 °С	1,05	4207	4425	
5	13	15	Венткамера	THERM X2 PROFIL-K 10 900-3000	1	L = 3000 мм	95/70 °С	1,05	3768	4227	
6	17	16	Коридор	THERM X2 PROFIL-K 10 900-2600	3	L = 2600 мм	95/70 °С	1,05	3404	3592	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Теплопотери здания

Таблица Д.1 – Теплопотери здания

Наименование помещения	Qнок, Вт	Qвент,Вт	Qоб, Вт	Qсв, Вт	Qл, Вт	Итого
отм. 0.000						
Тамбур,1	643	186	0	0	0	828
Слесарная мастерская,2	3358	0	0	0	0	3358
Коридор,3	6948	0	0	0	0	6948
Бытовое помещение слесарей,4	2253	0	0	0	0	2253
РУ-10 кВ,5	13547	0	0	0	0	13547
КТП 10/0,69 кВ,6	14357	173	0	0	0	14530
Компрессорная,7.1	106879	174	88040	3658	596	14759
Компрессорная,7.2	445	0				445
Машинный зал,8	37453	0	16240	5717	596	14900
Помещение насосной,14	2569	186	0	0	0	2755
Тепловой пункт,15	3135	0	0	0	0	3135
Склад,16	2644	0	0	0	0	2644
Санузел,18	1014	0	0	0	0	1014
отм. +3.600, +4.200						
Комната приёма пищи,9	6189	0	0	0	0	6189
Бытовое помещение машинистов,10	6653	0	2658	0	0	3995
Операторская,11	21785	0	0	0	0	21785
Помещение щита,12	8014	0	0	0	0	8014
Венткамера,13	7189	0	3600	0	0	3589
Коридор,17	9727	0	0	0	0	9727
	254802	719	110538	9375	1192	134415
	$\Sigma Q_{\text{нок}}$	$\Sigma Q_{\text{вент}}$	$\Sigma Q_{\text{об}}$	$\Sigma Q_{\text{св}}$	$\Sigma Q_{\text{л}}$	$\Sigma Q_{\text{зд}}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Подбор электроконвекторов

NOIROT Spot E-4 1500



Характеристики


Площадь помещения 15-20 м²

Мощность обогрева 1.5 кВт

Потребляемая мощность 1.5 кВт

[Подробнее](#)

12 790 руб. Скидка до 15%

 Нашли дешевле?

1



Заказать

Рисунок Е.1 – Электроконвектор Noirot Spot E-4 1500

NOIROT Spot E-4 2000



Характеристики


Площадь помещения 20-25 м²

Мощность обогрева 2 кВт

Потребляемая мощность 2 кВт

[Подробнее](#)

14 290 руб. Скидка до 15%

 Нашли дешевле?

1   

Заказать

Рисунок Е.1 – Электроконвектор Noirot Spot E-4 2000

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
АксонOMETрические схемы системы вентиляции

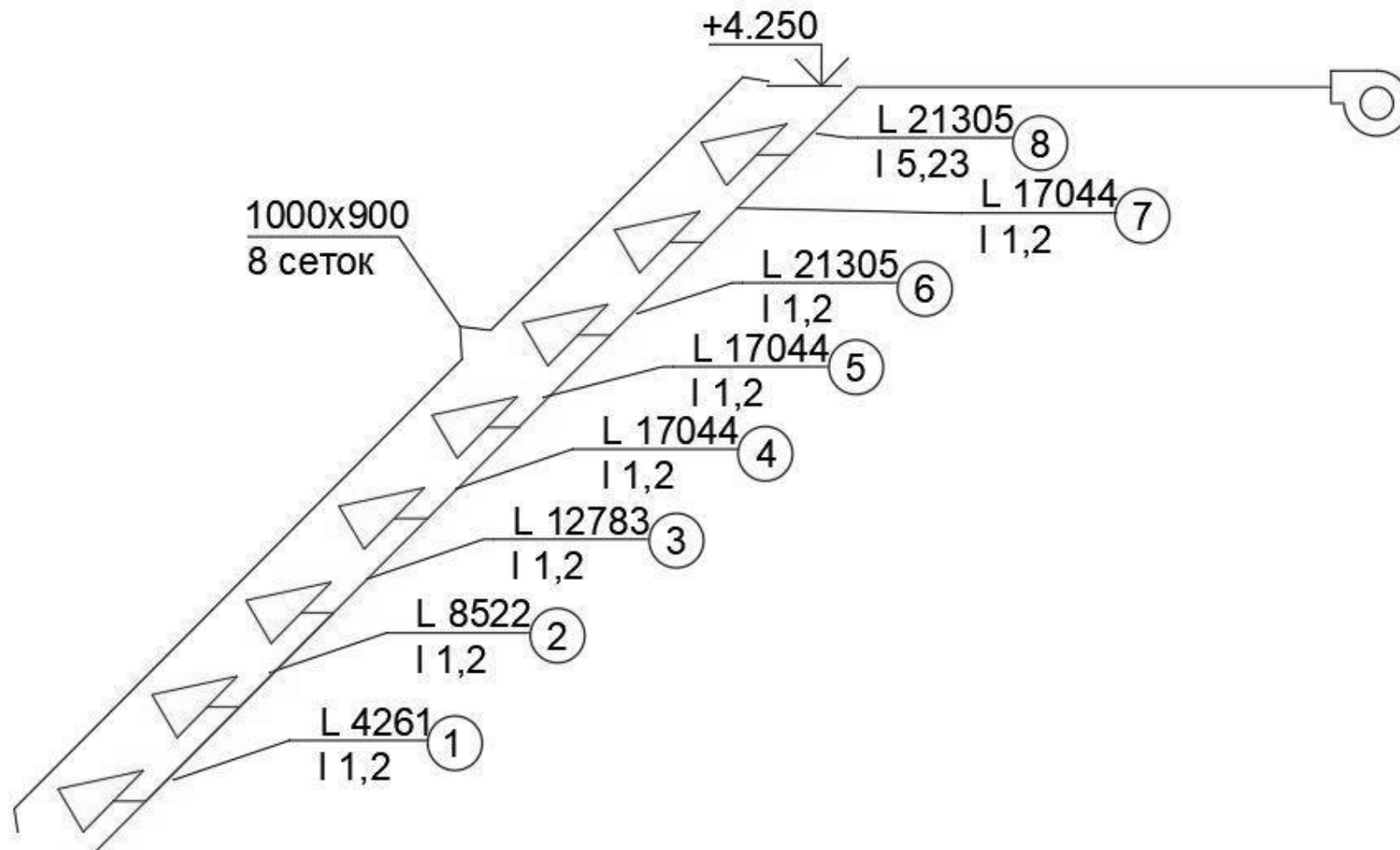


Рисунок Ж.1 – Аксонометрическая схема системы П1

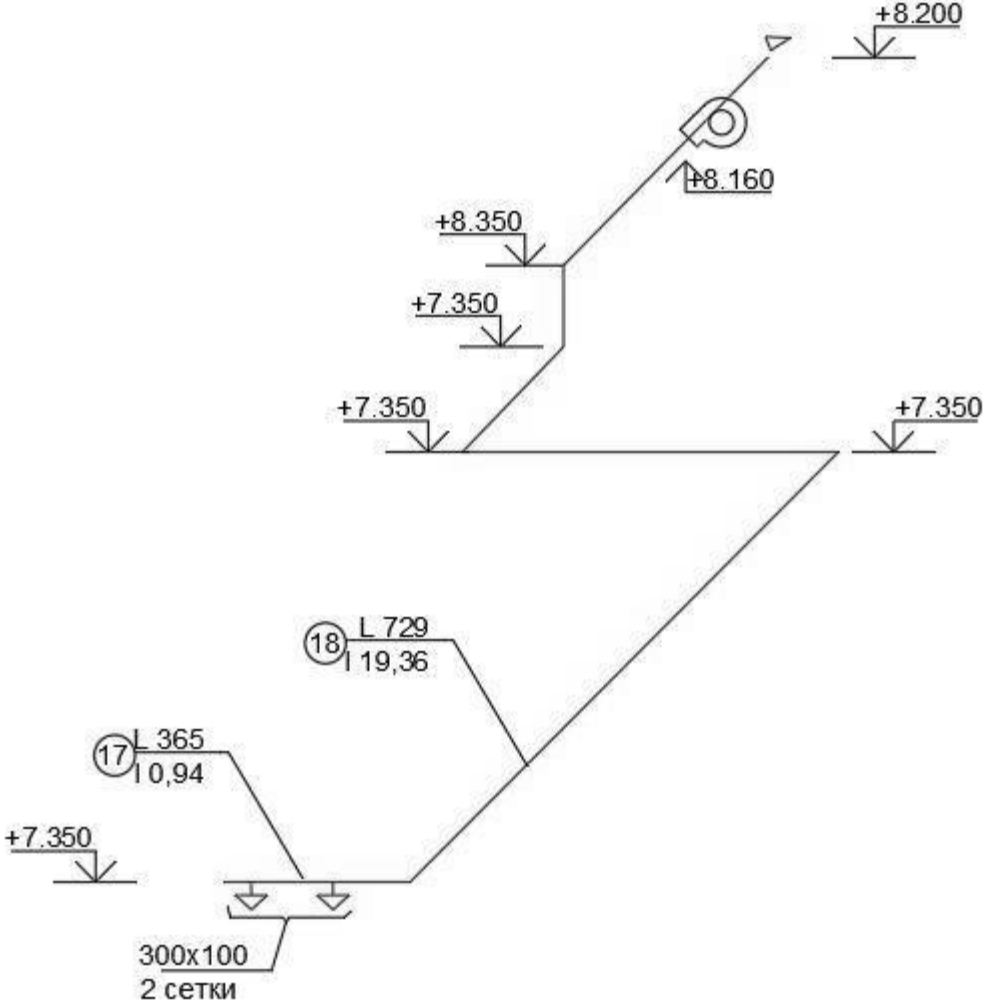


Рисунок Ж.2 – Аксонометрическая схема системы ПЗ

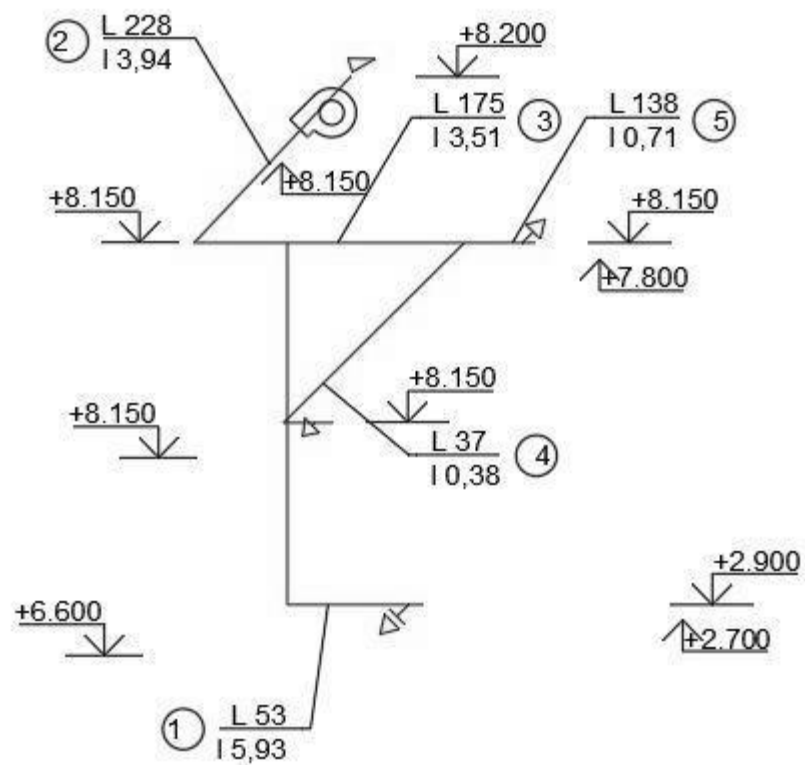


Рисунок Ж.3 – Аксонометрическая схема системы П4

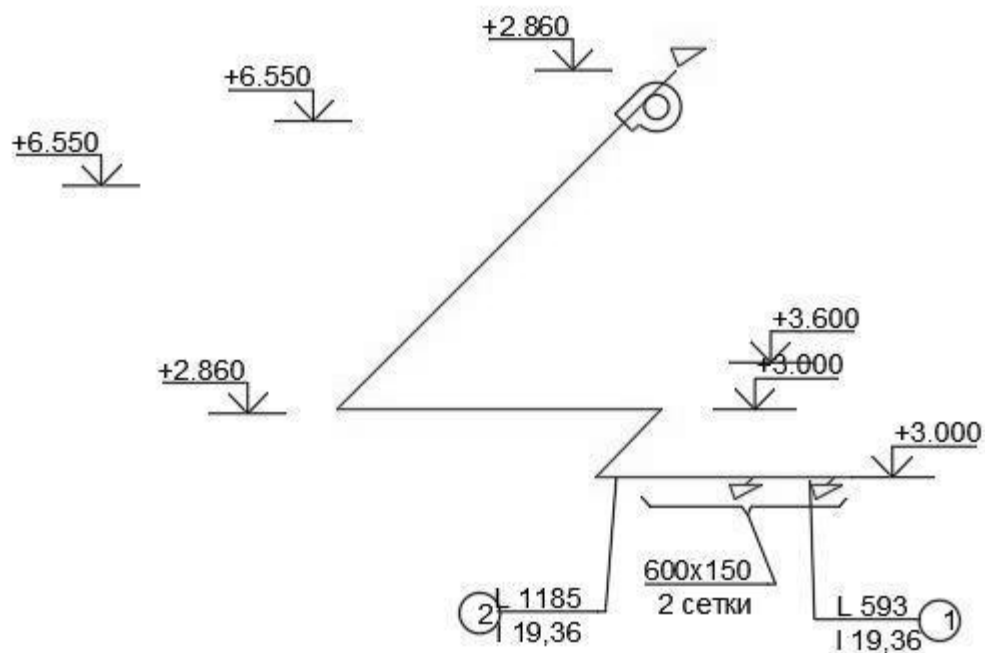


Рисунок Ж.4 – Аксонометрическая схема системы П5

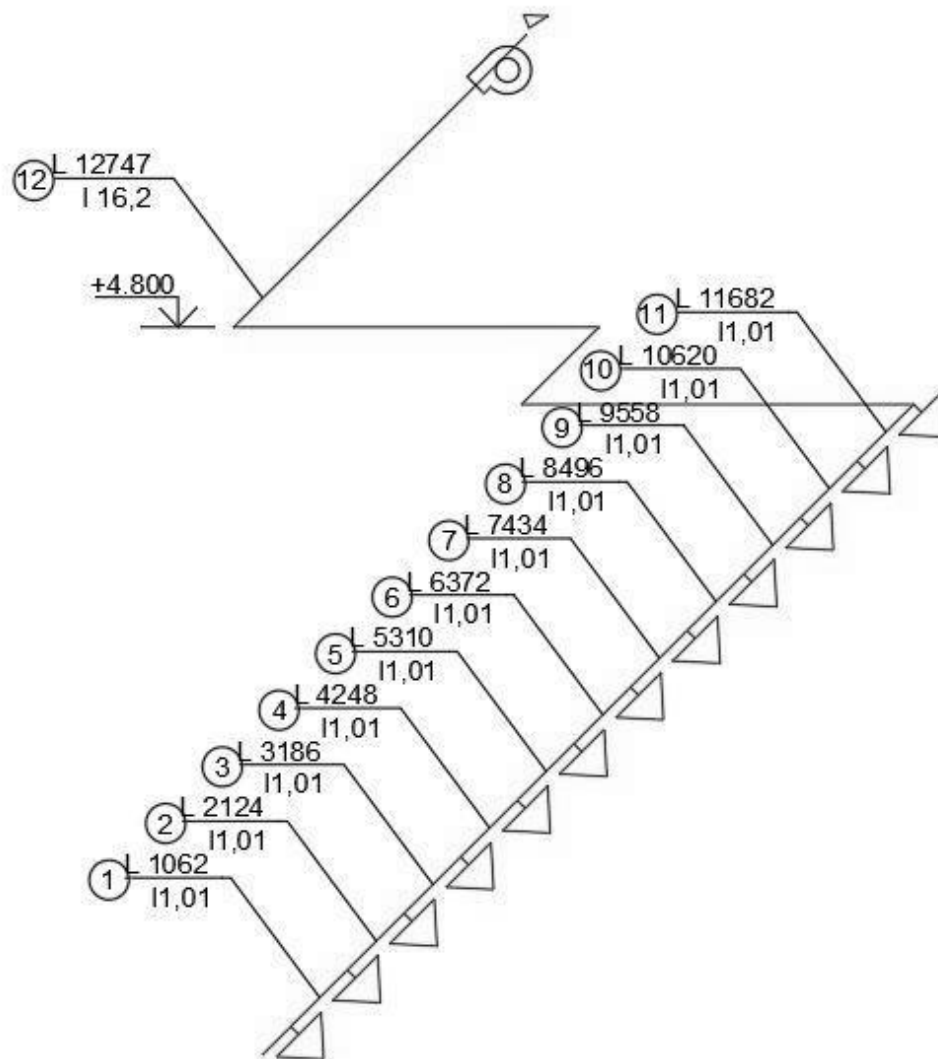


Рисунок Ж.5 – Аксонометрическая схема системы П2

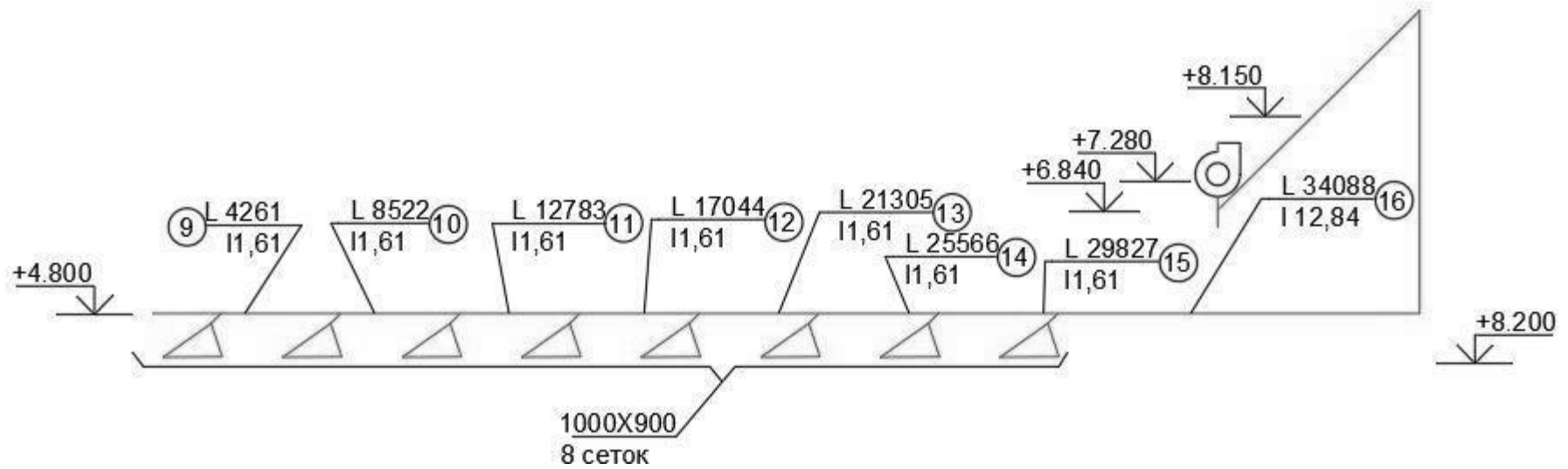


Рисунок Ж.6 – Аксонометрическая схема системы В1

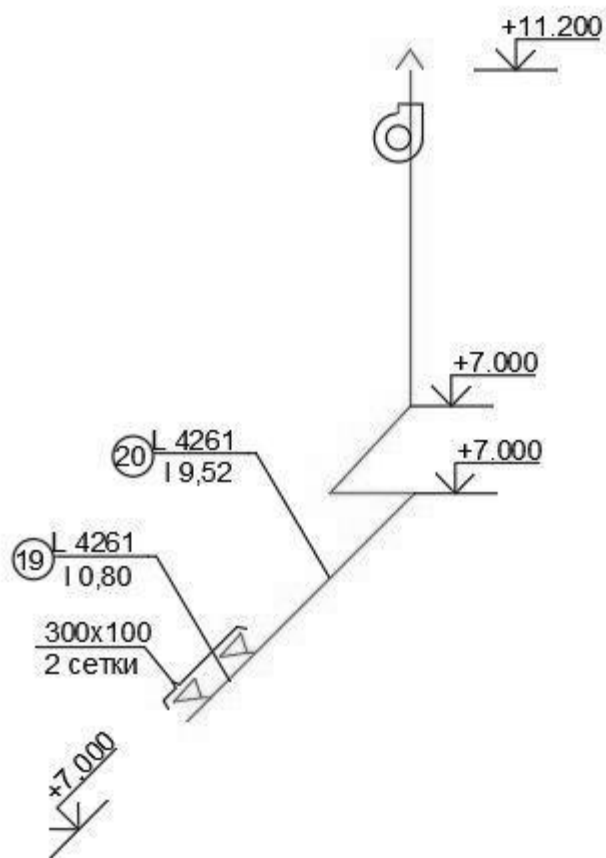


Рисунок Ж.7 – Аксонометрическая схема системы ВЗ

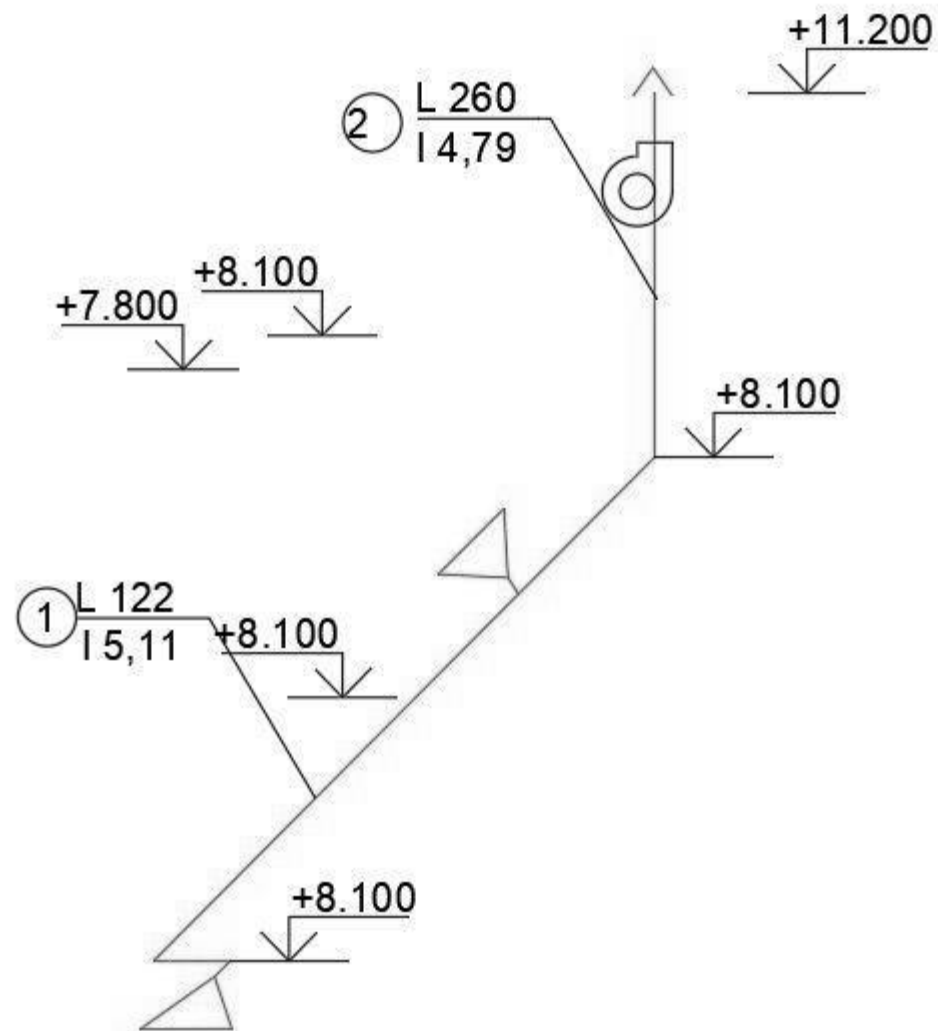


Рисунок Ж.8 – Аксонометрическая схема системы В4

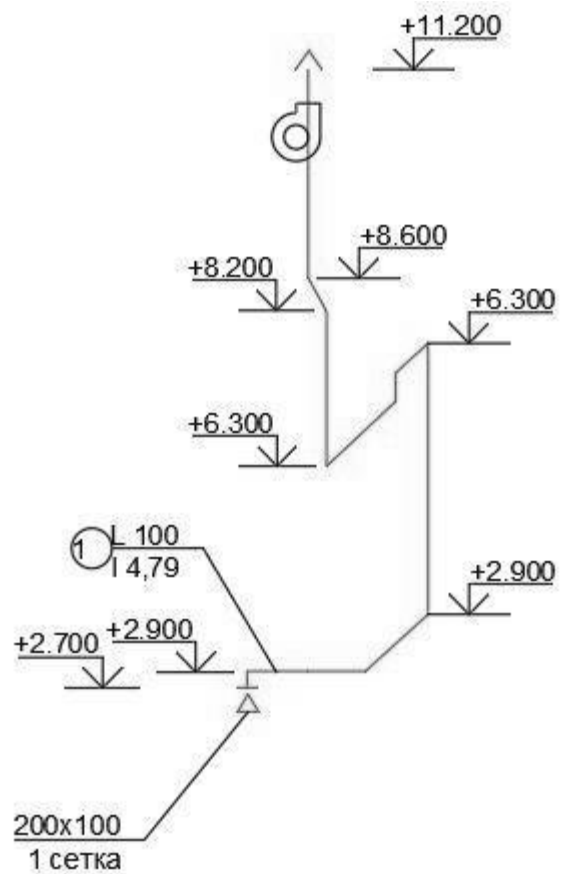


Рисунок Ж.9 – Аксонометрическая схема системы В5

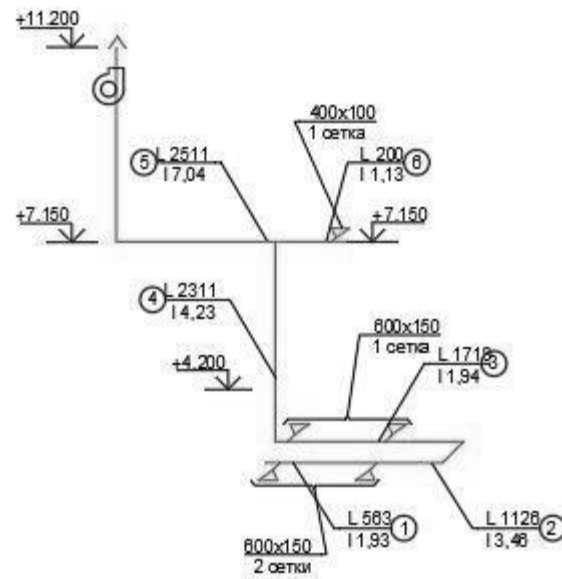


Рисунок Ж.10 – Аксонометрическая схема системы В6

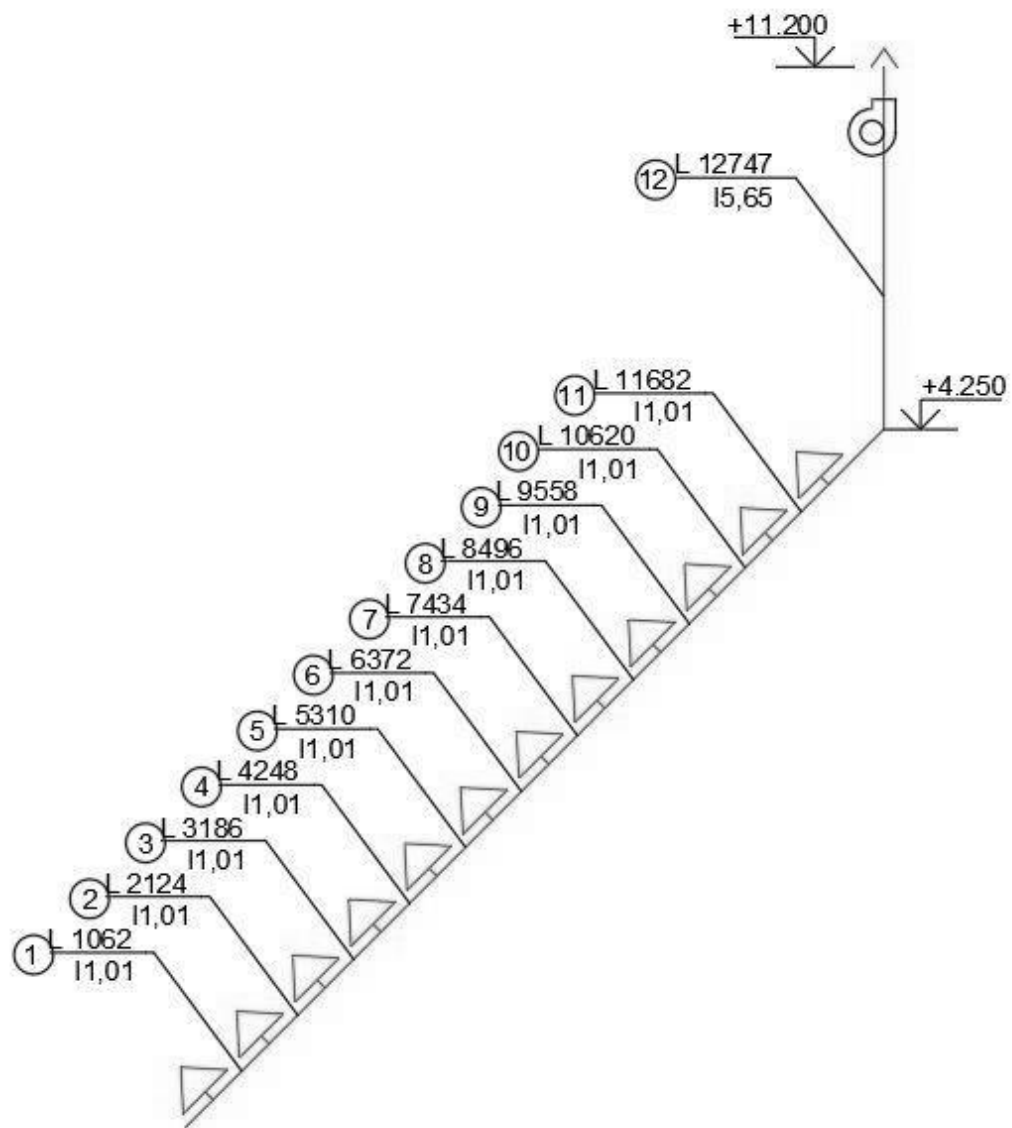


Рисунок Ж.11 – Аксонометрическая схема системы В2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Гидравлический расчет системы отопления

Таблица 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q,Вт	G,кг/ч	l,м	Dy,мм	Dh,мм	δ,мм	dv,мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs,м³/ч	ΔРм, Па	ΔРуч, Па	ΣΔР,Па		
Ветка 1-52 (ОЦК)																				
1	61024	2244	7	40	48	3,5	44,5	0,41	59388	126380	0,030	56	393			149	542	542		
	Кран шаровой (2 шт)															0,2		17		
	Отвод 90° (4 шт)															1,6		133		
2	58002	2133	7	40	48	3,5	44,5	0,39	56447	126380	0,030	51	351			232	583	1125		
	Тройник на ответвление															1,5		112		
	Отвод 90° (4 шт)															1,6		120		
3	54980	2022	7	40	48	3,5	44,5	0,37	53506	126380	0,030	46	303			209	511	1637		
	Тройник на ответвление															1,5		101		
	Отвод 90° (4 шт)															1,6		108		
4	51958	1911	7	40	48	3,5	44,5	0,35	50565	126380	0,030	41	275			162	437	2074		
	Тройник на ответвление															1,5		90		
	Отвод 90° (3 шт)															1,2		72		
5	48936	1800	6	32	42,3	3,2	39,1	0,43	54201	111044	0,031	71	452			358	810	2884		
	Тройник на ответвление															1,5		134		
	Отвод 90° (4 шт)															2,5		224		
6	45914	1688	12	32	42,3	3,2	39,1	0,40	50854	111044	0,031	63	762			433	1195	4079		
	Тройник на ответвление															1,5		118		
	Отвод 90° (8 шт)															4		315		
7	43135	1586	3	32	42,3	3,2	39,1	0,38	47776	111044	0,031	56	177			243	420	4499		
	Тройник на ответвление															1,5		104		
	Отвод 90° (4 шт)															2		139		
8	39430	1450	7	32	42,3	3,2	39,1	0,35	43672	111044	0,031	47	317			203	520	5019		
	Тройник на ответвление															1,5		87		
	Отвод 90° (4 шт)															2		116		

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q,Вт	G,кг/ч	l,м	Dy,мм	Dн,мм	δ,мм	дв,мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs,м³/ч	ΔРм, Па	ΔРуч, Па	ΣΔР,Па
9	35782	1316	6	32	42,3	3,2	39,1	0,31	39632	111044	0,032	39	232			239	471	5490
	Тройник на ответвление													1,5	72			
	Отвод 90° (7 шт)													3,5	167			
10	23254	855	2	32	42,3	3,2	39,1	0,20	25756	111044	0,033	17	33			63	96	5586
	Тройник на разделение													3	61			
	Кран шаровой													0,1	2			
11	19823	729	2	32	42,3	3,2	39,1	0,17	21956	111044	0,033	12	20			22	42	5628
	Тройник на ответвление													1,5	22			
12	16175	595	0	32	42,3	3,2	39,1	0,14	17915	111044	0,034	8	4			15	18	5646
	Тройник на ответвление													1,5	15			
13	15110	556	2	32	42,3	3,2	39,1	0,13	16736	111044	0,034	7	16			13	29	5675
	Тройник на ответвление													1,5	13			
14	12088	445	7	25	33,5	3,2	30,3	0,18	17277	86052	0,035	18	114			53	167	5843
	Тройник на ответвление													1,5	23			
	Отвод 90° (4 шт)													2	30			
15	9066	333	7	20	26,8	2,8	24	0,21	16359	68160	0,037	33	216			84	300	6143
	Тройник на ответвление													1,5	32			
	Отвод 90° (4 шт)													2,4	52			
16	6044	222	7	20	26,8	2,8	24	0,14	10906	68160	0,038	15	109			37	146	6289
	Тройник на ответвление													1,5	14			
	Отвод 90° (4 шт)													2,4	23			
17	3022	111	8	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	117			38	155	6444
	Тройник на ответвление													1,5	10			
	Отвод 90° (5 шт)													4	27			
	Кран шаровой													0,1	1			

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q,Вт	G,кг/ч	l,м	Dy,мм	Dн,мм	δ,мм	dv,мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs,м³/ч	ΔРм, Па	ΔРуч, Па	ΣΔР,Па
18	3022	111	7	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	100			16	116	6560
	Отвод 90° (3 шт)													2,4		16		
19	3022	111	7	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	107			37	144	6704
	Тройник на ответвление													1,5		10		
	Отвод 90° (5 шт)													4		27		
20	6044	222	7	20	26,8	2,8	24	0,14	10906	68160	0,038	15	100			37	137	6841
	Тройник на ответвление													1,5		14		
	Отвод 90° (4 шт)													2,4		23		
21	9066	333	7	20	26,8	2,8	24	0,21	16359	68160	0,037	33	215			84	300	7141
	Тройник на ответвление													1,5		32		
	Отвод 90° (4 шт)													2,4		52		
22	12088	445	7	25	33,5	3,2	30,3	0,18	17277	86052	0,035	18	114			53	167	7308
	Тройник на ответвление													1,5		23		
	Отвод 90° (4 шт)													2		30		
23	15110	556	7	32	42,3	3,2	39,1	0,13	16736	111044	0,034	7	51			13	64	7372
	Тройник на ответвление													1,5		13		
24	16175	595	0	32	42,3	3,2	39,1	0,14	17915	111044	0,034	8	4			15	18	7390
	Тройник на ответвление													1,5		15		
25	19823	729	4	32	42,3	3,2	39,1	0,17	21956	111044	0,033	12	51			22	73	7463
	Тройник на ответвление													1,5		22		
26	23254	855	2	32	42,3	3,2	39,1	0,20	25756	111044	0,033	17	30			12	42	7505
	Тройник на проход													0,5		10		
	Кран шаровой													0,1		2		
27	35782	1316	6	32	42,3	3,2	39,1	0,31	39632	111044	0,032	39	213			263	476	7981
	Тройник на ответвление													1,5		72		
	Отвод 90° (8 шт)													4		191		

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q,Вт	G,кг/ч	l,м	Dy,мм	Dн,мм	δ,мм	dv,мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs,м³/ч	ΔРм, Па	ΔРуч, Па	ΣΔР,Па
28	39430	1450	2	32	42,3	3,2	39,1	0,35	43672	111044	0,031	47	87			145	232	8213
	Тройник на ответвление													1,5	87			
	Отвод 90° (2 шт)													1	58			
29	43135	1586	5	32	42,3	3,2	39,1	0,38	47776	111044	0,031	56	276			243	519	8732
	Тройник на ответвление													1,5	104			
	Отвод 90° (4 шт)													2	139			
30	45914	1688	7	32	42,3	3,2	39,1	0,40	50854	111044	0,031	63	451			433	884	9616
	Тройник на ответвление													1,5	118			
	Отвод 90° (8 шт)													4	315			
31	48936	1800	6	32	42,3	3,2	39,1	0,43	54201	111044	0,031	71	454			313	767	10383
	Тройник на ответвление													1,5	134			
	Отвод 90° (4 шт)													2	179			
32	51958	1911	7	32	42,3	3,2	39,1	0,46	57548	111044	0,031	80	543			302	845	11228
	Тройник на ответвление													1,5	151			
	Отвод 90° (3 шт)													1,5	151			
33	54980	2022	7	40	48	3,5	44,5	0,37	53506	126380	0,030	46	304			235	539	11767
	Тройник на ответвление													1,5	101			
	Отвод 90° (4 шт)													2	135			
34	58002	2133	7	40	48	3,5	44,5	0,39	56447	126380	0,030	51	350			262	612	12380
	Тройник на ответвление													1,5	112			
	Отвод 90° (4 шт)													2	150			
35	61024	2244	7	40	48	3,5	44,5	0,41	59388	126380	0,030	56	387			249	636	13016
	Тройник на ответвление													1,5	124			
	Отвод 90° (3 шт)													1,5	124			
36	61024	2244	1	40	48	3,5	44,5	0,41	59388	126380	0,030	56	51			8	60	13075
	Кран шаровой													0,1	8			

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q,Вт	G,кг/ч	l,м	Dy,мм	Dн,мм	δ,мм	dv,мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs,м³/ч	ΔРм, Па	ΔРуч, Па	ΣΔР,Па
37	2649	97	1	15	21,3	2,8	18,5	0,10	6201	52540	0,042	12	13			16	30	13105
	Кран шаровой													0,1		1		
	Тройник на ответвление													1,5		8		
	Тройник на ответвление													1,5		8		
38	2649	97	9	15	21,3	2,8	18,5	0,10	6201	52540	0,042	12	110			38	148	13253
	Отвод 90° (9 шт)													7,2		38		
39	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	13547
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
40	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	13842
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
41	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	14136
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
42	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	14431
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
43	1065	39	1	15	21,3	2,8	18,5	0,04	2493	52540	0,049	2	3			1	4	14435
	-															0		
	Отвод 90° (2 шт)													1,6		1		
44	3431	126	1	15	21,3	2,8	18,5	0,13	8032	52540	0,041	19	24			14	38	14473
	-															0		
	Отвод 90° (2 шт)													1,6		14		
45	3648	134	2	15	21,3	2,8	18,5	0,14	8540	52540	0,041	22	34			16	50	14522
	-															0		
	Отвод 90° (2 шт)													1,6		16		
46	3705	136	13	15	21,3	2,8	18,5	0,15	8673	52540	0,041	22	303			49	352	14874
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		49		
47	2779	102	6	15	21,3	2,8	18,5	0,11	6505	52540	0,042	13	82			28	110	14984
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		28		

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	Dy, мм	Dн, мм	δ, мм	dв, мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs, м³/ч	ΔРм, Па	ΔРуч, Па	ΣΔР, Па
48	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	15279
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
49	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	15573
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
50	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	15867
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
51	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	16162
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		
52	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			33	294	16456
	Отвод 90° (6 шт)													4,8		33		

Суммарные потери в ОЦК: 16456 Па

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q,Вт	G,кг/ч	l,м	Dy,мм	Dн,мм	δ,мм	dv,мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs,м³/ч	ΔРм,Па	ΔРуч,Па	ΔР,Па
Ветка 53-59 (ВЦК1)																		
53	12528	461	4	20	26,8	2,8	24	0,29	22606	68160	0,036	62	245			0	245	245
54	8760	322	0	20	26,8	2,8	24	0,20	15807	68160	0,037	31	13			40	54	299
	Тройник на ответвление													1,5		30		
	Отвод 90°													0,5		10		
55	4713	173	6	15	21,3	2,8	18,5	0,18	11033	52540	0,040	36	207			38	245	544
	Тройник на ответвление													1,5		25		
	Отвод 90°													0,8		13		
56	3648	134	11	15	21,3	2,8	18,5	0,14	8540	52540	0,041	22	249			56	304	848
	Отвод 90° (7 шт)													5,6		56		
57	4713	173	1	15	21,3	2,8	18,5	0,18	11033	52540	0,040	36	29			25	54	902
	Тройник на ответвление													1,5		25		
58	8760	322	4	20	26,8	2,8	24	0,20	15807	68160	0,037	31	139			0	139	1041
59	12528	461	4	20	26,8	2,8	24	0,29	22606	68160	0,036	62	263			0	263	1304
	Кран шаровой													0,1		4		

Суммарные потери в ВЦК:1304 Па

Окончание приложения 3

Окончание таблицы 3.1 – Гидравлический расчет системы отопления

уч-к	Q,Вт	G,кг/ч	l,м	Dy,мм	Dн,мм	δ,мм	dv,мм	ω, м/с	Re	Re пр	λ	R, Па/м	ΔРтр, Па	Σδ	Kvs,м³/ч	ΔРм	ΔРуч,Па	ΔР,Па
60	3022	111	17	15	21,3	2,8	18,5	0,12	7074	52540	0,042	15	262			0	262	1566
	Кран шаровой															0		
	Отвод 90° (5 шт)													4		0		
61	3768	139	7	15	21,3	2,8	18,5	0,15	8821	52540	0,041	23	152			116	269	269
	Тройник на ответвление													1,5		16		
	Тройник на ответвление													1,5		16		
	Отвод 90° (10 шт)													8		85		
62	1065	39	5	15	21,3	2,8	18,5	0,04	2493	52540	0,049	2	10			5	15	15
	Тройник на ответвление													1,5		1		
	Тройник на ответвление													1,5		1		
	Отвод 90° (3 шт)													2,4		2		
63	3648	134	4	15	21,3	2,8	18,5	0,14	8540	52540	0,041	22	91				91	106

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Аэродинамический расчет системы вентиляции

Таблица И.1 – Аэродинамический расчет системы вентиляции П1

N участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-8																
1	4261	1,20		400	560	467	5,28	0,6		0,8	4,03	17	67,74	68,49	68,49	Первое боковое отверстие на притоке z=2,2; Отвод прямоугольного сечения под 90 (1 шт) z=0,53; Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
2	8522	1,20		630	710	668	5,29	0,4		0,5	1,00	17	16,86	17,35	85,84	Узлы ответвления на нагнетании z=1,00;
3	12783	1,20		710	900	794	5,56	0,4		0,4	1,30	19	24,17	24,59	110,43	Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
4	17044	1,20		800	900	847	6,58	0,4		0,5	1,80	26	46,85	47,39	157,83	Узлы ответвления на нагнетании z=1,80;
5	21305	1,20		800	1000	889	7,40	0,5		0,6	1,80	33	59,30	59,93	217,75	Узлы ответвления на нагнетании z=1,80;
6	25566	1,20		800	1000	889	8,88	0,7		0,9	1,30	47	61,67	62,55	280,31	Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
7	29827	1,20		900	1000	947	9,21	0,7		0,9	1,30	51	66,32	67,20	347,50	Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
8	34088	5,23		900	1000	947	10,52	0,9		4,9	0,60	67	39,98	44,85	392,36	Отвод прямоугольного сечения под 90 (1 шт) z=0,60;

Продолжение приложения И

Таблица И.2 – Аэродинамический расчет системы вентиляции В1

N участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-8																
1	4261	1,61		400	560	467	5,28	0,6		1,0	2,03	17	34,12	35,13	35,13	Первое боковое отверстие на всасе z=1,5; Отвод прямоугольного сечения под 90 (1 шт) z=0,53;
2	8522	1,61		630	710	668	5,29	0,4		0,7	0,75	17	12,65	13,30	48,43	Узлы ответвления на всасывании z=0,75;
3	12783	1,61		710	900	794	5,56	0,4		0,6	0,90	19	16,73	17,30	65,73	Узлы ответвления на всасывании z=0,90;
4	17044	1,61		800	900	847	6,58	0,4		0,7	0,30	26	7,81	8,53	74,26	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
5	21305	1,61		800	1000	889	7,40	0,5		0,8	0,30	33	9,88	10,73	84,99	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
6	25566	1,61		800	1000	889	8,88	0,7		1,2	0,30	47	14,23	15,41	100,40	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
7	29827	1,61		900	1000	947	9,21	0,7		1,2	0,30	51	15,31	16,47	116,87	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
8	34088	12,84		900	1000	947	10,52	0,9		12,0	0,60	67	39,98	51,94	168,82	Отвод прямоугольного сечения под 90 (1 шт) z=0,60;

Таблица И.3 – Аэродинамический расчет системы вентиляции ПЗ

N участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-2																
17	364,5	0,94	200			200	3,22	0,7		0,7	3,53	6	22,07	22,77	22,77	Первое боковое отверстие на притоке z=2,2; Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33; Узлы ответвления на нагнетании z=1,00;
18	729	19,36	280			280	3,29	0,5		9,7	1,65	7	10,74	20,48	43,25	Отвод круглого сечения под 90 (5 шт) z=0,33;

Продолжение приложения И

Таблица И.4 – Аэродинамический расчет системы вентиляции В3

N участка	L, м3/ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Rд, Па	Z, Па	P, Па	Сум P, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-2																
1	364,5	0,80	200			200	3,22	0,7		0,6	2,68	6	16,76	17,35	17,35	Первое боковое отверстие на всасе z=1,5; Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33; Узлы ответвления на всасывании z=0,85;
2	729	9,52	280			280	3,29	0,5		4,8	0,99	7	6,45	11,23	28,58	Отвод круглого сечения под 90 (3 шт) z=0,33;

Таблица И.5 – Аэродинамический расчет системы вентиляции П4

N участка	L, м3/ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Rд, Па	Z, Па	P, Па	Сум P, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-2-3																
1	138	0,71	125			125	3,12	1,3		0,9	2,53	6	14,86	15,75	15,75	Первое боковое отверстие на притоке z=2,2; Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33;
2	175	3,51	125			125	3,96	1,9		6,8		9	0,00	6,78	22,53	-
3	228	3,94	160			160	3,15	0,9		3,7	0,33	6	1,97	5,66	28,20	Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33;
Ответвление 4																
4	53	5,93	100			100	1,87	0,7		3,9	4,76	2	18,57	22,50	22,50	Первое боковое отверстие на притоке z=2,2; Отвод круглого сечения под 90 (2 шт) z=0,33; Узлы ответвления на нагнетании z=1,90; Диафрагма Ø70 z=8,5
Невязка $((22,53-22,5)/22,5) \cdot 100\% = 0,13\%$																
Ответвление 5																
5	37	3,51	100			100	1,31	0,3		1,2	6,26	1	14,45	15,68	15,68	Первое боковое отверстие на притоке z=2,2; Отвод круглого сечения под 90 (2 шт) z=0,33; Узлы ответвления на нагнетании z=3,40; Диафрагма Ø65 z=8,0
Невязка $((15,75-15,68)/15,68) \cdot 100\% = 0,45\%$																

Продолжение приложения И

Таблица И.6 – Аэродинамический расчет системы вентиляции В4

N участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-2																
1	122	5,11	100			100	4,31	3,0		15,2	2,53	11	28,36	43,60	43,60	Первое боковое отверстие на всасе z=1,5; Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33; Узлы ответвления на всасывании z=0,70;
2	260	4,79	140			140	4,69	2,3		10,9	0,33	13	4,37	15,31	58,91	Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33;

Таблица И.7 – Аэродинамический расчет системы вентиляции П5

N участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-2																
1	593	1,00	250			250	3,36	0,6		0,6	3,53	7	23,93	24,53	24,53	Первое боковое отверстие на притоке z=2,2; Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33; Узлы ответвления на нагнетании z=1,00;
2	1185	12,98	315			315	4,22	0,7		8,9	0,99	11	10,63	19,51	44,04	Отвод круглого сечения под 90 (3 шт) z=0,33;

Таблица И.8 – Аэродинамический расчет системы вентиляции В5

N участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1																
1	100	13,18	100			100	3,54	2,1		27,4	4,47	8	33,66	61,06	61,06	Первое боковое отверстие на всасе z=1,5; Отвод круглого сечения под 90 (9 шт) z=0,33;

Таблица И.9 – Аэродинамический расчет системы вентиляции В6

N участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Rд, Па	Z, Па	P, Па	Сум P, Па	Характеристика местный сопротивлений
Основное направление 1-2-3-4-5																
1	563	1,93	250			250	3,19	0,5		1,1	2,48	6	15,15	16,21	16,21	Первое боковое отверстие на всасе z=1,5; Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33; Узлы ответвления на всасывании z=0,65;
2	1126	3,46	315			315	4,01	0,6		2,2	1,36	10	13,19	15,34	31,56	Отвод круглого сечения под 90 (2 шт) z=0,33; Узлы ответвления на всасывании z=0,70;
3	1719	1,94	355			355	4,82	0,8		1,5	0,50	14	7,01	8,46	40,02	Узлы ответвления на всасывании z=0,50;
4	2311	4,23	400			400	5,11	0,7		3,0	0,33	16	5,18	8,22	48,24	Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33;
5	2511	7,04	400			400	5,55	0,8		5,9	0,33	19	6,12	12,01	60,24	Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33;
Ответвление б																
6	200	1,13	125			125	4,53	2,5		3	2,03	12	53,05	55,83	55,83	Первое боковое отверстие на всасе z=1,5; Отвод круглого сечения под 90 (1 шт) z=0,33; Узлы ответвления на всасывании z=0,20; Диафрагма Ø94 z=28,0
Невязка ((60,24-55,83)/60,24)·100%=7,32%																

Продолжение приложения И

Таблица И.10 – Аэродинамический расчет системы вентиляции П2

№ участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-12																
1	1062	1,01		200	280	233	5,27	1,5		1,5	3,82	17	63,82	65,32	65,32	Первое боковое отверстие на притоке z=2,2; Отвод прямоугольного сечения под 90 (1 шт) z=0,32; Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
2	2124	1,01		315	355	334	5,28	1,0		1,0	1,00	17	16,76	17,72	83,04	Узлы ответвления на нагнетании z=1,00;
3	3186	1,01		355	450	397	5,54	0,8		0,8	1,30	18	24,02	24,87	107,91	Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
4	4248	1,01		400	450	424	6,56	1,1		1,1	1,30	26	33,63	34,70	142,61	Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
5	5310	1,01		400	500	444	7,38	1,2		1,2	1,80	33	58,94	60,19	202,80	Узлы ответвления на нагнетании z=1,80;
6	6372	1,01		400	500	444	8,85	1,7		1,8	1,80	47	84,87	86,62	289,42	Узлы ответвления на нагнетании z=1,80;
7	7434	1,01		400	560	467	9,22	1,8		1,8	1,80	51	92,09	93,87	383,29	Узлы ответвления на нагнетании z=1,80;
8	8496	1,01		400	560	467	10,54	2,3		2,3	1,80	67	120,28	122,57	505,86	Узлы ответвления на нагнетании z=1,80;
9	9558	1,01		450	560	499	10,54	2,1		2,1	1,30	67	86,87	88,97	594,83	Узлы ответвления на нагнетании z=1,30;
10	10620	1,01		450	560	499	11,71	2,5		2,6	3,90	82	321,74	324,30	919,13	Узлы ответвления на нагнетании z=3,90;
11	11682	1,01		450	560	499	12,88	3,0		3,1	3,90	100	389,30	392,37	1311,50	Узлы ответвления на нагнетании z=3,90;
12	12747	16,20		450	560	499	14,05	3,6		58,0	2,00	119	237,70	295,67	1607,17	Отвод прямоугольного сечения под 90 (4 шт) z=0,50;

Окончание приложения И

Таблица И.11 – Аэродинамический расчет системы вентиляции В2

№ участка	L, м ³ /ч	l, м	d, мм	a, мм	b, мм	dэ, мм	v, м/с	R, Па/м	βш	R·βш·l	Сум ζ	Рд, Па	Z, Па	Р, Па	Сум Р, Па	Характеристика местных сопротивлений
Основное направление 1-12																
1	1062	1,01		200	280	233	5,27	1,5		1,5	2,42	17	40,43	41,93	41,93	Первое боковое отверстие на всасе z=1,5; Отвод прямоугольного сечения под 90 (1 шт) z=0,32; Узлы ответвления на всасывании z=0,60;
2	2124	1,01		315	355	334	5,28	1,0		1,0	0,90	17	15,08	16,05	57,98	Узлы ответвления на всасывании z=0,90;
3	3186	1,01		355	450	397	5,54	0,8		0,8	0,45	18	8,31	9,16	67,14	Узлы ответвления на всасывании z=0,45;
4	4248	1,01		400	450	424	6,56	1,1		1,1	0,30	26	7,76	8,83	75,97	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
5	5310	1,01		400	500	444	7,38	1,2		1,2	0,30	33	9,82	11,07	87,04	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
6	6372	1,01		400	500	444	8,85	1,7		1,8	0,30	47	14,15	15,90	102,94	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
7	7434	1,01		400	560	467	9,22	1,8		1,8	0,30	51	15,35	17,13	120,07	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
8	8496	1,01		400	560	467	10,54	2,3		2,3	0,30	67	20,05	22,33	142,40	Узлы ответвления на всасывании z=0,30;
9	9558	1,01		450	560	499	10,54	2,1		2,1	0,15	67	10,02	12,12	154,53	Узлы ответвления на всасывании z=0,15;
10	10620	1,01		450	560	499	11,71	2,5		2,6	0,15	82	12,37	14,94	169,46	Узлы ответвления на всасывании z=0,15;
11	11682	1,01		450	560	499	12,88	3,0		3,1	0,15	100	14,97	18,04	187,50	Узлы ответвления на всасывании z=0,15;
12	12747	5,65		450	560	499	14,05	3,6		20,2	0,50	119	59,43	79,64	267,15	Отвод прямоугольного сечения под 90 (1 шт) z=0,50;

Приложение К
Расчетная схема системы отопления

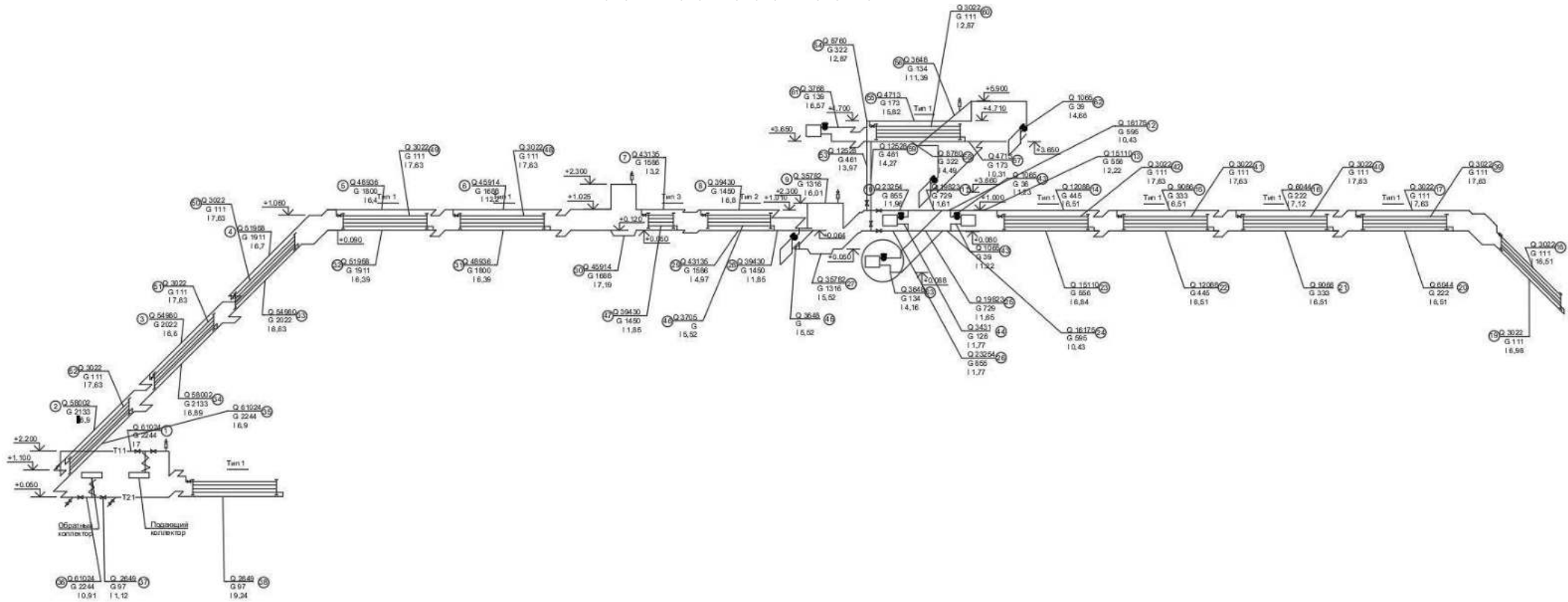


Рисунок К.1 – Расчетная схема системы отопления