

АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе сконструированы системы отопления и вентиляции в пожарном депо.

Был выполнен теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций, по которому были найдены значения фактического сопротивления теплопередачи и коэффициента теплопередачи для наружных стен, покрытий, полов, окон и наружных дверей; расчёт тепловых потерь и теплопоступлений для помещений, в которых воздухообмен определяется расчётом.

Произведён расчёт горизонтальной двухтрубной системы отопления с нижней разводкой подающих магистралей. Выполнен тепловой расчёт нагревательных приборов системы отопления – чугунных секционных радиаторов и секционных регистров из 4-х гладких труб.

Далее была сконструирована и рассчитана система вентиляции, состоящая из: 3-х приточных механических, 5-ти вытяжных механических; 3-х местных вытяжных механических систем и 5-ти вытяжных естественных систем. Рассчитано и подобрано оборудование приточной камеры: калориферы, воздухозаборные наружные решётки, утеплённые клапаны, приточные и вытяжные вентиляторы; а так же двухсторонние боковые воздушно-тепловые завесы периодического действия типа ЗВТЗ-4 для 4-х наружных проёмов въезда-выезда автотранспорта.

В завершении была автоматизирована система приточной вентиляции, определены объёмы работ, подсчитана трудоёмкость работ, изложена технология монтажа и пусконаладочных работ и проанализирована безопасность технического объекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	6
1.1 Климатические данные района строительства	6
1.2 Архитектурно-планировочное решение объекта.....	6
1.3 Выбор параметров внутреннего микроклимата.....	9
1.4 Теплоснабжение	11
2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	12
2.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций	12
2.2 Определение теплотерь здания	15
2.3 Определение тепlopоступлений в здание	17
2.4 Тепловой баланс	19
3 ОТОПЛЕНИЕ	20
3.1 Конструирование.....	20
3.2 Гидравлический расчёт.....	20
3.3 Тепловой расчет нагревательных приборов.....	21
4 ВЕНТИЛЯЦИЯ.....	23
4.1 Определение требуемых воздухообменов.....	23
4.2 Выбор принципиальных решений и конструирование	31
4.3 Аэродинамический расчёт	33
4.4 Расчёт и подбор оборудования	34
4.5 Расчёт воздушно-тепловых завес	42
5 КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ.....	43
6 ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ	45
6.1 Определение объёмов работ	45
6.2 Определение трудоёмкости работ	45
6.3 Технология монтажа и пусконаладочных работ.....	48
7 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	49
7.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	49

7.2 Идентификация профессиональных рисков.....	49
7.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	50
7.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	54
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	58

ВВЕДЕНИЕ

Назначение системы отопления заключается в компенсации тепловых потерь в холодный период года, вентиляции – в обеспечении требуемого воздухообмена в помещении.

Целью бакалаврской работы является проектирование систем отопления и вентиляции пожарного депо в городе Волгоград.

Для достижения вышеуказанной цели требуется разрешить задачи:

- осуществить теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций, посчитать теплопотери и теплопоступления здания;
- сконструировать и рассчитать систему отопления;
- сконструировать и рассчитать системы вентиляции, подобрать и рассчитать оборудование приточной камеры, а также воздушно-тепловую завесу;
- автоматизировать систему приточной вентиляции;
- определить объёмы и трудоёмкость работ;
- проанализировать безопасность и экологичность технического объекта.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1 Климатические данные района строительства

Параметры наружного воздуха для г. Волгоград приняты согласно [1]

Таблица 1 - Параметры наружного воздуха

Период	Температура воздуха, °С	Продолжительность отопительного периода, $Z_{от}$, сут	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $t_{от}$, °С	Скорость ветра, м/с	Энтальпия, кДж/кг	Условия эксплуатации	Широта, °
1	2	3	4		5	6	7
ХП	-22	176	-2,3	5,1	-20,8	А	48
ТП	29	-	-	1	55,3		

1.2 Архитектурно-планировочное решение объекта

Объектом проектирования является здание транспортно-складского хозяйства пожарное депо, расположенное в городе Волгоград. Здание двухэтажное. Размер здания в осях 45,85x21,85 м. Пол на отметке 0.000. Высота этажа 3,3 м. Главный фасад здания ориентирован на север. Высота помещения пожарной техники, поста техобслуживания с осмотровой канавой и склада пенообразователя 7 м, остальных помещений – 3,039 м.

Наружные стены выполнены из блоков пенобетона на цементном вяжущем, которые утеплены минераловатными плитами из каменного волокна, внутренняя поверхность стены покрыта фактурным слоем сложного раствора. На внешнюю поверхность стены нанесен известково-песчаный раствор. Толщина наружных стен – 0,31 м.

Таблица 2 - Характеристики каждого слоя наружной стены

№ слоя	Слой	Толщина δ , м	Плотность γ , кг/м ³	Теплопроводность, λ , Вт/(м ⁰ С)
1	2	3	4	5
1	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	0,03	1700	0,70
2	Пенобетон на цементном вяжущем	0,2	800	0,22
3	Утеплитель плиты минераловатные из каменного волокна	0,05	80	0,042
4	Раствор известково-песчаный	0,03	1600	0,70

Покрытие состоит из картона облицовочного, на который в качестве пароизоляции положен пенополиэтилен. Утеплитель плиты из минераловатные из каменного волокна, на них уложена ветро- и гидроизоляция - рубероид (пергамин) и покрыты цементно-песчаным раствором. Сверху на рубероид расположены листы асбестоцементные плоские. Толщина покрытия – 0,144 м.

Таблица 3 - Характеристики каждого слоя покрытия

№ слоя	Слой	Толщина δ , м	Плотность γ , кг/м ³	Теплопроводность, λ , Вт/(м ⁰ С)
1	2	3	4	5
1	Картон облицовочный	0,01	1000	0,21
2	Пенополиэтилен	0,00015	26	0,049
3	Утеплитель плиты минераловатные из каменного волокна	0,09	80	0,042
4	Рубероид	0,004	600	0,17
5	Листы асбестоцементные плоские	0,04	1800	0,47

Пол первого этажа выполнен из железобетонной плиты. Утепление - гравий керамзитовый. В качестве гидроизоляции на железобетон уложен слой пенополиэтилена. Для прочности поверх гравия керамзитового установлена армирующая сетка из стали, которая залита цементно-песчаным раствором. На

неё уложена известняковая плитка. Толщина междуэтажного перекрытия – 0,261 м. Толщина пола первого этажа – 0,421 м.

Таблица 4 - Характеристики каждого слоя пола первого этажа

№ слоя	Слой	Толщина δ , м	Плотность γ , кг/м ³	Теплопроводность, λ , Вт/(м ⁰ С)
1	2	3	4	5
1	Железобетон	0,24	2500	1,92
2	Пенополиэтилен	0,00015	26	0,049
3	Утеплитель – гравий керамзитовый	0,15	250	0,11
4	Сталь стержневая арматурная	0,01	7850	58
5	Раствор цементно-песчаный	0,006	1800	0,76
6	Плитка известняковая	0,015	2000	1,16

Назначение объекта

Пожарное депо является объектом пожарной охраны, в котором располагаются помещения пожарной техники, её техобслуживания, кладовые и склады для хранения оборудования, а так же административные помещения для персонала. Экспликация помещений сведена в таблицу 5.

Таблица 5 - Экспликация помещений

№ помещения	Обозначение	Площадь, м ²
1	2	3
Помещения 1-го этажа		
1	Помещение пожарной техники	291,5
2	Пост техобслуживания с осмотровой канавой	101,1
3	Склад пенообразователя	98,6
4	Диспетчерская	14,3
5	Коридор	6,2
6	Помещение для обслуживания и хранения рукавов	22,8
7	Помещение нагрева горячей воды	9,4
8	Помещение для мойки и сушки спецодежды	8,7
9	Тамбур	3,8
10	Входной тамбур	3,1
11	Коридор	9,6
12	Электрощитовая	5,6
13	Кладовая инструментов и запчастей	11,0
14	Мастерская	21,2

продолжение таблицы 5

15	Комната разогрева и приёма пищи	12,3
16	Кладовая уборочного инвентаря	9,5
17	Лестничная клетка	15,3
18	Учебный класс	19,0
19	Вестибюль	9,7
20	Тамбур	2,9
21	Кабинет начальника дежурной смены	10,2
22	Тамбур	2,8
23	Коридор	37,5
24	Гардеробная спецобмундирования	73,1
25	Преддушевая	3,4
26	Душевая	4,5
27	Уборочная	9,0
28	Комната отдыха дежурной смены	37,7
29	Пост ГДЗС	30,4
Помещения 2-го этажа		
1	Индивидуальный тепловой пункт	10,5
2	Венткамера	38,3
3	Венткамера	42,1
4	Комната психологической разгрузки	28,7
5	Кладовая	7,4
6	Помещение для индивидуальной силовой подготовки на тренажерах	50,2
7	Уборная	9,8
8	Преддушевая	3,6
9	Душевая	4,6
10	Помещение хранения уборочного инвентаря	3,1
11	Кабинет начальника	18,7
12	Кабинет замначальника	13,2
13	Зал собраний	47,7
14	Коридор	66,5
15	Склад вещевого имущества, комната коменданта	13,9
16	Склад пожарного оборудования	14,1
17	Аппаратная	12,6

1.3 Выбор параметров внутреннего микроклимата

Температура была принята по допустимым нормам на непостоянных рабочих местах. Параметры внутреннего воздуха для помещения пожарной техники приняты согласно [2] и для остальных помещений – по [7] и сведены в таблицу 6 и 7 соответственно.

Таблица 6 - Параметры внутреннего воздуха для помещения пожарной техники

Период	Температура, °С	Скорость воздуха, м/с
1	2	3
ХП	15	0,2
ТП	30	

Таблица 7 - Температуры внутреннего воздуха для остальных помещений

№ помещения	Наименование	Температура, °С	
		ХП	ТП
1	2	3	4
Помещения 1-го этажа			
2	Пост техобслуживания с осмотровой канавой	15	30
3	Склад пенообразователя	20	
4	Диспетчерская	18	
5	Коридор	16	
6	Помещение для обслуживания и хранения рукавов	16	
7	Помещение нагрева горячей воды	25	
8	Помещение для мойки и сушки спецодежды	16	
9	Тамбур	16	
10	Входной тамбур	12	
11	Коридор	16	
12	Электрощитовая	15	
13	Кладовая инструментов и запчастей	16	
14	Мастерская	16	
15	Комната разогрева и приёма пищи	18	
16	Кладовая уборочного инвентаря	16	
17	Лестничная клетка	16	
18	Учебный класс	18	
19	Вестибюль	16	
20	Тамбур	16	
21	Кабинет начальника дежурной смены	18	
22	Тамбур	16	
23	Коридор	16	
24	Гардеробная спецобмундирования	16	
25	Преддушевая	23	
26	Душевая	25	
27	Уборочная	16	
28	Комната отдыха дежурной смены	22	
29	Пост ГДЗС	16	
Помещения 2-го этажа			
1	Индивидуальный тепловой пункт	25	30
2	Венткамера	14	
3	Венткамера	14	
4	Комната психологической разгрузки	22	

продолжение таблицы 7

5	Кладовая	16	30
6	Помещение для индивидуальной силовой подготовки на тренажерах	15	
7	Уборная	16	
8	Преддушевая	23	
9	Душевая	25	
10	Помещение хранения уборочного инвентаря	16	
11	Кабинет начальника	18	
12	Кабинет замначальника	18	
13	Зал собраний	18	
14	Коридор	16	
15	Склад вещевого имущества, комната коменданта	16	
16	Склад пожарного оборудования	16	
17	Аппаратная	18	

1.4Теплоснабжение

Источником теплоснабжения служит существующая местная котельная с параметрами теплоносителя 95-70°С. Теплоносителем является горячая вода. Котельная расположена вблизи здания и предназначена для снабжения теплотой только для пожарного депо.

2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

2.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Расчет производится по методике [4].

Градусо-сутки отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (15 + 2,3) \cdot 176 = 3045 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{сут} / \text{год}$$

Теплотехнический расчет наружных стен

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по [4, табл. 3] $R_0^{\text{тп}} = 1,61 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$.

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,7} + \frac{0,2}{0,33} + \frac{0,05}{0,042} + \frac{0,03}{0,7} + \frac{1}{23} = 2,04 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт} > R_0^{\text{тп}} = 1,61 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

$$k = \frac{1}{2,04} = 0,49 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Теплотехнический расчет покрытия

$$R_0^{\text{тп}} = 2,26 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,21} + \frac{0,00015}{0,049} + \frac{0,09}{0,042} + \frac{0,004}{0,17} + \frac{0,04}{0,47} + \frac{1}{23} = 2,46 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

$$R_0^{\text{тп}} = 2,26 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

$$k = \frac{1}{2,46} = 0,407 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Теплотехнический расчет пола первого этажа

$$R_0^{\text{тп}} = 1,61 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,24}{1,92} + \frac{0,00015}{0,049} + \frac{0,15}{0,11} + \frac{0,01}{58} + \frac{0,006}{0,76} + \frac{0,015}{1,16} + \frac{1}{23} = 1,67 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$\text{Вт} > R_0^{\text{тп}} = 1,61 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

$$k = \frac{1}{1,67} = 0,599 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Теплотехнический расчет окон

$$R_0^{\text{оп}} = 0,276 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$$

Конструкция окна: в деревянных переплётах однокамерный стеклопакет из обычного стекла с $R_0^{\phi} = 0,35 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$.

$$k = \frac{1}{0,35} = 2,86 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Теплотехнический расчет ворот

Для помещения склада пенообразователя (помещение 3):

$$R_0^{\phi} = 0,6 \cdot \frac{1 \cdot (20 + 22)}{5 \cdot 8,7} = 0,58 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$$

$$k = \frac{1}{0,58} = 1,72 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Теплотехнический расчет наружных дверей

Для помещения нагрева холодной воды (помещение 7) и индивидуального теплового пункта (помещение 1):

$$R_0^{\phi} = 0,6 \cdot \frac{1 \cdot (25 + 22)}{5 \cdot 8,7} = 0,648 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$$

$$k = \frac{1}{0,648} = 1,54 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Для входного тамбура (помещение 10):

$$R_0^{\phi} = 0,6 \cdot \frac{1 \cdot (12 + 22)}{5 \cdot 8,7} = 0,469 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$$

$$k = \frac{1}{0,469} = 2,13 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Для тамбуров (помещения 20 и 22) и коридора (помещение 14):

$$R_0^{\phi} = 0,6 \cdot \frac{1 \cdot (16 + 22)}{5 \cdot 8,7} = 0,524 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$$

$$k = \frac{1}{0,524} = 1,91 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Для венткамеры (помещение 2):

$$R_0^{\phi} = 0,6 \cdot \frac{1 \cdot (14 + 22)}{5 \cdot 8,7} = 0,497 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$k = \frac{1}{0,497} = 2,01 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Таблица 8 – Теплотехнические свойства наружных ограждающих конструкций

Обозначение ограждающей конструкции	Слой утеплителя, $\delta_{\text{ут.сл.}}$, мм	Слой ограждающей конструкции, δ , мм	Приведенное сопротивление теплопередаче, R_0^{ϕ} , (м ² ·°C)/Вт	Коэффициент передачи тепла, k, Вт/(м ² ·°C)
Наружная стена	50	310	2,04	0,49
Покрытие	90	144	2,46	0,407
Пол	150	421	1,67	0,599
Окно	в деревянных переплётах однокамерный стеклопакет из обычного стекла		0,35	2,86
Ворота	в помещении склада пенообразователя (помещение 3)		0,58	1,72
Наружная дверь	в помещении нагрева горячей воды (помещение 7) и индивидуального теплового пункта (помещение 1)		0,648	1,54
	во входном тамбуре (помещение 10)		0,469	2,13
	в тамбурах (помещения 20,22) и коридоре (помещение 14)		0,524	1,91
	в венткамере (помещение 2)		0,497	2,01

2.2 Определение теплотерь здания

Теплопотери помещений рассчитываются по методике [32].

Расчёт сведён в приложение А.

Расчёт затрат тепла на нагрев инфильтрирующегося воздуха

Расчёт затрат тепла на нагрев инфильтрирующегося воздуха производится в соответствие с методикой [4].

Расчёт для помещения пожарной техники

Определение плотностей наружного и воздуха в помещении:

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{273 - 22} = 1,406 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{273 + 15} = 1,226 \text{ кг/м}^3$$

Разность давлений наружного и воздуха в помещении:

$$\Delta p = 0,55 \cdot 7,57 \cdot 9,81 \cdot (1,406 - 1,226) + 0,3 \cdot 1,406 \cdot 5,1^2 = 18,3 \text{ Па}$$

Требуемое сопротивление воздухопроницанию окна:

$$R_{\text{инф}}^{\text{тр}} = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{18,3}{10} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,187 \text{ (м}^3 \cdot \text{ч)/кг}$$

Расчётная разность давлений между давлениями снаружи и внутри:

$$\Delta p_i = 0,5 \cdot 7,57 \cdot (1,406 - 1,226) \cdot 9,81 - 5,4 \cdot (1,406 - 1,226) \cdot 9,81 + 0,5 \cdot \frac{1,406 \cdot 5,1^2}{2} \cdot 1 \cdot (0,6 + 0,8) = 15,7 \text{ Па}$$

Расход воздуха при инфильтрации через окна:

$$G_{\text{инф}} = \frac{1}{0,187} \cdot \left(\frac{15,7}{10} \right)^{\frac{2}{3}} = 7,22 \text{ кг / (м}^3 \cdot \text{ч)}$$

Затраты тепла на нагрев воздуха при инфильтрации:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot 7,22 \cdot 1,005 \cdot 87,9 \cdot (15 + 22) \cdot 1 = 6608 \text{ Вт}$$

Расчёт для зала собраний

Определение плотности внутреннего воздуха:

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{273 + 18} = 1,213 \text{ кг/м}^3$$

Разность давлений наружного и воздуха в помещении:

$$\Delta p = 0,55 \cdot 7,57 \cdot 9,81 \cdot (1,406 - 1,213) + 0,3 \cdot 1,406 \cdot 5,1^2 = 18,9 \text{ Па}$$

Требуемое сопротивление воздухопроницанию окна:

$$R_{\text{инф}}^{\text{тр}} = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{18,9}{10}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,191 \text{ (м}^3 \cdot \text{ч)/кг}$$

Расчётная разность давлений между давлениями снаружи и внутри:

$$\Delta p_i = 0,5 \cdot 7,57 \cdot (1,406 - 1,213) \cdot 9,81 - 2,84 \cdot (1,406 - 1,213) \cdot 9,81 + 0,5 \cdot \frac{1,406 \cdot 5,1^2}{2} \cdot 1 \cdot (0,6 + 0,8) = 11 \text{ Па}$$

Расход воздуха при инфильтрации через окна:

$$G_{\text{инф}} = \frac{1}{0,191} \cdot \left(\frac{11}{10}\right)^{\frac{2}{3}} = 5,58 \text{ кг/ (м}^3 \cdot \text{ч)}$$

Затраты тепла на нагрев воздуха при инфильтрации:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot 5,58 \cdot 1,005 \cdot 2,2 \cdot (18 + 22) \cdot 1 = 138 \text{ Вт}$$

Затраты на нагрев въезжающего транспорта

Затраты тепла на нагрев въезжающего транспорта определяются по формуле:

$$Q_{\text{т}} = \sum G_{\text{т}} \cdot c_{\text{т}} \cdot V \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{т}}), \quad (2.2)$$

где $G_{\text{т}}$ – масса въезжающего транспорта, кг;

$c_{\text{т}}$ – массовая теплоёмкость материала, кДж/кг $^{\circ}$ С;

V – коэффициент, учитывающий интенсивность поглощения тепла;

$t_{\text{т}}$ – температура въезжающего транспорта, $^{\circ}$ С.

По [12] был выбран транспорт ЗИЛ 131 массой 11050 кг.

Затраты тепла на нагрев въезжающего транспорта по формуле (2.2):

$$Q_{\text{т}} = 0,28 \cdot 11050 \cdot 0,46 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot (15 + 22) = 10532 \text{ Вт}$$

2.3 Определение теплоступлений в здание

Расчёт теплоступлений в здание рассчитывается только для помещения зал собраний, так в помещении пожарной техники и поста техобслуживания с осмотровой канавой воздухообмен будет определяться по кратности, а в помещении мойки и сушки спецодежды – исходя из эффективности сушки, по влаге.

Тепловыделения от осветительных приборов определяются по методике [31].

Для зала собраний:

$$Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 47,7 \cdot 0,122 \cdot 1 = 1164 \text{ Вт}$$

Расчёт поступлений тепла от людей

Расчёт производится в соответствии с методикой [31].

Для зала собраний:

Количество человек, одновременно находящихся в помещении, принято из расчёта $1,6 \text{ м}^2$ на одного человека (29 чел) по [6].

В холодный период:

$$Q_{\text{л}}^{\text{хп}} = 115,6 \cdot 29 = 3352 \text{ Вт}$$

В тёплый период:

$$Q_{\text{л}}^{\text{тп}} = 40 \cdot 29 = 1160 \text{ Вт}$$

Расчёт поступлений теплоты через заполнение световых проёмов

Поступления теплоты через вертикальное остекление оконных проёмов рассчитывается по методике [7].

Расчёт сведён в таблицу 9.

Таблица 9 – Поступления теплоты через заполнение световых проёмов

	Часы суток													
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Зал собраний														
В														
$q_{вп}$	327	472	542	497	372	193	37	-	-	-	-	-	-	-
$q_{вр}$	65	114	129	121	100	81	72	65	60	58	58	53	44	24
$F, м^2$	2,2 м ²													
k_1	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
k_2	0,9													
$\beta_{сз}$	1													
$Q_{ср}$	372	557	638	587	449	260	104	147	135	131	131	120	99	54
Поступления теплоты через заполнение световых проёмов составляют 638 Вт														

Расчёт поступлений тепла от системы отопления

Для зала собраний:

$$Q_{\text{с.о.}} = \frac{1559}{18 + 22} \cdot (12 + 22) = 1325 \text{ Вт}$$

2.4 Тепловой баланс

Должно выполняться условие:

$$Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{с.р.}} + Q_{\text{проч}} + (-Q_{\text{огр}} - Q_{\text{инф}} - Q_{\text{проч}}) + Q_{\text{с.о.}} \pm Q_{\text{вент}} = 0, \quad (2.3)$$

где $Q_{\text{проч}}$ – прочие тепlopоступления или тепlopотери, Вт, определяющиеся по формуле:

$$Q_{\text{проч}} = 5 - 8\% \cdot \sum Q_{\text{теплопей/теплонрь}}, \quad (2.4)$$

где $\sum Q_{\text{теплопей/теплонрь}}$ - тепlopоступления или тепlopотери, Вт.

Для помещения зал собраний:

$$\text{ХП: } Q_{\text{прочттепло-рь}} = 0,08 \cdot (1559 + 138) = 135 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{теплонри}} = 1559 + 138 + 135 = 1832 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{прочттепло-й}} = 0,08 \cdot (3352 + 1164 + 1325) = 293 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{теплогя}} = 3352 + 1164 + 1325 + 293 = 6134 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{изб}} = 6134 - 1832 = 4302 \text{ Вт}$$

$$\text{ТП: } Q_{\text{прочттепло-й}} = 0,08 \cdot (1160 + 638) = 143 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{теплогя}} = 1160 + 638 + 143 = 1941 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{изб}} = 1941 \text{ Вт}$$

3 ОТОПЛЕНИЕ

3.1 Конструирование

Система отопления горизонтальная двухтрубная, регулируемая, с нижней разводкой подающих магистралей. Магистральные трубопроводы проложены с уклоном 0,002 в сторону распределительного коллектора для самотечного слива воды из труб. Так как источником теплоснабжения является местная котельная с параметрами теплоносителя 95-70, система отопления подключена непосредственно. К установке приняты чугунные секционные радиаторы МС-140-98 с номинальным тепловым потоком 174 Вт и секционные регистры из 4-х гладких труб в помещениях пожарной техники, поста техобслуживания, склада пенообразователя длиной 3 м и в электрощитовой – длиной 1 м. Воздухоудаление осуществляется воздухоотводчиками, установленными в нагревательных приборах. Опорожнение системы производится в нижних точках магистралей. Регулирование теплоотдачи нагревательного прибора осуществляется с помощью регулировочных кранов КРД. Трубопроводы приняты стальные водогазопроводные.

3.2 Гидравлический расчёт

Гидравлический расчёт выполняется согласно методике [32].

За основное циркуляционное кольцо в системе отопления принято циркуляционное кольцо через 11 стояк.

Тепловая нагрузка для участка 3-4:

$$Q_{\text{уч}} = 770 + 1793 + 1680 + 56 + 566 + 716 + \frac{1691}{2} + 695 + 666 + 215 + 218 = 8221 \text{ Вт}$$

Расход воды для участка 3-4:

$$G_{3-4} = \frac{0,86 \cdot 8221}{(95 - 70)} \cdot 1,04 \cdot 1,02 = 300 \text{ кг/ч}$$

Средние удельные потери давления на трение приняты $R_{cp} = 100 \text{ Па/м}$

Допустимые значения скорости воды 0,3-0,8 м/с

Для участка 3-4 местные сопротивления: переход – 0,5; кран шаровой – 0,5; отвод – 1,5; тройник на проход – 1, следовательно, $\Sigma \xi = 0,5 + 0,5 + 1,5 + 1 = 3,5$.

Общие потери давления для участка 3-4:

$$\Delta P_{уч} = 221 \cdot 3,08 + 293 = 974 \text{ Па}$$

Результаты расчётов сведены в приложение Б.

3.3 Тепловой расчет нагревательных приборов

Расчёт нагревательных приборов выполняется по методике [32].

Расчёт чугунного радиатора в помещении №6 на первом этаже:

Общая теплоотдача, проложенных в помещении, горячих труб:

$$Q_{тр} = 70 \cdot 5,95 + 91 \cdot 0,5 = 462 \text{ Вт}$$

Тепловая мощность прибора:

$$Q_{пр} = 796 - 0,9 \cdot 462 = 380 \text{ Вт}$$

Средний температурный перепад:

$$\Delta t_{cp} = \frac{95 + 70}{2} - 16 = 66,5 \text{ °C}$$

Плотность теплового потока:

$$q_{пр} = 725 \cdot \left(\frac{66,5}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{29}{360}\right)^{0,02} = 645 \text{ Вт/м}^2$$

Площадь поверхности нагрева прибора:

$$F_{пр} = \frac{380}{645} = 0,566 \text{ м}^2$$

Коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе:

$$\beta_3 = 0,97 + \frac{0,06}{0,566} = 1,08$$

Число секций чугунного радиатора:

$$N = \frac{0,566 \cdot 1}{0,24 \cdot 1,08} = 3 \text{ шт}$$

Расчёт регистра в помещении №12 на первом этаже:

Средняя температура теплоносителя:

$$t_{cp} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Конвективная теплоотдача:

$$q_k = 4,1 \cdot 0,0423^{0,75} \cdot (82,5 - 15)^{1,25} = 74 \text{ Вт/м}$$

Теплоотдача излучением:

$$q_{\text{л}} = 17,8 \cdot 0,0423 \cdot \left(\left(\frac{273 + 82,5}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 15}{100} \right)^4 \right) = 68,5 \text{ Вт/м}$$

Теплоотдача 1 м трубы:

$$q_{\text{тр}} = 74 + 68,5 = 143 \text{ Вт/м}$$

Суммарная длина труб регистров:

$$l = \frac{307}{143} = 2,15 \text{ м}$$

Длина одной трубы регистра:

$$l_1 = \frac{2,15}{4 \cdot 1} = 1 \text{ м}$$

Расчёты остальных нагревательных приборов сведены в приложение В.

4 ВЕНТИЛЯЦИЯ

4.1 Определение требуемых воздухообменов

Воздухообмены находятся по методике [31].

Расчёт для помещения мойки и сушки спецодежды

Источниками влаговыделений в помещении являются люди, находящиеся в помещении и спецодежда. В помещении принята работа средней тяжести.

Тёплый период года

Необходимо определить количество, выделяемой влаги при сушке одним комплектом спецодежды. Для этого была задана первоначальная влажность 95% и конечная 70%. Исходя из того, что масса комплекта спецодежды пожарного в сухом состоянии 4,5 кг [33], следовательно, масса мокрого комплекта спецодежды 6,11 кг. Итак, количество влаги, выделяемой при сушке одним комплектом спецодежды: $6,11 - 4,5 = 1,61$ кг. Продолжительность сушки спецодежды за одну смену принята 12 часов.

Количество влаги, поступающее в данное помещение:

$$W = \frac{w \cdot n}{v}, \quad (4.1)$$

где w – влага от одного комплекта спецодежды, кг;

n – количество комплектов спецодежды, шт;

v – количество часов сушки спецодежды, ч.

$$W = \frac{1,61 \cdot 21}{12} = 2,8 \text{ кг/ч}$$

Так как в помещении мойки и сушки спецодежды происходит значительное выделение влаги, наиболее экономичным является адиабатический процесс и тогда угловой коэффициент луча процесса $E=0$ кДж/кг. Для сушки спецодежды за 12 часов необходимо подавать воздух

более высокой температуры ($t_{\text{тп}} = 37,5^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{хп}} = 29^{\circ}\text{C}$), чем в другие помещения, поэтому необходимо установить электрокалорифер.

Количество приточного воздуха на разбавление влагоизбытков:

$$L_{\text{вл}} = \frac{1000 \cdot 2,8}{1,2 \cdot (17,5 - 10,2)} = 320 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Процесс обработки воздуха в данном помещении для теплого периода изображен на рисунке Г.1 приложения Г.

Холодный период года

Количество приточного воздуха на разбавление влагоизбытков:

$$L_{\text{вл}} = \frac{1000 \cdot 2,8}{1,2 \cdot (7,7 - 0,4)} = 320 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Процесс обработки воздуха в данном помещении для теплого периода изображен на рисунке Г.2 приложения Г.

Расчёт для помещения зал собраний

Источниками влаговывделений в помещении являются люди, находящиеся в помещении.

Тёплый период года

Количество влаги, поступающее в помещение:

$$W = 0,23 \cdot 29 = 6,67 \text{ кг/ч}$$

Величина полного избыточного тепла:

$$Q_{\text{п}} = 3,6 \cdot 1941 + (2500 + 1,8 \cdot 30) \cdot 6,67 = 24023 \text{ кДж/ч}$$

Тепловлажностное отношение:

$$\varepsilon = \frac{24023}{6,67} = 3602 \text{ кДж/кг}$$

Теплонапряжённость помещения:

$$q = \frac{1941}{47,7 \cdot 3,039} = 13,4 \text{ Вт/м}^3$$

Температура удаления:

$$t_y = 30 + 1,2 \cdot (3,039 - 1,5) = 31,8^\circ\text{C}$$

Температура притока:

$$t_n = t_{\text{н}} = 29^\circ\text{C}$$

Количество выдаваемого воздуха на разбавление полных избытков теплоты:

$$L_{\text{п}} = \frac{24023}{1,2 \cdot (65 - 55,3)} = 2064 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество приточного воздуха на разбавление избытков явной теплоты:

$$L_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot 1941}{1,2 \cdot (31,8 - 29)} = 2080 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество приточного воздуха на разбавление влагоизбытков:

$$L_{\text{вл}} = \frac{1000 \cdot 6,67}{1,2 \cdot (13 - 10,3)} = 2059 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество приточного воздуха по санитарным нормам:

$$L_{\text{сн}} = 29 \cdot 20 = 580 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{мах}} = L_{\text{п}} = 2080 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Процесс обработки воздуха в данном помещении для теплого периода изображен на рисунке Г.3 приложения Г.

Холодный период года

Количество влаги, поступающее в помещение:

$$W = 0,128 \cdot 29 = 3,71 \text{ кг/ч}$$

Величина полного избыточного тепла:

$$Q_{\text{п}} = 3,6 \cdot 4302 + (2500 + 1,8 \cdot 18) \cdot 3,71 = 24882 \text{ кДж/ч}$$

Тепловлажностное отношение:

$$\varepsilon = \frac{24882}{3,71} = 6707 \text{ кДж/кг}$$

Теплонапряжённость помещения:

$$q = \frac{4302}{47,7 \cdot 3,039} = 29,7 \text{ Вт/м}^3$$

Температура удаления:

$$t_y = 18 + 1,5 \cdot (3,039 - 1,5) = 20,3^\circ\text{C}$$

Температура притока:

$$t_n = 18 - 4 = 14^\circ\text{C}$$

Количество выдаваемого воздуха на разбавление полных избытков теплоты:

$$L_n = \frac{24882}{1,2 \cdot (25,8 - 15)} = 1920 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество приточного воздуха на разбавление избытков явной теплоты:

$$L_y = \frac{3,6 \cdot 4302}{1,2 \cdot (20,3 - 14)} = 2080 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество приточного воздуха на разбавление влагоизбытков:

$$L_{\text{вл}} = \frac{1000 \cdot 3,71}{1,2 \cdot (2,1 - 0,5)} = 1932 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{max}} = L_p = 2080 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Процесс обработки воздуха в данном помещении для холодного периода изображен на рисунке Г.4 приложения Г.

Для помещения пожарной техники и поста техобслуживания с
осмотровой канавой

Кроме общеобменной вентиляции в помещении пожарной техники присутствует и местная вытяжная вентиляция (вытяжные гибкие шланги с пневмозахватом), которая предназначена для удаления выхлопных газов от пожарных машин. Объём отсасываемого воздуха, удаляемого от каждого двигателя, принят $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ по [25] исходя из мощности двигателя пожарной машины ЗИЛ 131 110 кВт [12].

Результаты расчёта расходов вентилируемого воздуха по нормируемой кратности сведены в таблицу 10. Расчёт производится с обязательным уравниванием воздухообменов по притоку и вытяжке.

Таблица 10 – Баланс по воздуху

Название помещения	t _в , °С	Объём помещения, V, м ³	Объём притока		Объём вытяжки	
			к, ч ⁻¹	L, м ³ /ч	к, ч ⁻¹	L, м ³ /ч
Первый этаж						
1. Помещение пожарной техники	15	2748	1	2748	1	4580
2. Пост техобслуживания с осмотровой канавой	15	18,32	100	1832	100	
3. Склад пенообразователя	20		-	-	-	-
4. Диспетчерская	18	43,5	-	-	1	43,5
5. Коридор	16		-	-	-	-
6. Помещение для обслуживания и хранения рукавов	16	69,3	2	138,6	3	207,9
7. Помещение нагрева горячей воды	25		-	-	-	-
8. Помещение для мойки и сушки спецодежды	16		По расчёту			
9. Тамбур	16		-	-	-	-
10. Входной тамбур	12		-	-	-	-
11. Коридор	16		-	-	-	-
12. Электрощитовая	15		-	-	-	-
13. Кладовая инструментов и запчастей	16	33,4	-	-	0,5	16,7
14. Мастерская	16	64,4	2	128,8	3	193,2
15. Комната разогрева и приёма пищи	18	37,4	-	-	5	187
16. Кладовая уборочного инвентаря	16	28,9	-	-	1,5	43,35
17. Лестничная клетка	16		-	-	-	-
18. Учебный класс	18	58	3	174	3	174
19. Вестибюль	16		-	-	-	-
20. Тамбур	16		-	-	-	-
21. Кабинет начальника дежурной смены	18	31	-	-	1	31
22. Тамбур	16		-	-	-	-

продолжение таблицы 10

23.	Коридор	16		-	-	-	-
24.	Гардеробная спецобмундирования	16	222	5	1110	5	1110
25.	Преддушевая	23	10,3	-	-	-	-
26.	Душевая	25	2 душа	-	-	75 м ³ /ч на 1 душ	150
27.	Уборная	16	2 унитаза	-	-	50 м ³ /ч на 1 унитаз	100
28.	Комната отдыха дежурной смены	22	115	2 (но не менее 30 м ³ /ч на 1 чел)	630	3	345
29.	Пост ГДЗС	16	95,1	-	-	-	-
Вывод: дисбаланс по вытяжке, следовательно, добавляется приток объёмом 2748-2181=567 м ³ /ч в помещение № 23 коридор					Σ L=218 1		Σ L=274 8
Второй этаж							
1.	Индивидуальный тепловой пункт	25		-	-	-	-
2.	Венткамера	14		-	-	-	-
3.	Венткамера	14		-	-	-	-
4.	Комната психологической разгрузки	22		-	-	-	-
5.	Кладовая	16	22,5	-	-	1	22,5
6.	Помещение для индивидуальной силовой подготовки на тренажерах	15	21 чел	80 м ³ /ч на 1 чел	1680	80 м ³ /ч на 1 чел	1680
7.	Уборная	16	2 унитаза	-	-	50 м ³ /ч на 1 унитаз	100
8.	Преддушевая	23	10,9	-	-	-	-
9.	Душевая	25	2 душа	-	-	75 м ³ /ч на 1 душ	150
10.	Помещение хранения уборочного инвентаря	16		-	-	-	-

продолжение таблицы 10

11. Кабинет начальника	18		-	-	-	-
12. Кабинет замначальника	18		-	-	-	-
13. Зал собраний	18	По расчёту				
14. Коридор	16		-	-	-	-
15. Склад вещеиущества, коиуна коменданта	16	42,2	-	-	0,5	21,1
16. Склад пожарного оборудования	16	42,8	-	-	0,5	21,4
17. Аппаратная	18	38,3	-	-	2	76,6
Вывод: дисбаланс по вытяжке, следовательно, добавляется приток объёмом 2218-1735=483 м ³ /ч в помещение № 14 коридор				Σ L=173		Σ L=221
				5		8

4.2 Выбор принципиальных решений и конструирование

В данной бакалаврской работе сконструирована система вентиляция для пожарного депо.

В здании сконструирована система вентиляции, состоящая из общеобменных: 3-х приточных механических, 5-ти вытяжных механических; 3-х местных вытяжных механических систем и 5-ти вытяжных естественных систем.

Система П1 подаёт воздух в помещение пожарной техники с помощью воздухораспределительных приколонных регулируемых устройств веерного типа НРВ-2 температурой 15°C в количестве 2748 м³/ч и на пост техобслуживания с осмотровой канавой через решётки типа КМУ в количестве 1832 м³/ч. Система П2 подаёт воздух через решётки типа КМУ с температурой 16°C в количестве 579 м³/ч в следующие помещения: обслуживания и хранения рукавов, мойки и сушки спецодежды и мастерской. Дополнительно для помещения мойки и сушки спецодежды установлен электрокалорифер СФО-16, подогревающий с температуры 16°C до 29°C. Система П3 подаёт воздух через решётки типа КМУ с температурой 15°C в количестве 7134 м³/ч для помещений: индивидуальной силовой подготовки на тренажёрах, преддушевой, зала собраний, гардеробной спецобмундирования, комната для отдыха дежурной смены и кладовой уборочного инвентаря.

Аналогично приточным системам П1, П2, П3 спроектированы вытяжные системы В1, В2, В3 соответственно для тех же помещений. Система В4 предусмотрена на посту техобслуживания с осмотровой канавой для вытяжки выхлопных газов при ремонте и осмотре автотранспорта. Система В5 спроектирована в помещении пожарной техники для удаления выхлопных газов от трёх пожарных машин. Система В6 установлена для

удаления загрязнённого воздуха от оборудования в мастерской с помощью панели равномерного всасывания. Системы В7 и В8 предназначены для удаления воздуха из уборных и душевых.

Венткамеры расположены на втором этаже. К установке приняты воздуховоды круглого сечения.

Для четырёх наружных проёмов 4,2x4,2м установлены двухсторонние боковые воздушно-тепловые завесы периодического действия завесы типа ЗВТЗ-4 суммарной производительностью по воздуху $G_3=44100$ кг/ч.

Выбор и расчёт воздухораспределительных устройств

Расчёт выполняется в соответствии с методикой [13].

Были подобраны ВР приколонные регулируемые веерного типа НРВ-2 для рассредоточенной подачи воздуха в рабочую зону горизонтальными неполными веерными струями в количестве 3 штук с площадью живого сечения $F_0=0,056 \times 2 \text{ м}^2$ и с коэффициентами $m=2$ и $n=1,6$;

Расход воздуха одним устройством:

$$L_0 = \frac{2748}{3} = 916 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Скорость воздуха на входе:

$$V_0 = \frac{916}{3600 \cdot 0,112} = 2,27 \text{ м/с}$$

Геометрическая характеристика струи:

$$H = 5,45 \cdot \frac{2 \cdot 2,27 \cdot \sqrt[4]{0,112}}{\sqrt{1,6}} = 11,3$$

Дальнобойность распространения:

$$x = \sqrt[3]{1 \cdot 3 \cdot 11,3^2} = 7,26 \text{ м}$$

$$\bar{x} = \frac{7,26}{2 \cdot \sqrt{393}} = 0,183$$

$$F = \frac{0,112}{393} = 0,0003$$

Так как температура притока равна температуре внутреннего воздуха, струя считается изотермичной и коэффициент неизотермичности $k_n = 1$

По [13] коэффициент $k_c = 1$

$$\frac{7,26}{3} = 2,42 \leq 1,8 \cdot 2 = 3,6, \text{ следовательно, } k_b = 1$$

Максимальная скорость воздуха на основном участке:

$$V_x = \frac{2 \cdot 2,27 \cdot \sqrt{0,112}}{7,26} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,209 \text{ м/с}$$

По требованиям [10] максимальная скорость воздуха на основном участке струи не должна быть больше нормируемой:

$$0,209 \leq 1,8 \cdot 0,3$$

$$0,209 \leq 0,54$$

Максимальная разность температур:

$$\Delta t_x = \frac{1,6 \cdot \sqrt{0,112}}{7,26} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1} = 0,074 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$0,074 \text{ }^\circ\text{C} \leq 5 \text{ }^\circ\text{C}, \text{ следовательно, условие выполняется}$$

4.3 Аэродинамический расчёт

Пример расчёта для участка 1:

Расход воздуха 916 м³/ч; длина участка 4,3 м.

Для данного участка был выбран диаметр 250 мм с площадью поперечного сечения воздуховода 0,049 м².

Действительная скорость воздуха:

$$V = \frac{916}{3600 \cdot 0,049} = 5,19 \text{ м/с}$$

По таблицам [13] $R = 1,38 \text{ Па/м}^2$, $P_{\text{дин}} = 28,9 \text{ Па}$, $\Sigma \xi = 0,4$

Потери давления на трение по всему участку: $Rl=1,38 \cdot 4,3=5,93\text{Па}$

Потери давления на местные сопротивления:

$$Z = 0,4 \cdot 28,9 = 11,56\text{Па}$$

Далее вычисляются полные потери: $5,93+11,56=17,49\text{ Па}$

Пример аэродинамического расчёта естественной вытяжной вентиляции ВЕ2:

Расчётное гравитационное давление:

$$\Delta P_{\text{расп}} = 9,81 \cdot 2,2 \cdot (1,23 - 1,21) = 0,432\text{Па}$$

Запас на основном расчётном направлении:

$$\frac{0,432 - 0,41}{0,432} \cdot 100\% = 5,09\%$$

$$5\% < 5,09\% < 10\%$$

Аэродинамические расчёты всех систем сведены в приложение Д.

4.4 Расчёт и подбор оборудования

Расчёт калориферной установки для П1

Общие наибольшие затраты тепла на вентиляцию:

$$Q_{\text{в}} = 0,278 \cdot 4580 \cdot 1,226 \cdot 1,005 \cdot (15 + 22) = 61467\text{Вт}$$

Площадь фронтального сечения калорифера:

$$f_1 = \frac{4580 \cdot 1,226}{3600 \cdot 8} = 0,21\text{м}^2$$

Принимается калорифер типа КСк4-6-02АХЛЗ

Площадь живого сечения $f_{\text{ж.с.}}=0,267\text{ м}^2$ и поверхности теплообмена $F_{\text{д}}=17,82\text{ м}^2$

Пересчёт массовой скорости движения воздуха во фронтальном сечении калорифера:

$$v_p = \frac{4580 \cdot 1,226}{3600 \cdot 0,267 \cdot 1} = 6,2 \text{ м/с}$$

Количество воды, перемещающейся по калориферу:

$$W = \frac{0,86 \cdot 61467}{1000 \cdot (95 - 70) \cdot 1} = 2,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Скорость воды, протекающей по трубкам калорифера:

$$W = \frac{2,11}{3600 \cdot 0,001112} = 0,43 \text{ м/с}$$

$$0,12 \text{ м/с} < 0,43 \text{ м/с} < 0,5 \text{ м/с}$$

Коэффициент теплопередачи калорифера $k = 45,09 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

Необходимая площадь поверхности теплообмена калорифера:

$$F_{\text{треб.}} = \frac{61467}{45,09 \cdot \left(\frac{95 + 70}{2} - \frac{15 - 22}{2} \right)} = 15,85 \text{ м}^2$$

Запас площади поверхности теплообмена:

$$\frac{17,82 - 15,85}{17,82} \cdot 100\% = 11\%$$

$$10\% \leq 11\% \leq 20\%$$

Аэродинамическое сопротивление калорифера $P_{\text{кал}} = 213,89 \text{ Па}$

Гидравлическое сопротивление калорифера: $\Delta p_w = 2080 \text{ Па}$

Расчёт калориферной установки для П2

Общие наибольшие затраты тепла на вентиляцию:

$$Q_b = 0,278 \cdot 579 \cdot 1,22 \cdot 1,005 \cdot (16 + 22) = 7032 \text{ Вт}$$

Площадь фронтального сечения калорифера:

$$f_1 = \frac{579 \cdot 1,22}{3600 \cdot 8} = 0,02 \text{ м}^2$$

Принимается водяной калорифер типа FlowAir LEO FB 10V (10,1 кВт)

Аэродинамическое сопротивление калорифера: $P_{\text{кал}}=200$ Па

Гидравлическое сопротивление калорифера: $\Delta p_w=180$ Па

Подбор электрокалорифера для помещения мойки и сушки
спецодежды:

По объёму приточного воздуха $320 \text{ м}^3/\text{ч}$ и температурам $+16^\circ\text{C}$ и $+29^\circ\text{C}$
по [18] был подобран электрокалорифер СФО-16.

Аэродинамическое сопротивление калорифера: $P_{\text{кал}}=150$ Па

Расчёт калориферной установки для ПЗ

Общие наибольшие затраты тепла на вентиляцию:

$$Q_{\text{в}} = 0,278 \cdot 7134 \cdot 1,226 \cdot 1,005 \cdot (15 + 22) = 90414 \text{ Вт}$$

Площадь фронтального сечения калорифера:

$$f_1 = \frac{7134 \cdot 1,226}{3600 \cdot 8} = 0,304 \text{ м}^2$$

Принимается калорифер типа КСк4-7-02АХЛЗ

Площадь живого сечения $f_{\text{ж.с.}}=0,329 \text{ м}^2$ и поверхность теплообмена
 $F_{\text{д}}=21,47 \text{ м}^2$

Фактическая массовая скорость воздуха в живом сечении калорифера:

$$\vartheta_{\rho} = \frac{7134 \cdot 1,226}{3600 \cdot 0,329 \cdot 1} = 7,38 \text{ м/с}$$

Часть воды, проходящей через калорифер:

$$W = \frac{0,86 \cdot 90414}{1000 \cdot (95 - 70) \cdot 1} = 3,11 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Скорость воды в трубках калорифера:

$$W = \frac{3,11}{3600 \cdot 0,0022} = 0,39 \text{ м/с}$$

$$0,12 \text{ м/с} < 0,39 \text{ м/с} < 0,5 \text{ м/с}$$

Коэффициент теплопередачи калорифера $k = 57,88 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

Необходимая площадь поверхности теплообмена калорифера:

$$F_{\text{треб.}} = \frac{90414}{57,88 \cdot \left(\frac{95 + 70}{2} - \frac{15 - 22}{2} \right)} = 18,16 \text{ м}^2$$

Запас площади поверхности теплообмена:

$$\frac{21,47 - 18,16}{21,47} \cdot 100\% = 15,4\%$$

$$10\% \leq 15,4\% \leq 20\%$$

Аэродинамическое сопротивление калорифера $P_{\text{кал}}=244,45$ Па

Гидравлическое сопротивление калорифера: $\Delta p_w=2220$ Па

Рекомендуемая скорость воздуха во фронтальном сечении воздухозаборных решёток и утеплённых клапанов 4 м/с.

Расчёт и подбор наружной воздухозаборной решётки

Площадь фронтального сечения наружных воздухозаборных решёток:

$$F_{\text{треб}} = \frac{4580 + 579 + 7134}{3600 \cdot 4} = 0,853 \text{ м}^2$$

По требуемой площади по каталогу [3] подобрана наружная воздухозаборная наружная решетка АРН 1000х1000 мм.

Таблица 11 - Размеры воздухозаборной решётки АРН 1000х1000 мм

Размер АхВ, мм	$F_o, \text{ м}^2$	$F_{\text{ж.с.}}, \text{ м}^2$
1	2	3
АРН 1000х1000	0,98	0,48

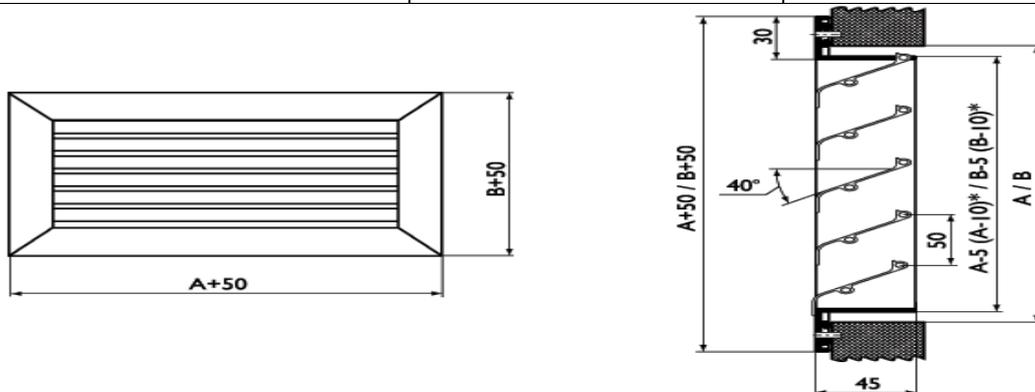


Рисунок 1 – Размеры воздухозаборной решётки АРН

Число наружных воздухозаборных решёток:

$$n = \frac{0,853}{0,48} = 2 \text{ шт}$$

Фактическая подвижность воздуха во фронтальном сечении наружной воздухозаборной решётки:

$$g = \frac{4580 + 579 + 7134}{3600 \cdot 0,48 \cdot 2} = 3,56 \text{ м/с}$$

Потери давления в решётке:

$$\Delta p_{\text{реш}} = \frac{0,98 \cdot 3,56^2}{2} \cdot 2 = 12,4 \text{ Па}$$

Расчёт и подбор утеплённых клапанов

Площадь живого сечения утеплённого клапана:

$$\text{Для П1: } F_{\text{треб}} = \frac{4580}{3600 \cdot 4} = 0,318 \text{ м}^2$$

$$\text{Для П2: } F_{\text{треб}} = \frac{579}{3600 \cdot 4} = 0,04 \text{ м}^2$$

$$\text{Для П3: } F_{\text{треб}} = \frac{7134}{3600 \cdot 4} = 0,495$$

По требуемой площади по каталогу [26] были подобраны утеплённые клапаны для П1 КВУ 600x800 мм, для П2 КВУ 400x500 мм, для П3 КВУ 1000x1000 мм.

Таблица 12 - Размеры и характеристики утеплённых клапанов КВУ

Типоразмер клапана (АxВ)	Размеры, мм				n	Площадь живого сечения, м ²	Число лопаток	Кол-во ТЭН	Мощность ТЭНа, кВт		Масса, кг (б/п)
	А	А ₁	В	В ₁					шт.	общ.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КВУ 600x800	612	652	800	850	24	0,38	3	4	0,4	1,6	37,6
КВУ 400x500	418	458	500	550	16	0,17	2	3	0,25	0,75	27,4
КВУ 1000x1000	1000	1040	1000	1050	34	0,82	5	6	0,4	2,4	65,3

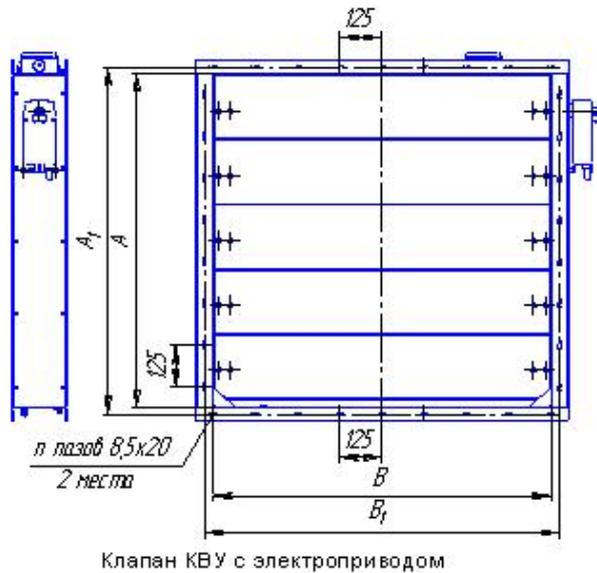


Рисунок 2 – Размеры утеплённого клапана КВУ

Действительная скорость воздуха в живом сечении клапанов:

$$\text{Для П1: } v = \frac{4580}{3600 \cdot 0,38} = 3,35 \text{ м/с}$$

$$\text{Для П2: } v = \frac{579}{3600 \cdot 0,17} = 0,946 \text{ м/с}$$

$$\text{Для П3: } v = \frac{7134}{3600 \cdot 0,82} = 2,42 \text{ м/с}$$

Потери давления в утеплённом клапане $\Delta P_{\text{клап}} = 20 \text{ Па}$

Подбор приточных вентиляторов

Достаточное давление, развиваемое вентилятором:

$$\text{Для П1: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot (12,4 + 20 + 200 + 213,89 + 214) = 726 \text{ Па}$$

$$\text{Производительность вентилятора: } L = 1,2 \cdot 4580 = 5496 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для П2: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot (12,4 + 20 + 200 + 200 + 150 + 162) = 819 \text{ Па}$$

$$L = 1,2 \cdot 579 = 695 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для П3: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot (12,4 + 20 + 200 + 244,45 + 318,9) = 875 \text{ Па}$$

$$L = 1,2 \cdot 7134 = 8561 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По производительности и полному давлению по каталогу [27] были подобраны центробежные вентиляторы марки ВРАН9 для П1 №3,15, для П2 №2,5, для П3 №4.

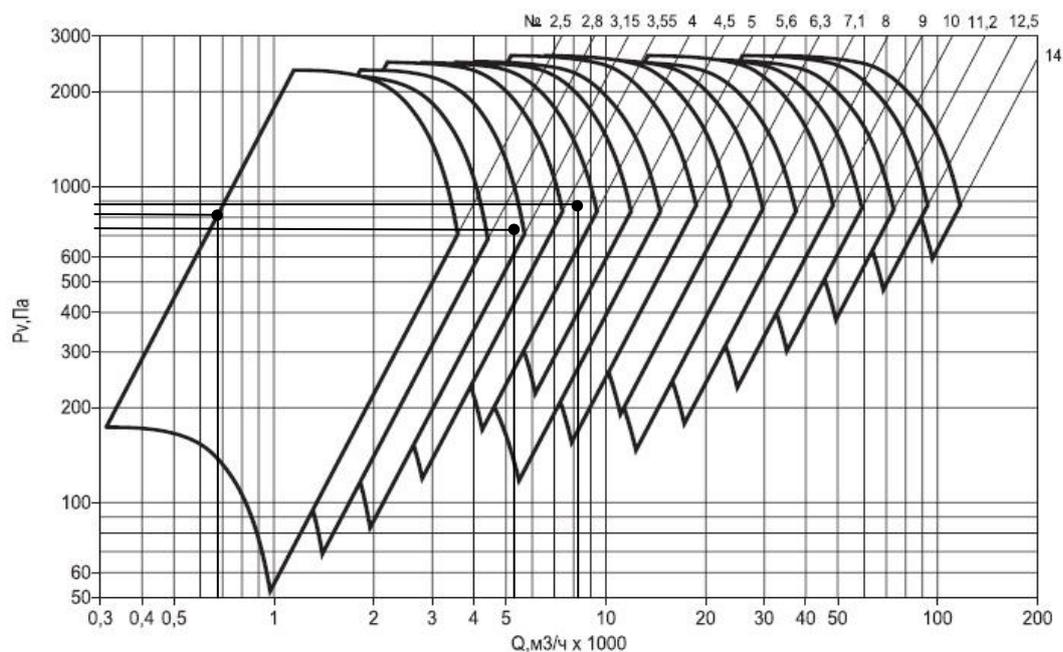


Рисунок 3 – Аэродинамические характеристики вентиляторов ВРАН9

Таблица 13 - Технические характеристики вентиляторов ВРАН9

№ системы	двигатель			Масса вентилятора (с двигателем), кг
	тип	Мощность, кВт	Частота вращения $n_{дв}$, об/мин	
1	2	3	4	5
П1	A90L2F	5	840	266
П2	A112MB8	3	700	262
П3	A132M6	7,5	960	270

Подбор вытяжных вентиляторов

Достаточное давление, развиваемое вентилятором:

$$\text{Для В1: } \Delta P_v = 1,1 \cdot 362 = 398 \text{ Па}$$

$$\text{Производительность вентилятора: } L = 1,2 \cdot 4580 = 5496 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для В2: } \Delta P_v = 1,1 \cdot 222 = 244 \text{ Па}$$

$$L = 1,2 \cdot 712 = 854 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для В3: } \Delta P_v = 1,1 \cdot 351 = 386 \text{ Па}$$

$$L=1,2 \cdot 5931=7117 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для В4: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot 23,8 = 26,2 \text{ Па}$$

$$L=1,2 \cdot 500=600 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для В5: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot 70,2 = 77,2 \text{ Па}$$

$$L=1,2 \cdot 1500=1800 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для В6: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot 42,1 = 46,3 \text{ Па}$$

$$L=1,2 \cdot 193=232 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для В7: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot 114 = 125 \text{ Па}$$

$$L=1,2 \cdot 200=240 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Для В8: } \Delta P_{\text{в}} = 1,1 \cdot 240 = 264 \text{ Па}$$

$$L=1,2 \cdot 300=360 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По производительности и полному давлению по каталогу [27] и программе [28] были подобраны центробежные вентиляторы марки ВРАН9 для В1 №4, для В2 и В8 №2,5, для В3 №5, для В4 марки Ruck Ventilatoren GE 180 4A 01, для В5, В6 и В7 EMG 200 EC 01.

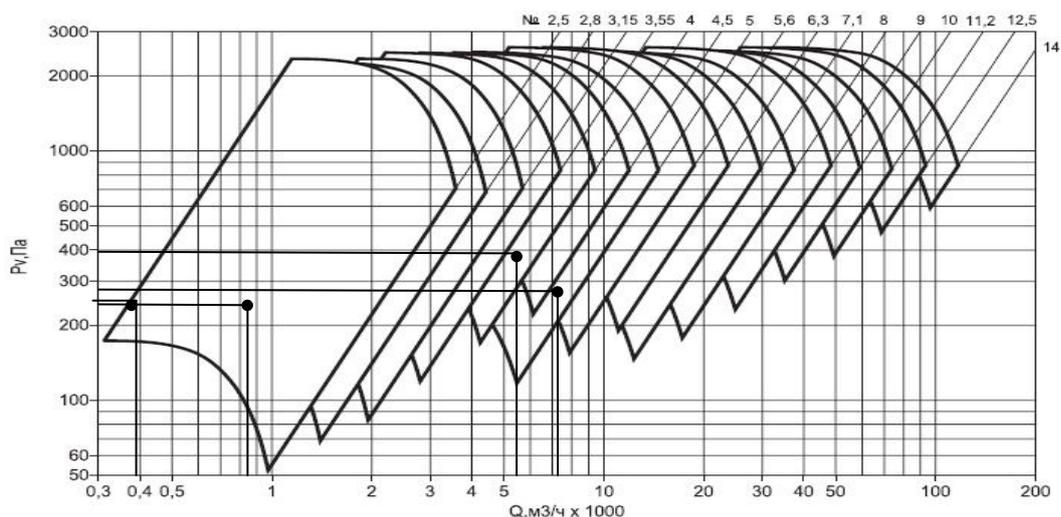


Рисунок 4 – Аэродинамические параметры вентиляторов ВРАН9

4.5 Расчёт воздушно-тепловых завес

Расчёт произведён согласно методике [30].

$$\Delta p_{\tau} = 9,8 \cdot 0,5 \cdot 4,2 \cdot (1,406 - 1,226) = 3,7 \text{ Па}$$

$$\Delta p_a = 0,8 \cdot 5,1^2 \cdot 1,406 / 2 = 14,6 \text{ Па}$$

Разность давлений:

$$\Delta p = 3,7 + 0,2 \cdot 14,6 = 6,62 \text{ Па}$$

Общий расход воздуха, подаваемого завесой:

$$G_3 = 5100 \cdot 0,6 \cdot 0,25 \cdot 4,2 \cdot 4,2 \cdot \sqrt{6,62 \cdot 1,256} = 38912 \text{ кг/ч}$$

К установке принята завеса ЗВТЗ-4 суммарной производительностью по воздуху $G_3=44100$ кг/ч, $\bar{F} = 14$, полной тепловой мощностью 383400 Вт, а фактическое значение отношение расхода воздуха, подаваемого завесой:

$$\bar{q} = \frac{44100}{5100 \cdot 0,25 \cdot 4,2 \cdot 4,2 \cdot \sqrt{6,62 \cdot 1,256}} = 0,68$$

Требуемая температура воздуха, подаваемая завесой:

$$t_3 = -22 + \frac{8 + 22}{0,68 \cdot (1 - 0,02)} = 23^\circ\text{C}$$

Суммарная тепловая мощность калориферных установок:

$$Q_3 = 44100 \cdot 0,28 \cdot (23 - 8) = 185220 \text{ Вт, что больше требуемой.}$$

Скорость воздуха на выходе из завесы:

$$v_3 = \frac{44100}{2 \cdot 3600 \cdot 0,15 \cdot 4,2 \cdot 1,193} = 8,15 \text{ м/с}$$

Сопротивление раздаточного короба завесы:

$$\Delta P_3 = 2 \cdot \frac{8,15^2}{2} \cdot 1,193 = 79,2 \text{ Па}$$

5 КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Автоматизация спроектирована для приточной вентиляционной системы П1 и состоит из: щита управления, контроллера ECL Comfort 310 [20], датчиков температуры (обратной воды ESM-11, наружного ESM-10 и приточного воздуха ESMU-100), датчика падения давления воздушного фильтра LF32 [22], термостата защиты от замерзания водяного калорифера NTF [21], электропривода Velimo H525B на 220 В с возвратной пружиной [19].

Щит управления осуществляет регулирование температуры приточного воздуха, защиту от замерзания калорифера, оповещение о загрязнении воздушного фильтра. В щите управления имеется переключатель на два режима «ЛЕТО» и «ЗИМА».

В режиме «ЗИМА» контроллер, установленный в щите управления, управляет работой электропривода трехходового клапана. Температура приточного воздуха поддерживается путем изменения количества теплоносителя, протекающего через водяной калорифер. При достижении температуры обратной воды 30°C и ниже и/или срабатывании термостата защиты от замерзания калорифера отключается вентилятор, закрывается утепленный клапан, открывается полностью трехходовой клапан и загорается красная лампочка «угроза замораживания калорифера». При увеличении засора в воздушном фильтре происходит отклонение от заданного давления, вследствие чего действует датчик падения давления воздушного фильтра и загорается красная лампочка «засор фильтра». Схема автоматизации приточной системы П1 представлена на рисунке 5.1.

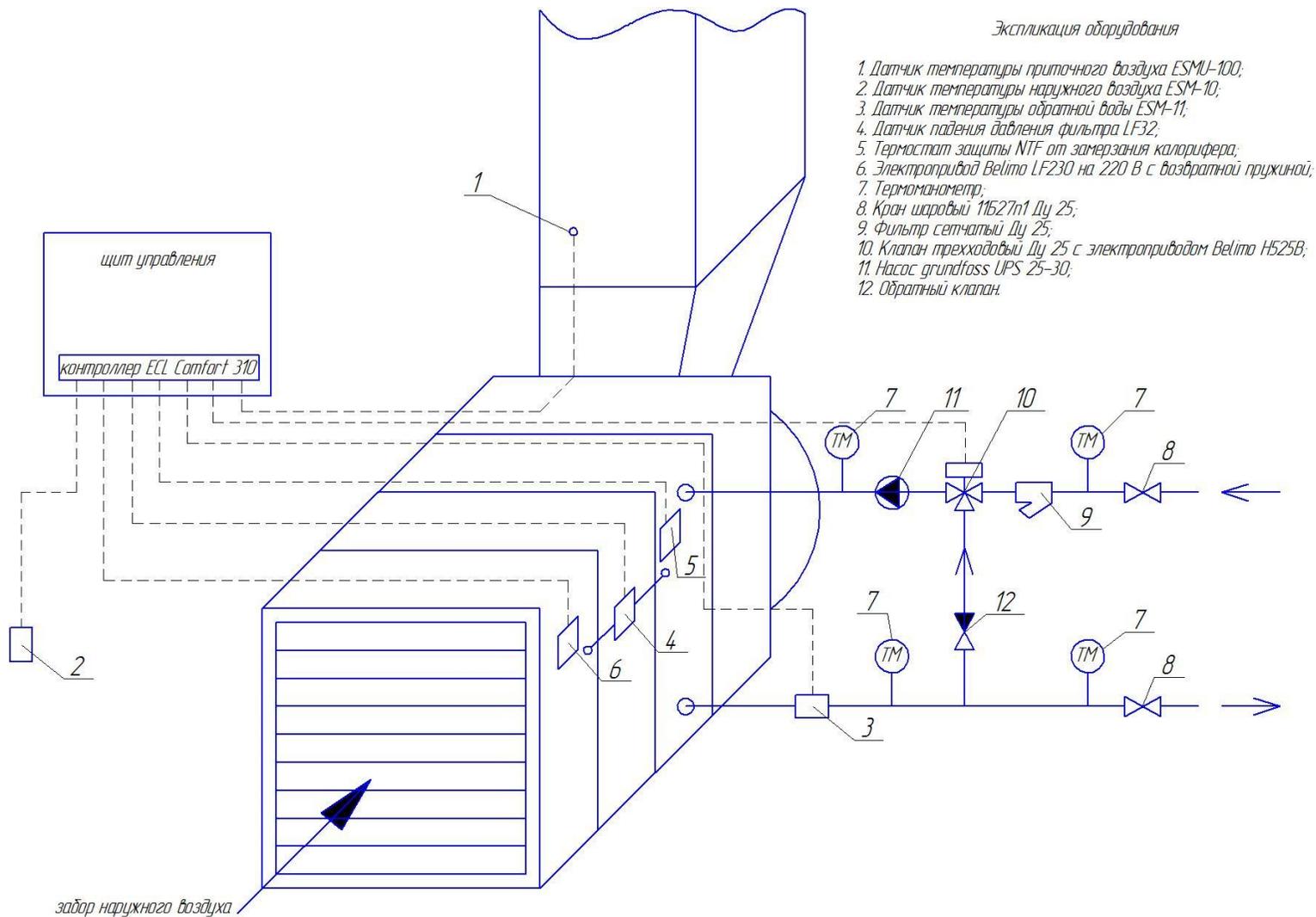


Рисунок 5 – Схема автоматизации приточной системы П1

6 ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

6.1 Определение объёмов работ

Вычисление объёмов работ выполняется в соответствии с рабочими чертежами и ЕНиР [14] и [15]. Результаты расчета сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Объёмы работ

№ п/п	Название работ	Единица измерения	Сумма
1	2	3	4
1	Прокладка стальных трубопроводов диаметром:	100 м	15
			20
			25
			40
5			0,4
0,5			0,5
0,5			0,5
2	Монтирование кронштейнов для регистров отопления	100 м	1,1
3	Монтирование регистров отопления	1 прибор	12
4	Монтирование кронштейнов для приборов отопления	1 шт	12
5	Монтирование радиаторов отопления	1 прибор	43
6	Монтирование шаровых кранов	1 шт	40
7	Монтирование кранов двойной регулировки	1 шт	43
8	Монтирование манометров	1 шт	2
9	Монтирование регулятора расхода и давления	1 шт	2
10	Монтаж крана Маевского	1 шт	55
11	Монтаж сгонов	1 шт	55
12	Монтаж контргайки	1 шт	55
13	Монтаж заглушек	1 шт	55
14	Монтаж распределительного коллектора	1 шт	1
15	Гидравлическое опробование трубопроводов систем отопления	100 м	6,4
16	Монтаж тепловой изоляции трубы диаметром:	1 м	15
			20
			25
26			9
9			6
17	Тепловое опробование трубопроводов систем отопления	100 м	6,4

6.2 Определение трудоёмкости работ

Требуемые расходы труда на монтаж определяются в соответствии с ЕНиР [14,15,16,17].

Расчёт определения трудоёмкости работ приведён в таблице 15.

Таблица 15 – Определение трудоёмкости работ

№ п/п	Название работ	Единица измерения	ЕНиР	Норма времени		Трудоёмкость			Итого		Квалифицированный состав звена, рекомендуемый ЕНиР
				ч-час	м-час.	объем работ	ч-дни.	м-смены	ч-дни.	м-смены	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Прокладка стальных трубопроводов отопления диаметром:	100 м	Е 9-1	0,5	-						5 разряд
	15 мм					5	0,313	-	0,313		
	20 мм					0,4	0,25		0,25		
	25 мм					0,5	0,031		0,031		
	40 мм		0,5	0,31		0,31					
2	Монтирование кронштейнов для регистра отопления	100 м	Е 9-1	0,027	-	1,1	0,004	-	0,004	-	5 разряд
3	Монтаж регистров	1 прибор	Е 9-1-11	0,59	-	12	0,885	-	0,885	-	4,3,2 разряд
4	Монтаж кронштейнов для приборов отопления	1 шт	Е 9-1-12	0,33	-	12	0,495	-	0,495	-	5 разряд
5	Монтаж радиаторов	1 прибор	Е 9-1	0,5	-	43	2,69	-	2,69	-	4 разряд
6	Монтаж шаровых кранов	1 шт	Е 9	0,2	-	40	1	-	1	-	4 разряд

продолжение таблицы 15

7	Монтирование кранов двойной регулировки	1 шт	Е 9	0,2	-	43	1,08	-	1,08	-	4 разряд
8	Монтирование манометров	1 шт	Е 9	0,18	-	2	0,045	-	0,045	-	4 разряд
9	Монтаж крана Маевского	1 шт	Е 9-1-18	0,11	-	55	0,756	-	0,756	-	4 разряд
10	Монтаж сгонов	1 шт	Е 9	0,2		55	1,38		1,38		
11	Монтаж контргайки	1 шт	Е 9	0,3	-	55	2,06	-	2,06	-	4,3,2 разряд
12	Монтаж заглушек	1 шт	Е 9	0,25	-	55	1,72	-	1,72	-	5 разряд
13	Монтаж распределительного коллектора	1 шт	Е 9	0,5	-	1	0,063	-	0,063	-	4,3,2 разряд
14	Гидравлическое опробование трубопроводов систем отопления	100 м	Е 9	0,12	-	6,4	0,096	-	0,096	-	4 разряд

6.3 Технология монтажа и пусконаладочных работ

Нанесение меток мест монтирования конструкций для приборов и средств автоматики требуется производить в соответствии с рабочей документацией. При монтировании систем скрытые проводки должны сохраниться в первоначальном виде, должна быть устранена возможность механического повреждения смонтированных приборов и средств автоматизации. Опорные конструкции между собой должны быть параллельны или перпендикулярны (в зависимости от вида строительных конструкций) строительным конструкциям. Крепления для приборов, устанавливаемых на стене, должны быть перпендикулярны стенам. Все конструкции должны быть покрашены согласно инструкции, приведенной в рабочей документации. Проходы трубопроводов через стены и перекрытия должны выполняться в соответствии с рабочей документацией.

Пусконаладочные работы включают в себя индивидуальные испытания и комплексное опробование оборудования. Дефекты оборудования, выявленные в процессе индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования, а также пусконаладочных работ, должны быть устранены заказчиком до приемки объекта в эксплуатацию.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

7.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Технический объект - пожарное депо в г. Волгоград.

Таблица 16 – Технологический паспорт объекта

№ п/ п	Технологи ческая процедура	Технологическая работа	Наименова ние должности рабочего	Оснастка, приборы, аппаратура, принадлежности	Материалы, вещества
1	2	3	4	5	6
1	Монтирова ние системы отопления	Соединение труб, монтаж креплений и нагревательных приборов, проведение трубопроводов	Монтажни к санитарно- технически х систем и оборудован ия	Угловая шлифовальная машина, перфоратор, уровень, рулетка, трубогибы	Трубопроводы стальные, кронштейны, крепления для труб, диски отрезные по металлу

7.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 17 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/ п	Технологи ческая операция	Опасный вредный производственный фактор	Источник производственного фактора
1	2	3	4
1	Монтирова ние системы отопления	Высокий уровень шума Чрезмерная запылённость и загазованность	При резке трубопроводов

	Недостаточность света в рабочей зоне	Во время сборки трубопроводов в помещениях без окон
	Физиологические перегруженность	Монтаж в неудобных местах, продолжительная работа в неизменном положении
	Эмоциональные перегрузки	Монотонность труда

7.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 18 - Организационно-технические методы и технические средства защиты

№ п/п	Опасный вредный производственный фактор	Организационно-технические мероприятия и технические средства защиты	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Высокий уровень шума	Использование средств искусственного освещения, лечебно-профилактические мероприятия, мероприятия по улучшению санитарных условий работы (установка местных отсосов и подача чистого воздуха в зону дыхания, использование средств искусственного освещения	Респираторы, очки защитные, костюм, спецобувь, рукавицы или перчатки, защитные каски, противошумные шлемы и каски
	Чрезмерная запылённость и загазованность		
	Недостаточность света в рабочей зоне		
	Физиологические перегруженность		
	Эмоциональные перегрузки		

7.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 19 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок	Оборудование	Категория пожара	Опасные факторы пожара	Проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Участок монтажных работ	Угловая шлифовальная машина	Е	Жар, огонь, тепловой поток	Замыкание высокого напряжения

Таблица 20 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первоначальные инструменты для тушения пожара	Передвижные инструменты для тушения пожара	Средства индивидуальной защиты при возникновении пожара	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	7	8
Огнетушители, ведро с песком, асбестовая ткань	Пожарный рукав, гидрант	Респираторы, маски	Устройство для вскрытия дверей	Пожарная сигнализация, телефон

Таблица 21 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Наименование реализуемых организационных мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности
1	2	3
Монтирование системы отопления	Проверка исправности оборудования перед его использованием, проведение инструктажа по пожарной безопасности	Выполнение противопожарных требований при монтаже и эксплуатации оборудования в соответствии с [11]

Таблица 22 – Идентификация негативного воздействия на атмосферу

Наименование технического объекта	Наименование технологического процесса	Негативное экологическое влияние на атмосферу
1	2	3
Пожарное депо	Монтирование системы отопления	Строительный мусор

Таблица 23 – Мероприятия по снижению влияния на атмосферу

Наименование технического объекта	Пожарное депо
Мероприятия по снижению негативного антропогенного влияния на атмосферу	Складирование мусора в предназначенных для этого местах с последующим его вывозом

Вывод по разделу: Технический объект характеризуется прилагаемым технологическим паспортом, изложенным в пункте 7.1. Результаты выполненной идентификации профессиональных рисков приведены в пункте 7.2. Методы и средства снижения профессиональных рисков указаны в пункте 7.3. Средства индивидуальной защиты подобраны в соответствии с [9]. Обеспечение пожарной безопасности объекта изложено в пункте 7.4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе спроектированы системы отопления и вентиляции для пожарного депо в городе Волгоград.

Для достижения этой цели решены задачи:

- осуществлён теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций, посчитаны теплопотери и теплопоступления здания;
- сконструирована и рассчитана система отопления;
- сконструирована и рассчитана система вентиляции, подобрано и рассчитано оборудование приточной камеры, а также воздушно-тепловые завесы;
- автоматизирована система приточной вентиляции;
- определены объёмы и трудоёмкость работ;
- проанализирована безопасность и экологичность технического объекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 131.13330.2012. - Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.- 01. – 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>;
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1989;
3. arktika.ru: Производство вентиляционного оборудования компании Арктика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arktika.ru/html/arn.htm>, свободный. – Загл. с экрана;
4. СП 50.13330.2012. - Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.- 01. – 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525>;
5. НПБ 101-95. Нормы проектирования объектов пожарной охраны.
6. М.: Госстрой России, ГУГПС, 1995;
7. СП 44.13330.2011. - Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.- 01. – 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084087>;
8. Справочник проектировщика, часть 3, книга 1. Вентиляция и кондиционирование воздуха / - М. : Стройиздат, 1992;
9. СП 20.13330.2011. - Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.- 01. – 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200280>;
10. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ N 477. Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других

средств индивидуальной защиты работникам, занятым на строительных, строительномонтажных и ремонтностроительных работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2007;

11. СНиП 41-03-2003. Отопление, вентиляция, кондиционирование / Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2004;

12. Федеральный закон N 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2008;

13. protivpzhara.ru: Энциклопедия безопасности [Электронный ресурс]. – Режим – доступа: <http://protivpzhara.ru/oborudovanie/transport/pozharnyj-avtomobil-zil>, свободный. – Загл. с экрана;

14. Справочник проектировщика, часть 3, книга 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / - М. : Стройиздат, 1992;

15. ЕНиР Сборник Е 20. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтностроительные работы. Выпуск 1/ Госстрой СССР.-М.: Прейскурантиздат, 1987.-32 с;

16. ЕНиР Сборник Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. Выпуск 1. Санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений/ Госстрой СССР.-М.: Прейскурантиздат, 1987.-32 с;

17. ЕНиР. Сборник 10. Сооружение систем вентиляции, кондиционирования воздуха, пневмотранспорта и аспирации/ Госстрой СССР.-М.: Прейскурантиздат, 1987.-32 с;

18. ЕНиР Сборник Е34. Монтаж компрессоров, насосов и вентиляторов/ Госстрой СССР. – М.:Стройиздат, 1987. – 63 с;

19. zao-tst.ru: Предприятие-изготовитель отопительного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zao-tst.ru/raschet-online-elektricheskikh-kaloriferov.html>, свободный. – Загл. с экрана;
20. <http://promavtomatika.teplocom-sale.ru>: Каталог продукции Теплоавтоматика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://promavtomatika.teplocom-sale.ru/dealer/catalog/belimo/Water/>, свободный. – Загл. с экрана;
21. danfoss-rus.ru: Каталог продукции Danfoss [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.danfoss-rus.ru/catalog/>, свободный. – Загл. с экрана;
22. <http://www.st-vent.ru>: Сайт компании ООО «Системы вентиляции» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.st-vent.ru/index.php/avtomatika/ntf>, свободный. – Загл. с экрана;
23. <http://www.roskip.ru/home>: Автоматика Техком [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.roskip.ru/Rele-kontrolya-i-upravleniya/Rele-differencialnogo-davleniya-serii-LF32>, свободный. – Загл. с экрана;
24. ivan-nik.narod.ru: Строительная фирма Иван-Ник [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://ivan-nik.narod.ru/Articles/Reonstr/14.htm> - статья в интернете;
25. 60.mchs.gov.ru: Главное управление МЧС России [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://60.mchs.gov.ru/document/1300843>, свободный. – Загл. с экрана;
26. Отопление и вентиляция промышленных зданий [Электронный ресурс]. – Введ. 2001.- 01. – 01. – Режим доступа: <https://www.c-ok.ru/images/library/cok/353/35384.pdf>, свободный. – Загл. с экрана;
27. tauga.ru: Новосибирский энергомашиностроительный завод Тайра [Электронный ресурс].- Режим доступа:

<http://www.tayra.ru/production/6678304/6678305/6678308/6678309/>, свободный.
– Загл. с экрана;

28. ventkomplex.ru: Производство вентиляционного оборудования компании «Венткомплекс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ventkomplex.ru/shop/?id=147>, свободный. – Загл. с экрана;

29. [ruck.eu](http://www.ruck.eu): Производство систем кондиционирования и вентиляции [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.ruck.eu/index.php?id=26&L=3>, свободный. – Загл. с экрана;

30. СНиП 3.05.05-84. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы [Электронный ресурс]. – Введ. 2011.- 01. – 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200025>;

31. Прохоренко А. П. Расчёт двухсторонних воздушных завес у наружных ворот и технологических проёмов производственных зданий. Учеб. пособие, Тольятти: ТГУ. 2003. С.20;

32. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: учеб. Пособие/ В.П. Титов и др.- М.: Стройиздат, 1985.- 208 с;

33. Справочник проектировщика, часть 1. Отопление / - М. : Стройиздат, 1990;

34. gidro.tech-group.pro: Противопожарная техника и оборудование [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://gidro.tech-group.pro/boevaya_pozharnyh, свободный. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Расчёт теплотерь помещений

№ помещения	ограждающие конструкции					Δt_n	Q, Вт	добавки			Q · (1 + $\sum \beta$), Вт	Q _{от} , Вт
	наименование	ориентация	размер	площадь	Коэффициент теплопроводности			на ориентацию	прочее	$\sum \beta$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Первый этаж												
1+2	НС1	С	24,96·7,57-6·1,2·1,8-4·4,2·4,2	105,3	0,49	37	1909	0,1	0,05	0,15	2195	20388
	НС2	В	3,8·7,57	28,8	0,49		522	0,1	0,05	0,15	600	
	НС3	Ю	5,8·7,57	43,9	0,49		796	-	-	-	796	
	8ОК	С	8·1,2·1,8	17,3	2,86		1831	0,1	0,05	0,15	2106	
	ПТ	-	-	392,6	0,407		5912	-	-	-	5912	
	ПЛ											
3	НС1	С	6,32·7,57-1,2·1,8-4,2·4,2	23	0,49	42	473	0,1	0,05	0,15	544	9014
	НС2	З	16,88·7,57	127,8	0,49		2630	0,05	0,05	0,1	2893	
	НС3	Ю	6,32·7,57	42,8	0,49		881	-	0,05	0,05	925	
	ОК	С	1,2·1,8	2,2	2,86		264	0,1	0,05	0,15	304	
	В	С	4,2·4,2	17,6	1,72		1449	0,1	0,05	0,15	1666	
	ПТ	-	-	98,6	0,407		1685	-	-	-	1685	
	ПЛ											
4	НС	С	4,08·3,72-1,2·1,8	13	0,49	40	255	0,1	-	0,1	281	695
	ОК	С	1,2·1,8	2,2	2,86		252	0,1	-	0,1	277	
	ПЛ										137	
5	ПЛ										29	29
6	НС	З	4,18·3,72-1,2·1,8	13,3	0,49	38	248	0,05	0,05	0,1	273	796

продолжение таблицы А.1

	ОК	3	1,2·1,8	2,2	2,86		239	0,05	0,05	0,1	263	
	ПЛ										260	
7	НС1	3	2,72·3,72	10,1	0,49	47	233	0,05	0,05	0,1	256	950
	НС2	Ю	4,32·3,72-1,2·2,1	13,6	0,49		313	-	0,05	0,05	329	
	НД	Ю	1,2·2,1	2,5	1,54		230	-	0,05	0,05	242	
	ПЛ									123		
8	ПЛ									32	32	
9	ПЛ									29	29	
10	НС	Ю	2,24·3,72-1,2·2,1	5,8	0,49	34	97	-	-	-	97	294
	НД	Ю	1,2·2,1	2,5	2,13		167	-	-	-	167	
	ПЛ									30		
11	ПЛ									52	52	
12	НС	Ю	3,69·3,72	13,7	0,49	37	248	-	-	-	248	307
	ПЛ									59		
13	НС	Ю	2,09·3,72-1,2·1,8	5,6	0,49	38	104	-	-	-	104	435
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		239	-	-	-	239	
	ПЛ									92		
14	НС	Ю	3,37·3,72-1,2·1,8	10,3	0,49	38	192	-	-	-	192	574
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		239	-	-	-	239	
	ПЛ									143		
15	ПЛ									35	35	
16	НС	Ю	3,53·3,72-1,2·1,8	10,9	0,49	38	203	-	-	-	203	534
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		239	-	-	-	239	
	ПЛ									92		
17	НС	В	2,67·3,72-1,2·1,8	7,7	0,49	38	143	0,1	-	0,1	157	770
	ОК	В	1,2·1,8	2,2	2,86		239	0,1	-	0,1	263	
	ПТ	-	-	15,3	0,407		237	-	-	-	237	

продолжение таблицы А.1

	ПЛ										113	
18	НС1	С	6,52·3,72-2·1,2·1,8	19,9	0,49	40	390	0,1	0,05	0,15	449	1793
	НС2	В	3,35·3,72-1,2·1,8	10,3	0,49		202	0,1	0,05	0,15	232	
	2ОК	С	2·1,2·1,8	4,4	2,86		503	0,1	0,05	0,15	578	
	ОК	В	1,2·1,8	2,2	2,86		252	0,1	0,05	0,15	290	
	ПЛ										244	
19	ПЛ										56	56
20	НС	С	2,2·3,72-1,2·2,1	5,7	0,49	38	106	0,1	-	0,1	117	354
	НД	С	1,2·2,1	2,5	1,91		186	0,1	-	0,1	205	
	ПЛ										32	
21	НС	С	2,98·3,72-1,2·1,8	8,9	0,49	40	174	0,1	-	0,1	191	566
	ОК	С	1,2·1,8	2,2	2,86		252	0,1	-	0,1	277	
	ПЛ										98	
22	НС	Ю	2,01·3,72-1,2·2,1	5	0,49	38	93	-	-	-	93	310
	НД	Ю	1,2·2,1	2,5	1,91		186	-	-	-	186	
	ПЛ										31	
23	ПЛ										120	120
24	НС1	В	6,74·3,72-2·1,2·1,8	20,7	0,49	38	385	0,1	0,05	0,15	443	3077
	НС2	Ю	13,91·3,72-2·1,2·1,8	47,3	0,49		881	-	0,05	0,05	925	
	2ОК	В	2·1,2·1,8	4,4	2,86		478	0,1	0,05	0,15	550	
	2ОК	Ю	2·1,2·1,8	4,4	2,86		478	-	0,05	0,05	502	
	ПЛ										657	
25	ПЛ										15	15
26	ПЛ										14	14
27	ПЛ										37	37
28	НС	В	6,14·3,72-2·1,2·1,8	18,4	0,49	44	397	0,1	-	0,1	437	1344
	2ОК	В	2·1,2·1,8	4,4	2,86		554	0,1	-	0,1	609	

продолжение таблицы А.1

	ПЛ										298	
29	ПЛ										80	80
Второй этаж												
1	НС1	3	6,76·3,18-1,2·1,8- 1,2·2,1	16,8	0,49	47	387	0,05	0,05	0,1	426	1353
	НС2	Ю	1,82·3,18	5,8	0,49		134	0,05	0,05	0,1	147	
	ОК	3	1,2·1,8	2,2	2,86		296	0,05	0,05	0,1	326	
	НД	3	1,2·2,1	2,5	1,54		230	0,05	0,05	0,1	253	
	ПТ	-	-	10,5	0,407		201				201	
2	НС	Ю	6,07·3,18-1,2·1,8- 1,2·2,1	14,6	0,49	36	258	-	-	-	258	1222
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		227	-	-	-	227	
	НД	Ю	1,2·2,1	2,5	2,01		176	-	-	-	176	
	ПТ	-	-	38,3	0,407		561	-	-	-	561	
3	НС	Ю	6,59·3,18-1,2·1,8	18,8	0,49	36	332	-	-	-	332	1176
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		227	-	-	-	227	
	ПТ	-	-	42,1	0,407		617	-	-	-	617	
4	НС	Ю	4,55·3,18-1,2·1,8	12,3	0,49	44	265	-	-	-	265	1056
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		277	-	-	-	277	
	ПТ	-	-	28,7	0,407		514	-	-	-	514	
5	НС	Ю	3,18·3,18-1,2·1,8	7,9	0,49	38	147	-	-	-	147	500
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		239	-	-	-	239	
	ПТ	-	-	7,4	0,407		114	-	-	-	114	
6	НС1	В	4,7·3,18-1,2·1,8	12,7	0,49	37	230	0,1	0,05	0,15	265	2134
	НС2	Ю	10,6·3,18-1,2·1,8	31,5	0,49		571	-	0,05	0,05	600	
	ОК	В	1,2·1,8	2,2	2,86		233	0,1	0,05	0,15	268	
	ОК	Ю	1,2·1,8	2,2	2,86		233	-	0,05	0,05	245	

продолжение таблицы А.1

	ПТ	-	-	50,2	0,407		756	-	-	-	756	
7	ПТ	-	-	9,8	0,407	38	152	-	-	-	152	152
8	ПТ	-	-	3,6	0,407	45	66	-	-	-	56	66
9	ПТ	-	-	4,6	0,407	47	88	-	-	-	88	88
10	ПТ	-	-	3,1	0,407	38	48	-	-	-	48	48
11	НС1	С	6,22·3,18-2·1,2·1,8	15,4	0,49	40	302	0,1	0,05	0,15	347	1680
	НС2	В	3,27·3,18-1,2·1,8	8,2	0,49		161	0,1	0,05	0,15	185	
	2ОК	С	2·1,2·1,8	4,4	2,86		503	0,1	0,05	0,15	578	
	ОК	В	1,2·1,8	2,2	2,63		231	0,1	0,05	0,15	266	
	ПТ	-	-	18,7	0,407		304	-	-	-	304	
12	НС	С	3,97·3,18-1,2·1,8	10,4	0,49	40	204	0,1	-	0,1	224	716
	ОК	С	1,2·1,8	2,2	2,86		252	0,1	-	0,1	277	
	ПТ	-	-	13,2	0,407		215	-	-	-	215	
13	НС	В	8,04·3,18-1,2·1,8	23,4	0,49	40	459	0,1	-	0,1	505	1559
	2ОК	В	1,2·1,8	2,2	2,86		252	0,1	-	0,1	277	
	ПТ	-	-	47,7	0,407		777	-	-	-	777	
14	НС1	С	2,96·3,18-1,2·1,8	7,2	0,49	38	134	0,1	-	0,1	147	1691
	НС2	Ю	1,92·3,18-1,2·2,1	3,6	0,49		67	-	-	-	67	
	ОК	С	1,2·1,8	2,2	2,86		239	0,1	-	0,1	263	
	НД	Ю	1,2·2,1	2,5	1,91		186	-	-	-	186	
	ПТ	-	-	66,5	0,407		1028	-	-	-	1028	
15	ПТ	-	-	13,9	0,407	38	215	-	-	-	215	215
16	ПТ	-	-	14,1	0,407	38	218	-	-	-	218	218
17	НС	С	2,63·3,18-1,2·1,8	6,2	0,49	40	122	0,1	0,05	0,15	140	666
	ОК	С	1,2·1,8	2,2	2,86		252	0,1	0,05	0,15	290	
	ПТ	-	-	12,6	0,407		205	0,1	0,05	0,15	236	
Итого												57160

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Гидравлический расчёт системы отопления

Таблица Б.1 – Гидравлический расчёт ветки А

№ участка а	$G_{уч}$, кг/ч	$l_{уч}$, м	$R_{ср}$, Па/м	d, мм	$R_{ф}$, Па/м	$R_{ф} \cdot l$, Па	v , м/с	$\sum \zeta$	Z, Па	$R_{ф} \cdot l + Z$, Па	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-2	2086	21,71	100	40	68,8	1494	0,358	4	256	1750	5 отвод – 0,5; кран шаровой – 0,5; расширение - 1
2-3	650	1,16		25	60,4	70	0,301	3,5	159	229	Уменьшение – 0,5; кран шаровой – 0,5; отвод – 1; тройник на ответвление – 1,5
3-4	300	3,08		15	221	681	0,409	3,5	293	974	Переход – 0,5; кран шаровой – 0,5; отвод – 1,5; тройник на проход - 1
4-5	284	10,4		15	199	2070	0,385	13	963	3033	8 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
5-6	235	3,12		15	139	434	0,32	1	51	485	Тройник на проход - 1
6-а	155	9,18		15	63,3	581	0,3	16	720	1301	10 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
а-7	84,5	0,575		15	20,3	12	0,3	3	135	147	Скоба – 3
7-8	21,8	0,9		15	1,88	2	0,3	15,5	698	700	Кр. на отв. при делении – 2,2; КРД – 4; чугун. прибор – 1,3; кр. на отв. при слиянии - 8
8-б	84,5	0,1		15	20,3	2	0,3	4,5	203	205	Скоба - 3; тр поворотный на отв – 1,5
б-б'	155	9,18		15	63,3	581	0,3	16	720	1301	10 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
б'-5'	235	3,12		15	139	434	0,32	1	51	485	Тройник на проход - 1
5'-4'	284	10,4		15	199	2070	0,385	13	963	3033	8 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
4'-3'	300	3,08		20	221	681	0,409	4	335	1016	Переход – 0,5; кран шаровой – 0,5; отвод – 1,5; тройник поворотный на отв – 1,5
3'-2'	650	1,16		25	60,4	70	0,301	2,5	113	183	Расширение – 1; кран шаровой – 0,5; отвод – 1
2'-1'	2086	21,71		40	68,8	1494	0,358	3,5	224	1718	5 отводов – 0,5; кран шаровой – 0,5; сужение – 0,5
		98,9			103					16560	

продолжение таблицы Б.1

9-9'	28,1	5,39		15	2,42	13	0,3	16,3	7344	747	Тройник на проход – 1; 6 отводов – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник на проход – 1
Стояк 10 через нижний прибор											
a-9	70,3	5,39	15	14,6	79	0,3	5,5	248	327	Тройник на проход – 1; 3 отвода – 1,5	
9-10	42,2	0,575	15	3,79	2	0,3	1,5	68	70	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5	
10-11	21,8	0,9	15	1,88	2	0,3	8,3	374	376	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник поворотный на отв – 1,5	
11-9'	42,2	0,1	15	3,79	0	0,3	3	135	135	Скоба - 3	
9'-6	70,3	6,14	15	14,6	90	0,3	7	315	405	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5; 3 отвода – 1,5; тройник на проход - 1	
									1313		
Невязка: $\frac{747 - (1313 - 327 - 405)}{747} \cdot 100\% = 23,6\%$, следовательно, устанавливается											
диафрагма; $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{42,2^2}{747 - (1313 - 327 - 405)}\right)} = 6,4 \text{ мм}$											
Стояк 10 через верхний прибор											
10-11	20,4	6,44	15	1,75	11	0,3	13,3	599	610	Тройник на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор - 1,3; скоба – 3; тройник на проход -1	
$\Delta p_{\text{пер.10}}^B = 376 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 407 \text{ Па}$											
Невязка: $\frac{610 - 407}{610} \cdot 100\% = 33,3\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 610 - 407 = 203 \text{ Па}$											
Стояк 11 через верхний прибор											
7-12	40,9	3,33	15	3,61	12	0,3	5	225	237	Крестовина на проход - 2; скоба – 3	
12-13	20,4	0,9	15	1,75	2	0,3	8,3	374	376	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник поворотный на отв – 1,5	

продолжение таблицы Б.1

13-8	40,9	3,18	15	3,61	11	0,3	5	225	236	Скоба – 3; крестовина проходная - 2
									849	
$\Delta p_{\text{пр.10}}^{\text{б}} = 700 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 731 \text{ Па. Невязка: } \frac{849 - 731}{849} \cdot 100\% = 13,9\%$										
Стояк 12 через нижний прибор										
6-14	79,7	0,575	15	18,3	11	0,3	1,5	68	79	Тройник поворотный на ответвление – 1,5
14-15	20,7	0,5	15	1,78	1	0,3	8,3	374	375	Тройник поворотный на ответвление – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник поворотный на отв – 1,5
15-6'	77,6	0,1	15	17,4	2	0,3	4,5	203	205	Скоба – 3; тройник поворотный на ответвлении – 1,5
									659	
Невязка: $\frac{1301 - 659}{1301} \cdot 100\% = 49,3\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{79,7^2}{1301 - 659}\right)} = 6,3 \text{ мм}$										
Стояк 12 через верхний прибор										
14-16	59	5	15	9,4	47	0,3	8,5	383	430	Тройник на проход – 1; тройник поворотный на ответвлении – 1,5; 4 отвода – 1,5
16-17	30,9	12	15	2,65	32	0,3	7,8	351	383	Тройник на проход - 1; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник поворотный на ответвлении – 1,5
17-15	57	3,18	15	8,73	28	0,3	4	180	208	Скоба – 3; тройник на проход – 1
$\Delta p_{\text{пр.10}}^{\text{б}} = 659 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 691 \text{ Па}$									1021	
Невязка: $\frac{1021 - 691}{1021} \cdot 100\% = 32,3\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 1021 - 691 = 330 \text{ Па}$										
Стояк 13 через нижний прибор										
5-18	53,5	0,575	15	7,3	4	0,3	1,5	68	72	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5
18-19	25,4	0,9	15	2,18	2	0,3	8,3	374	376	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник поворотный на отв – 1,5;

продолжение таблицы Б.1

19-5'	53,5	0,1	15	7,3	1	0,3	4,5	203	204	Скоба - 3; тройник поворотный на ответвлении – 1,5
									652	
Невязка: $\frac{652 - 485}{652} \cdot 100\% = 25,6\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{53,5^2}{652 - 485}\right)} = 7,2$ мм										
Стояк 13 через верхний прибор										
18-19	28,1	6,44	15	2,42	16	0,3	13,3	599	615	Тройник на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тройник на проход - 1
$\Delta p_{\text{пр.10}}^B = 376 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 407$ Па										
Невязка: $\frac{615 - 407}{615} \cdot 100\% = 33,8\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 615 - 407 = 208$ Па										
Стояк 14										
4-20	15,8	7,28	15	1,36	10	0,3	7,5	338	348	Тр поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; скоба – 3
20-21	7,96	0,9	15	0,686	1	0,3	8,3	374	375	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник поворотный на отв – 1,5
21-4'	15,8	7,08	15	1,36	10	0,3	7,5	338	348	2 отвода – 1,5; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
									1071	
Невязка: $\frac{3033 - 1071}{3033} \cdot 100\% = 64,7\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{15,8^2}{3033 - 1071}\right)} = 2,1$ мм										
3-22	360	3,51	20	70	246	0,3	14	630	876	Переход – 0,5; кран шаровой – 0,5; 8 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
22-23	325	8,93	20	57,5	2304	0,441	12	1167	1680	Переход – 0,5; 7 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
23-24	276	2,39	15	189	452	0,367	7	471	923	4 отвода – 1,5; тройник на проход - 1
24-25	227	5,09	15	130	662	0,308	7	332	994	4 отвода – 1,5; тройник на проход - 1

продолжение таблицы Б.1

25-26	178	4,2	15	81,7	343	0,3	5,5	248	591	3 отвода – 1,5; тройник на проход - 1
26-27	129	2,58	15	44,4	115	0,3	1	45	160	Тройник на проход - 1
27-28	106	6,7	15	31	208	0,3	10,5	473	681	5 отводов – 1,5; скоба – 3
28-29	24,5	0,9	15	2,1	2	0,3	11,3	509	511	Кр поворотная – 3; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; кр поворотная – 3
29-27'	106	6,7	15	31	208	0,3	8,5	383	591	5 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
27'-26'	129	2,58	15	44,4	115	0,3	1	45	160	Тройник на проход – 1
26'-25'	178	4,2	15	81,7	343	0,3	5,5	248	591	3 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
25'-24'	227	5,09	15	130	662	0,308	7	332	994	4 отвода – 1,5; тройник на проход - 1
24'-23'	276	2,39	15	189	452	0,367	7	471	923	4 отвода – 1,5; тройник на проход - 1
23'-22'	325	8,93	20	57,5	2304	0,441	12	1167	1680	Переход – 0,5; 7 отводов – 1,5; тройник на проход - 1
22'-3'	360	3,51	20	70	246	0,3	13	585	831	Переход – 0,5; кран шаровой – 0,5; 8 отводов – 1,5
Невязка: $\frac{(16560 - 1750 - 1718) - 12186}{(16560 - 1750 - 1718)} \cdot 100\% = 6,9\%$									12186	
Стояк 9 через верхний прибор										
28-30	56,9	3,33	15	8,7	29	0,3	5	225	254	Кр на прох - 2; скоба – 3
30-31	28,4	0,9	15	2,44	2	0,3	8,3	374	376	Тр поворот на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тр поворотный на отв – 1,5
31-29	56,9	3,18	15	8,7	28	0,3	5	225	253	Скоба – 3; кр проходная - 2
$\Delta p_{\text{рст.10}}^B = 511 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 542 \text{ Па}$									883	
Невязка: $\frac{883 - 542}{883} \cdot 100\% = 38,6\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 883 - 542 = 341 \text{ Па}$										

продолжение таблицы Б.1

27-27'	22,5	0,915	15	1,93	2	0,3	14,3	644	646	Тр поворот на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{681 - 646}{681} \cdot 100\% = 5,1\%$										
Стояк 8 через нижний прибор										
26-32	48,5	0,575	15	5,6	3	0,3	1,5	68	71	Тр поворотный на отв – 1,5
32-33	22,5	0,9	15	1,93	2	0,3	8,3	374	376	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тр поворотный на отв – 1,5
33-26'	48,5	0,1	15	5,6	1	0,3	4,5	203	204	Скоба - 3; тр поворотный на отв – 1,5
									651	
Невязка: $\frac{651 - 160}{651} \cdot 100\% = 75,4\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{48,5^2}{651 - 160}\right)} = 5,3 \text{ мм}$										
Стояк 8 через верхний прибор										
32-33	26	6,44	15	2,23	14	0,3	13,3	599	613	Тр на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр на проход - 1
$\Delta p_{\text{пер.10}}^B = 376 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 407 \text{ Па}$										
Невязка: $\frac{613 - 407}{613} \cdot 100\% = 33,7\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 613 - 407 = 206 \text{ Па}$										
Стояк 7 через нижний прибор										
25-34	48,5	0,575	15	5,6	3	0,3	1,5	68	71	Тр поворотный на отв – 1,5
34-35	22,5	0,9	15	1,93	2	0,3	8,3	374	376	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тр поворотный на отв – 1,5
35-25'	48,5	0,1	15	5,6	1	0,3	4,5	203	204	Скоба - 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{651 - 591}{651} \cdot 100\% = 9,2\%$									651	

продолжение таблицы Б.1

Стояк 7 через верхний прибор										
34-35	26	6,44	15	2,23	14	0,3	13,3	599	613	Тр на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр на проход -1
$\Delta p_{\text{пер.10}}^B = 376 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 407 \text{ Па}$										
Невязка: $\frac{613 - 407}{613} \cdot 100\% = 33,7\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 613 - 407 = 206 \text{ Па}$										
Стояк 6' через нижний прибор										
24-36	48,5	0,575	15	5,6	3	0,3	1,5	68	71	Тр поворотный на отв – 1,5
36-37	22,5	0,9	15	1,93	2	0,3	8,3	374	376	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тр поворотный на отв – 1,5
37-24'	48,5	0,1	15	5,6	1	0,3	4,5	203	204	Скоба - 3; тр поворотный на отв – 1,5
									651	
Невязка: $\frac{994 - 651}{994} \cdot 100\% = 34,5\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{48,5^2}{994 - 651}\right)} = 5,8 \text{ мм}$										
Стояк 6' через верхний прибор										
36-37	26	6,44	15	2,23	14	0,3	13,3	599	613	Тр на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр на проход -1
$\Delta p_{\text{пер.10}}^B = 376 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 407 \text{ Па}$										
Невязка: $\frac{613 - 407}{613} \cdot 100\% = 33,7\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 613 - 407 = 206 \text{ Па}$										
Стояк 6 через нижний прибор										
23-38	48,5	0,575	15	5,6	3	0,3	1,5	68	71	Тр поворотный на отв – 1,5
38-39	22,5	0,9	15	1,93	2	0,3	8,3	374	376	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тр поворотный на отв – 1,5

продолжение таблицы Б.1

39-23'	48,5	0,1	15	5,6	1	0,3	4,5	203	204	Скоба - 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{923 - 651}{923} \cdot 100\% = 29,5\%$,									651	$d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{48,5^2}{923 - 651}\right)} = 6,1 \text{ мм}$
Стояк 6 через верхний прибор										
38-39	26	6,44	15	2,23	14	0,3	13,3	599	613	Тр на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр на проход -1
$\Delta p_{\text{пр.10}}^B = 376 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 407 \text{ Па}$										
Невязка: $\frac{613 - 407}{613} \cdot 100\% = 33,7\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 613 - 407 = 206 \text{ Па}$										
Стояк 5 через нижний прибор										
22-40	35,3	0,575	15	3,03	2	0,3	1,5	68	70	Тр поворотный на отв – 1,5
40-41	4,38	0,9	15	0,378	0	0,3	8,3	374	374	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тр поворотный на отв – 1,5
41-22'	35,3	0,1	15	3,03	0	0,3	4,5	203	203	Скоба - 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{1680 - 647}{1680} \cdot 100\% = 61,5\%$,									647	$d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{35,3^2}{1680 - 647}\right)} = 3,7 \text{ мм}$
Стояк 5 через верхний прибор										
40-41	30,9	6,44	15	2,65	17	0,3	13,3	599	616	Тр на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр на проход -1
$\Delta p_{\text{пр.10}}^B = 374 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 405 \text{ Па}$										
Невязка: $\frac{616 - 405}{616} \cdot 100\% = 34,3\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 616 - 405 = 211 \text{ Па}$										

Таблица Б.3 – Гидравлический расчёт ветки Б

№ участка	G _{уч} , кг/ч	l _{уч} , м	d, мм	R _ф , Па/м	R _ф · l, Па	v, м/с	Σζ	Z, Па	R _ф · l + Z, Па	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
42-43	306	7,36	15	230	1693	0,416	20	1731	3424	Уменьшение – 0,5; кран шаровой – 0,5; 12 отводов – 1,5; тройник на проход – 1
43-44	259	5,1	15	166	847	0,351	1	62	909	Тройник на проход – 1
44-45	229	0,45	15	132	59	0,311	4	193	252	2 отвода – 1,5; тройник на проход – 1
45-46	186	2,18	15	88,3	192	0,3	4	180	372	2 отвода – 1,5; тройник на проход – 1
46-47	170	1,49	15	75	112	0,3	1	45	157	Тройник на проход – 1
47-48	159	4,84	15	66,4	321	0,3	5,5	248	569	3 отвода – 1,5; тройник на проход – 1
48-49	114	2,86	15	35,3	101	0,3	10	450	551	6 отводов – 1,5; тройник на проход – 1
49-50	113	6,5	15	34,7	226	0,3	11,5	518	744	7 отводов – 1,5; тройник на проход – 1
50-51	78,4	2,32	15	17,7	41	0,3	4,5	203	244	Отвод – 1,5; скоба – 3
51-52	29	0,9	15	2,49	2	0,3	8,3	374	376	2 тр поворот на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3
52-50'	78,4	3,52	15	17,7	62	0,3	5,5	248	310	Скоба – 3; отвод – 1,5; тр на проход – 1
50'-49'	113	5,5	15	34,7	191	0,3	11,5	518	709	7 отводов – 1,5; тройник на проход – 1
49'-48'	114	2,86	15	35,3	101	0,3	10	450	551	6 отводов – 1,5; тройник на проход – 1
48'-47'	159	4,84	15	66,4	321	0,3	5,5	248	569	3 отвода – 1,5; тройник на проход – 1
47'-46'	170	0,19	15	75	14	0,3	1	45	59	Тройник на проход – 1
46'-45'	186	0,58	15	88,3	51	0,3	4	180	231	2 отвода – 1,5; тройник на проход – 1
45'-44'	229	2,17	15	132	286	0,311	4	193	479	2 отвода – 1,5; тройник на проход – 1
44'-43'	259	3,69	15	166	613	0,351	1	62	675	Тройник на проход – 1
43'-42'	306	7,36	15	230	1693	0,416	19,5	1687	3380	12 отводов – 1,5; кран шаровой – 0,5; расширение – 1
Невязка: $\frac{(16560 - 1750) - 14561}{(16560 - 1750)} \cdot 100\% = 1,7\%$									14561	

продолжение таблицы Б.3

Стояк 1 через верхний прибор										
51-52	49,4	6,44	15	5,9	38	0,3	13,3	599	637	Тройник на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тройник на проход – 1
$\Delta p_{p.cт.10}^B = 376 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 407 \text{ Па}$ Невязка: $\frac{637 - 407}{637} \cdot 100\% = 36,1\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 637 - 407 = 230 \text{ Па}$										
50-50'	34,7	0,915	15	2,98	3	0,3	14,3	644	647	Тр поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{647 - 310}{647} \cdot 100\% = 52,1\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 647 - 310 = 337 \text{ Па}$										
49-49'	1,06	6,04	15	0,091	1	0,3	15,8	711	712	6 отводов – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; тройник поворотный на ответвлении – 1,5
Невязка: $\frac{744 - 712}{744} \cdot 100\% = 4,3\%$										
Стояк 2										
48-48'	44,6	5,52	15	4,35	24	0,3	26,3	1184	1208	Тр поворотный на отв – 1,5; 10 отводов – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{1208 - 551}{1208} \cdot 100\% = 54,4\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 1208 - 551 = 657 \text{ Па}$										
47-47'	11,2	2,8	15	0,96	3	0,3	12,5	563	566	2 тр на проход – 1; 4 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3
Невязка: $\frac{569 - 566}{569} \cdot 100\% = 0,5\%$										
46-46'	15,9	0,915	15	1,37	1	0,3	14,3	644	645	2 тр поворот на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3

продолжение таблицы Б.3

Невязка: $\frac{645 - 157}{645} \cdot 100\% = 75,7\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 645 - 157 = 488 \text{ Па}$										
Стояк 3										
45-45'	42,9	9,36	15	3,97	37	0,3	27,8	1251	1288	2 тр поворот на отв – 1,5; 11 отводов – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3
Невязка: $\frac{1288 - 372}{1288} \cdot 100\% = 71,1\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 1288 - 372 = 916 \text{ Па}$										
44-44'	30	0,915	15	2,58	2	0,3	14,3	644	646	2 тр поворот на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун радиатор – 1,3; скоба – 3
Невязка: $\frac{646 - 479}{646} \cdot 100\% = 25,9\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 646 - 479 = 167 \text{ Па}$										
Стояк 4 через нижний прибор										
43-53	46,5	0,575	15	4,93	3	0,3	4,5	203	206	Тр поворотный на отв – 1,5; скоба - 3
53-54	7,96	0,9	15	0,686	1	0,3	8,3	374	375	2 тр поворот на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3
54-43'	46,5	0,1	15	4,93	0	0,3	4,5	203	203	Тр поворотный на отв – 1,5; скоба - 3
Невязка: $\frac{909 - 784}{909} \cdot 100\% = 13,8\%$									784	
Стояк 4 через верхний прибор										
53-54	38,5	6,44	15	3,31	21	0,3	13,3	599	620	2 тр на проход – 1; 2 отвода – 1,5; КРД – 4; чугун прибор – 1,3; скоба – 3
$\Delta p_{\text{рст.10}}^{\text{в}} = 375 + 0,4 \cdot 0,64 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot (95 - 70) = 406 \text{ Па}$										
Невязка: $\frac{620 - 406}{620} \cdot 100\% = 34,5\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 620 - 406 = 214 \text{ Па}$										

Таблица Б.5 – Гидравлический расчёт ветки В

№ участка	G _{уч} , кг/ч	l _{уч} , м	d, мм	R _ф , Па/м	R _ф · l, Па	v, м/с	∑ζ	Z, Па	R _ф · l + Z, Па	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
55-56	1073	1,3	25	158	205	0,496	2	246	451	Кран шаровой – 0,5; отводов – 1,5
56-57	826	6,19	25	95,5	591	0,382	9,5	693	1284	Тр поворот на отв – 1,5; кран шар – 0,5; 5 отводов – 1,5
57-58	743	6,82	25	78	532	0,344	7	414	946	Тройник на проход – 1; 4 отвода – 1,5
58-59	660	6,37	25	62,2	396	0,305	4	186	582	Тройник на проход – 1; 2 отвода – 1,5
59-60	577	3,95	20	172	679	0,437	1,5	143	822	Тройник на проход – 1; переход – 0,5
60-61	329	1,62	15	265	429	0,446	5,5	547	976	Тройник на проход – 1; переход – 0,5; 2 отвода – 1,5
61-62	164	1,5	15	70	105	0,3	1	45	150	Тройник на проход – 1
62-63	123	3,62	15	40,6	147	0,3	5,5	248	395	Тройник на проход – 1; 3 отвода – 1,5
63-64	82,7	4,4	15	195	858	0,3	1	45	903	Тройник на проход – 1
64-64'	41,1	11,5	15	3,64	42	0,3	23,8	1071	1113	Тройник на проход – 2; 11 отводов – 1,5; КРД – 4; чугун прибор - 1,3; тройник на проход – 1
64'-63'	82,7	4,4	15	195	858	0,3	1	45	903	Тройник на проход – 1
63'-62'	123	3,55	15	40,6	144	0,3	5,5	248	392	Тройник на проход – 1; 3 отвода – 1,5
62'-61'	164	3,27	15	70	229	0,3	1	45	274	Тройник на проход – 1
61'-60'	329	1,62	15	265	429	0,446	4,5	448	877	Тройник на проход – 1; переход – 0,5; 2 отвода – 1,5
60'-59'	577	3,6	20	172	619	0,437	1,5	143	762	Тройник на проход – 1; переход – 0,5
59'-58'	660	6,37	25	62,2	396	0,305	4	186	582	Тройник на проход – 1; 2 отвода – 1,5
58'-57'	743	6,82	25	78	532	0,344	7	414	946	Тройник на проход – 1; 4 отвода – 1,5
57'-56'	826	6,19	25	95,5	591	0,382	9,5	693	1284	Тр поворот на отв – 1,5; кран шар – 0,5; 5 отводов – 1,5
56'-55'	1073	1,3	25	158	205	0,496	2	246	451	Кран шаровой – 0,5; отвод – 1,5
Невязка: $\frac{14561 - 14093}{14561} \cdot 100\% = 3,2\%$									14093	
64-64'	41,1	0,915	15	3,64	3	0,3	11,3	509	512	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор - 1,3; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5

продолжение таблицы Б.5

Невязка: $\frac{1113 - 512}{1113} \cdot 100\% = 54\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 1113 - 512 = 601 \text{ Па}$										
63-63'	41,1	0,915	15	3,64	3	0,3	11,3	509	512	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор - 1,3; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{512 - 395}{512} \cdot 100\% = 22,9\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 512 - 395 = 117 \text{ Па}$										
62-62'	41,1	0,915	15	3,64	3	0,3	11,3	509	512	Тр поворотный на отв – 1,5; КРД – 4; чугун прибор - 1,3; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{512 - 274}{512} \cdot 100\% = 46,5\%$, следовательно, производится регулировка краном КРД на $\Delta p_p = 512 - 274 = 238 \text{ Па}$										
59-59'	82,7	0,604	15	19,5	12	0,3	10,5	473	485	Тр поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{762 - 485}{762} \cdot 100\% = 36,4\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,7^2}{762 - 485}\right)} = 7,9 \text{ мм}$										
58-58'	82,7	0,604	15	19,5	12	0,3	10,5	473	485	Тр поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{582 - 485}{582} \cdot 100\% = 16,7\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,7^2}{582 - 485}\right)} = 10,3 \text{ мм}$										
57-57'	82,7	0,604	15	19,5	12	0,3	10,5	473	485	Тр поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{946 - 485}{946} \cdot 100\% = 48,7\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,7^2}{946 - 485}\right)} = 7 \text{ мм}$										

продолжение таблицы Б.5

61-65	164	5,28	15	70	370	0,3	1,5	68	438	Тр поворот на ответвлении – 1,5
65-65'	82,3	13,8	15	19,3	266	0,3	9,5	428	694	Тр на проход – 1; 4 отвода – 1,5; регистр – 1,5; тр на проход – 1
65'-61'	164	5,28	15	70	370	0,3	1,5	68	438	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5
									1570	
Невязка: $\frac{4130 - 1570}{4130} \cdot 100\% = 62\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{164^2}{4130 - 1570}\right)} = 6,4 \text{ мм}$										
65-65'	82,3	0,604	15	19,3	12	0,3	10,5	473	485	Тр поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{694 - 485}{694} \cdot 100\% = 30,1\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,3^2}{694 - 485}\right)} = 8,5 \text{ мм}$										
60-66	248	3,04	15	153	465	0,336	4,5	254	719	Тр поворотный на ответвлении – 1,5; 2 отвода – 1,5
66-67	165	4,73	15	70,8	335	0,3	7,5	338	673	Тройник поворотный на отв – 1,5; 4 отвода – 1,5
67-67'	82,7	9,02	15	19,5	176	0,3	9,5	428	604	Тр на проход – 1; 4 отвода – 1,5; регистр – 1,5; тр на проход – 1
67'-66'	165	4,73	15	70,8	335	0,3	7,5	338	673	Тройник поворотный на отв – 1,5; 4 отвода – 1,5
66'-60'	248	3,04	15	153	465	0,336	4,5	254	719	Тройник поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5
									3388	
Невязка: $\frac{5983 - 3388}{5983} \cdot 100\% = 43,4\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{248^2}{5983 - 3388}\right)} = 7,9 \text{ мм}$										
66-66'	82,7	0,604	15	19,5	12	0,3	10,5	473	485	Тр поворот на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3; тр поворот на отв – 1,5
Невязка: $\frac{673 - 485}{673} \cdot 100\% = 27,9\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,7^2}{673 - 485}\right)} = 8,7 \text{ мм}$										

продолжение таблицы Б.5

67-67'	82,7	0,604	15	19,5	12	0,3	10,5	473	485	Тр поворотный на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3; тр поворотный на отв – 1,5
Невязка: $\frac{604 - 485}{604} \cdot 100\% = 19,7\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,7^2}{604 - 485}\right)} = 9,8 \text{ мм}$										
56-68	248	4,58	15	153	701	0,336	8,5	480	1181	Тр поворот на отв – 1,5; переход – 0,5; кран шар – 0,5; 4 отвода – 1,5
68-69	165	7,44	15	70,8	527	0,3	7,5	338	865	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5; 4 отвода – 1,5
69-69'	82,7	7,46	15	19,5	145	0,3	9,5	428	573	Тр на проход – 1; 4 отвода – 1,5; регистр – 1,5; тр на проход – 1
69'-68'	165	7,44	15	70,8	527	0,3	7,5	338	865	Тройник поворотный на ответвлении – 1,5; 4 отвода – 1,5
68'-56'	248	4,58	15	153	701	0,336	9	508	1209	Тр поворот на отв – 1,5; ход – 1; кран шар – 0,5; 4 отвода – 1,5
									4693	
Невязка: $\frac{13191 - 4693}{13191} \cdot 100\% = 64,4\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{248^2}{13191 - 4693}\right)} = 5,8 \text{ мм}$										
69-69'	82,7	0,604	15	19,5	12	0,3	10,5	473	485	Тр поворот на отв – 3; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3
Невязка: $\frac{573 - 485}{573} \cdot 100\% = 15,4\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,7^2}{573 - 485}\right)} = 10,6 \text{ мм}$										
68-68'	82,7	0,604	15	19,5	12	0,3	10,5	473	485	2 тр поворот на отв – 1,5; 2 отвода – 1,5; регистр – 1,5; скоба – 3
Невязка: $\frac{865 - 485}{865} \cdot 100\% = 43,9\%$, следовательно, устанавливается диафрагма: $d_d = 3,56 \sqrt[4]{\left(\frac{82,7^2}{865 - 485}\right)} = 7,3 \text{ мм}$										

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Тепловой расчёт нагревательных приборов

Таблица В.1 – Расчёт чугунных радиаторов

№ помещения	Q _{пом} , Вт	G _{пр} , кг/ч	t _{вх} , °С	t _{вых} , °С	Δt _{ср} , °С	q _в , Вт/м	l _в , м	q _г , Вт/м	l _г , м	q _{пр} , Вт/м ²	Q _{гр} , Вт	Q _{пр} , Вт	F _{пр} , м ²	β _з	N, шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Первый этаж															
3	4507	41	95	70	62,5	65	5,95	84	0,5	618	429	741	1,199	1,02	5
4	695	25	95	70	64,5	67	5,95	87	0,5	649	442	474	0,73	1,05	3
6	796	29	95	70	66,5	70	5,95	91	0,5	671	462	380	0,566	1,08	3
7	950	35	95	70	57,5	59	6,13	77	5	578	747	577	0,998	1,03	4
9	29	1	95	70	66,5	70	0,175	91	2,62	611	251	255	0,417	1,11	2
13	435	16	95	70	66,5	70	5,65	91	0,5	688	441	656	0,953	1,03	4
14	574	21	95	70	66,5	70	5,95	91	0,5	668	462	805	1,205	1,02	5
16	534	19	95	70	66,5	70	5,95	91	0,5	688	462	765	1,112	1,02	5
17	770	28	95	70	66,5	70	0,5	91	2,63	653	274	1017	1,557	1,01	7
18	1793	22	95	70	64,5	67	5,95	87	0,5	648	442	377	0,582	1,07	3
19	56	2	95	70	66,5	70	2,49	91	0,5	620	220	254	0,41	1,12	2
21	566	21	95	70	64,5	67	5,95	87	0,5	648	442	345	0,532	1,08	3
23	120	4	95	70	66,5	70	5,95	91	0,5	688	462	536	0,779	1,05	4
24	3077	22	95	70	66,5	70	5,95	91	0,5	669	462	846	1,265	1,02	6
28	1344	25	95	70	60,5	63	5,95	81	0,5	607	415	880	1,45	1,01	6
Второй этаж															
1	1353	49	95	70	57,5	59	0,8	77	3,7	580	332	755	1,302	1,02	6
2	1222	45	95	70	68,5	72	0,8	93	2,8	694	318	1063	1,532	1,01	7
3	1176	43	95	70	68,5	72	0,8	93	2,02	694	245	1054	1,519	1,01	7

продолжение таблицы В.1

4	1056	39	95	70	60,5	63	0,8	81	1,54	610	175	899	1,474	1,01	7
5	500	18	95	70	66,5	70	0,8	91	0,5	688	102	449	0,653	1,06	3
6	2134	26	95	70	67,5	71	0,8	92	0,5	680	103	660	0,971	1,03	4
11	1680	20	95	70	64,5	67	0,8	87	0,5	647	97	512	0,791	1,05	4
12	716	26	95	70	64,5	67	0,8	87	1,44	649	179	806	1,242	1,02	6
13	1559	28	95	70	64,5	67	0,8	87	0,5	650	97	731	1,125	1,02	5
14	1691	31	95	70	66,5	70	0,8	91	2,45	671	279	706	1,052	1,03	5
15	215	8	95	70	66,5	70	0,8	91	0,5	688	102	307	0,446	1,1	2
16	218	8	95	70	66,5	70	0,8	91	0,5	688	102	310	0,451	1,1	2
17	666	24	95	70	64,5	67	0,8	87	0,5	649	97	618	0,952	1,03	4

Таблица В.2 – Расчёт регистров

№ помещения	$Q_{\text{пом}}$, Вт	$t_{\text{ср}}$, °С	D , мм	$q_{\text{к}}$, Вт/м	$q_{\text{л}}$, Вт/м	$q_{\text{гр}}$, м	l , м	n , шт	l_1 , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1+2	20388	82,5	65	114	122	236	86,4	4	3
3	4507	82,5	65	114	122	236	19,1	4	3
12	307	82,5	32	74	68,5	143	2,15	4	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Построение процессов обработки воздуха для расчётных помещений

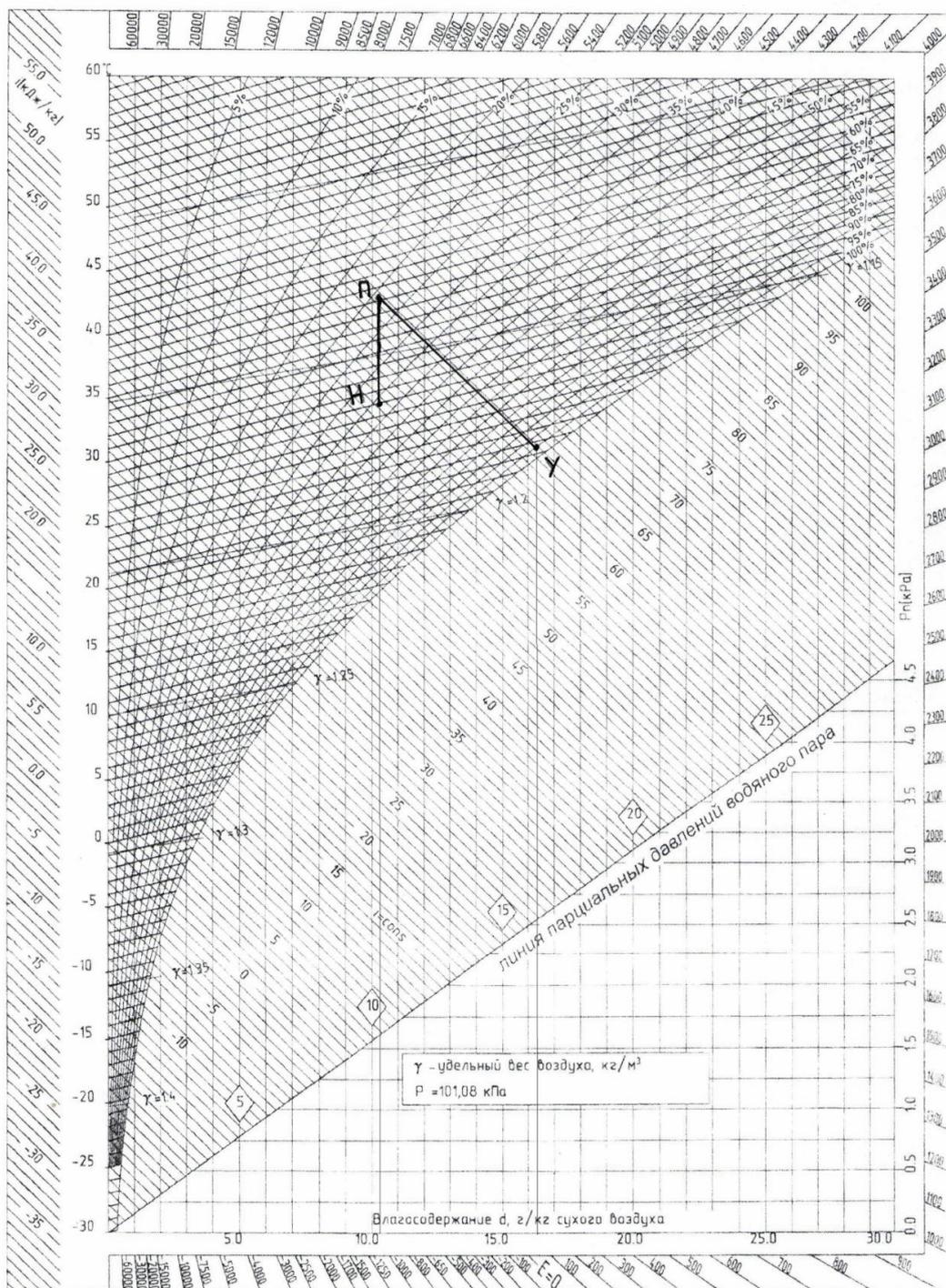


Рисунок Г.1 – Процесс обработки воздуха в помещении мойки и сушки спецодежды в ТП

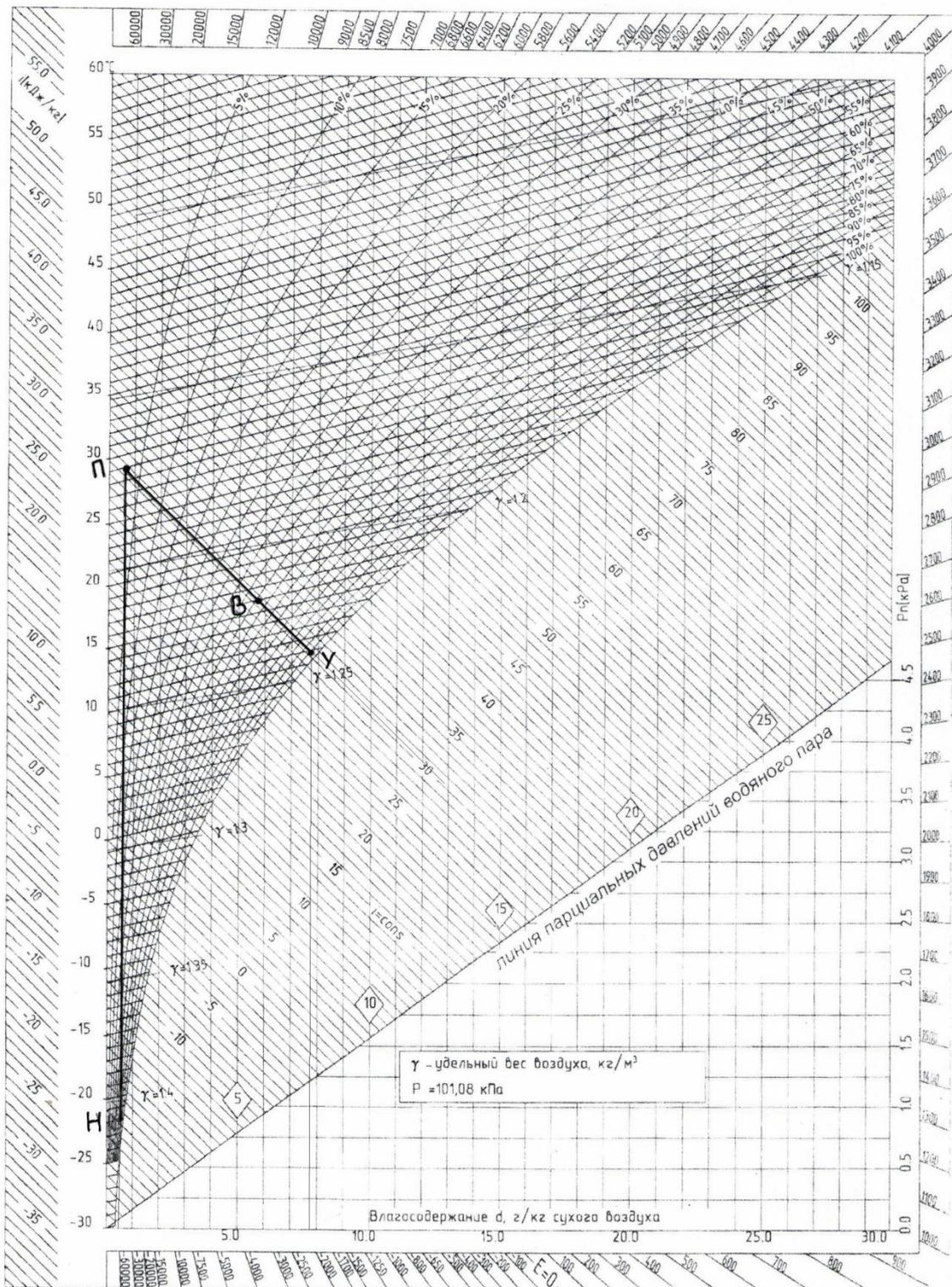


Рисунок Г.2 – Процесс обработки воздуха в помещении мойки и сушки спецодежды в ХП

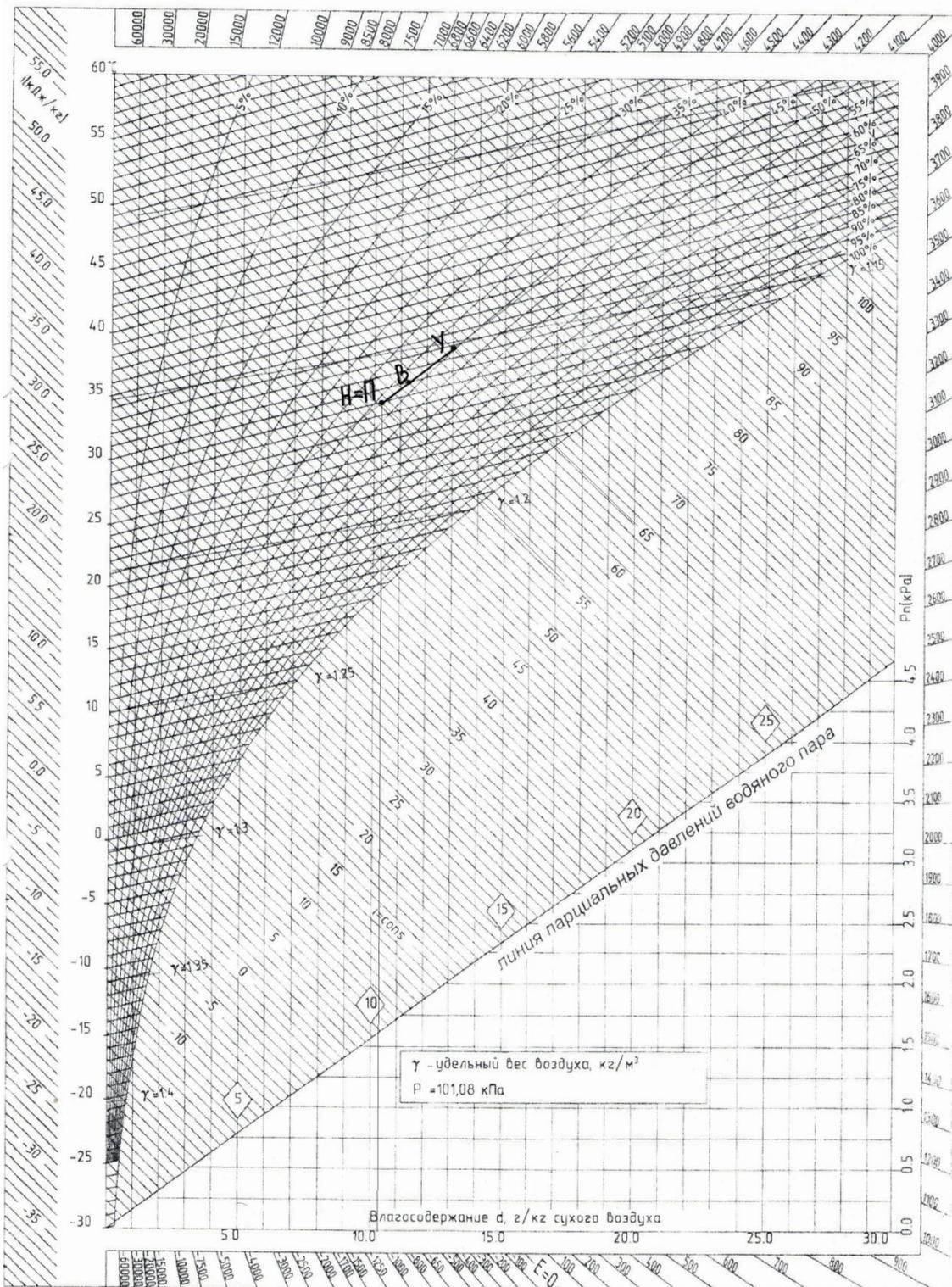


Рисунок Г.3 – Процесс обработки воздуха в помещении зал собраний в ТП

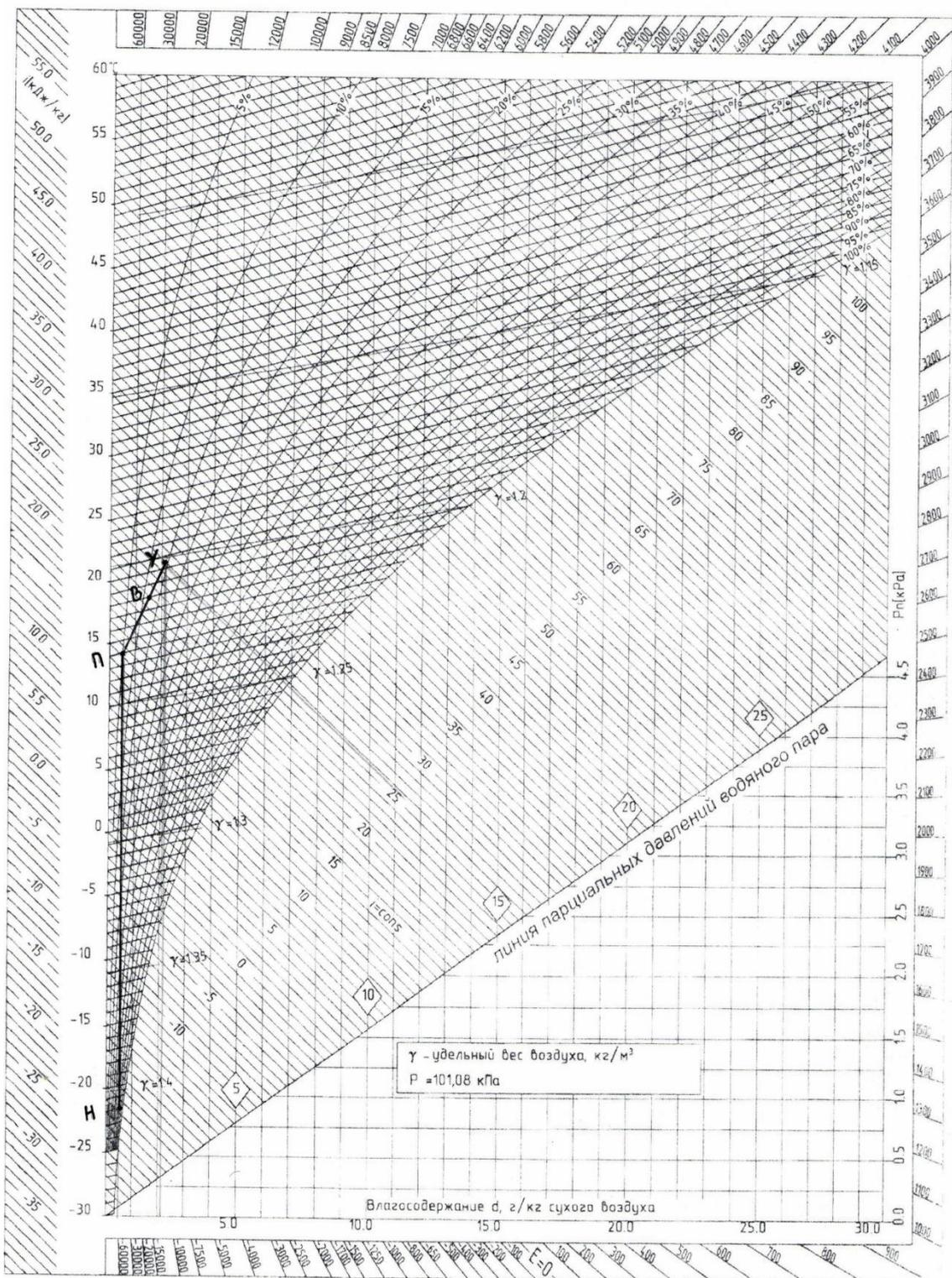


Рисунок Г.4 – Процесс обработки воздуха в помещении зал собраний
в XII

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Аэродинамический расчёт

Таблица Д.1 – Расчёт приточной механической вентиляции

№ участка	L, м ³ /ч	l, м	Воздуховоды			R, Па/м	Rl, Па	Σζ	P _д , Па	Z, Па	Rl+Z, Па	Σ(Rl+Z), Па	Примечание
			d, мм	f, м ²	V, м/с								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
II													
Магистраль													
КМУ	916			0,05	5,09			1,8	16,1	28,98	28,98		Решетка
1	916	4,3	250	0,049	5,19	1,38	5,93	0,4	28,9	11,56	17,49	46,5	Тройник на проход
2	1832	14,2	355	0,099	5,2	1,57	22,29	1,3	44,6	57,98	80,27	126,8	3 отвода, тройник на проход
3	2748	6	355	0,099	7,71	1,15	6,9	0,2	41,9	8,38	15,28	142,1	Тройник на проход
4	3664	3,04	400	0,126	8,08	1,1	3,34	0,8	46,4	37,12	40,46	182,6	Тройник на ответвлении
5	4580	3,64	400	0,126	10,1	1,66	6,04	0,35	72,5	25,38	31,42	214	Отвод
Ответвления													
КМУ	916			0,069	3,69			1,8	16,1	28,98	28,98		Решетка
6	916	0,9	315	0,0615	4,14	0,781	0,7	0,7	17,9	12,53	13,23	42,2	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{46,5 - 42,2}{46,5} \cdot 100\% = 9,25\%$													
НРВ	916			0,112	2,27		0	3	23	69	69		Воздухораспределитель
7	916	1,5	250	0,049	5,19	1,38	2,07	1,1	28,9	31,79	33,9	102,9	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{126,8 - 102,9}{126,8} \cdot 100\% = 18,8\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{126,8 - 102,9}{28,9} = 0,827$. Диаметр диафрагмы=213 мм													
НРВ	916			0,112	2,27		0	3	23	69	69		Воздухораспределитель

продолжение таблицы Д.1

8	916	1,5	250	0,049	5,19	1,38	2,07	1,3	28,9	37,57	39,6	108,6	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{142,1 - 108,6}{142,1} \cdot 100\% = 23,6\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{142,1 - 108,6}{28,9} = 1,16$. Диаметр диафрагмы=289 мм													
НРВ	916			0,112	2,27		0	3	23	69	69		Воздухораспределитель
9	916	7,5	200	0,0314	8,1	2,47	18,53	2	43,3	86,6	105,1	174,1	Тр на проход
Невязка: $\frac{182,6 - 174,1}{182,6} \cdot 100\% = 4,65\%$													
П2													
Магистраль													
КМУ	43			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71	17,71	Решетка
1	43	1,3	80	0,005	4,5	1,28	1,66	2,35	3,41	8,01	9,67	27,38	Отвод, тройник на проход
2	86	0,7	80	0,005	4,78	4,33	3,03	0,3	13,8	4,14	7,17	34,55	Тройник на проход
3	129	5,9	80	0,005	7,17	8,8	51,92	1,25	31,1	38,88	90,8	125,35	Отвод, тройник на ответвлении
4	579	2,15	160	0,02	8,04	4,57	9,83	0,7	38,3	26,81	36,64	161,99	2 отвода
Ответвления													
КМУ	46			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71	17,71	Решетка
5	46	0,9	80	0,005	4,6	1,43	1,29	0,65	3,87	2,52	3,81	21,52	Отвод, тройник на проход
6	93	0,4	100	0,0079	4,7	4,9	1,96	0,15	16	2,4	4,36	25,88	Тройник на проход
7	139	3,8	100	0,0079	4,89	9,56	36,33	0,65	34,2	22,23	58,56	84,44	Отвод, тройник на проход
8	450	0,8	160	0,02	6,25	2,88	2,3	0,3	21,7	6,51	8,81	93,25	Тройник на проход
Невязка: $\frac{125,35 - 93,25}{125,35} \cdot 100\% = 25,6\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{125,35 - 93,25}{21,7} = 1,48$. Диаметр диафрагмы=127 мм													

продолжение таблицы Д.1

КМУ	43			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71	17,71	Решетка
9	43	0,3	80	0,005	4,5	1,28	0,38	1,65	3,41	5,63	6,01	23,72	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{27,38 - 23,72}{27,38} \cdot 100\% = 13,4\%$													
КМУ	43			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71	17,71	Решетка
10	43	0,3	80	0,005	4,5	1,28	0,38	3,5	3,41	11,94	12,32	30,03	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{34,55 - 30,03}{34,55} \cdot 100\% = 13,1\%$													
КМУ	46			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71	17,71	Решетка
11	46	0,2	80	0,005	4,5	1,28	0,26	0,9	3,41	3,07	3,33	21,04	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{21,52 - 21,04}{21,52} \cdot 100\% = 2,23\%$													
КМУ	46			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71	17,71	Решетка
12	46	0,2	80	0,005	4,5	1,28	0,26	2	3,41	6,82	7,08	24,79	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{25,88 - 24,79}{25,88} \cdot 100\% = 4,21\%$													
КМУ	311			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71	17,71	Решетка
13	311	0,2	160	0,02	4,32	1,5	0,3	0,65	11,1	7,22	7,52	25,23	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{84,44 - 25,23}{84,44} \cdot 100\% = 70,1\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{84,44 - 25,23}{11,1} = 5,33$. Диаметр диафрагмы=108 мм													
ПЗ													
Магистраль													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
1	87	0,1	80	0,005	4,83	4,41	0,44	1,3	14,1	18,33	18,77	36,48	Отвод, тройник на проход

продолжение таблицы Д.1

2	174	7,7	100	0,0079	6,12	5,02	38,65	0,45	22,9	10,31	48,96	85,44	Отвод, тройник на проход
3	804	3,8	200	0,0314	7,11	2,85	10,83	0,95	30,4	28,88	39,71	125,15	Тройник на ответвлении
4	1914	3,6	315	0,0615	8,64	1,55	5,58	0,15	28,3	4,25	9,83	134,98	Тройник на проход
5	2481	14,7	315	0,0615	11,21	2,5	36,75	1,49	46,9	69,88	106,63	241,61	3 отвода, тройник на ответвлении
6	7134	3,9	450	0,159	12	3,09	12,05	0,7	93,2	65,24	77,29	318,9	2 отвода
Ответвления													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
7	560	0,1	200	0,0314	5,39	1,71	0,17	1	17,6	17,6	17,77	35,48	Отвод, тройник на проход
8	1120	1,4	315	0,0615	5,5	0,682	0,68	0,15	11,4	1,71	2,39	37,87	Тройник на проход
9	1680	3	315	0,0615	8,25	1,42	1,42	0,15	26,4	3,96	5,38	43,25	Тройник на ответвлении
10	1735	0,5	400	0,126	8,43	0,763	1,91	1,2	17,5	21	22,91	66,16	Тройник на проход
11	4170	6,4	400	0,126	9,19	2,04	13,06	0,15	51,1	7,67	20,73	81,08	Отвод, тройник на проход
12	4653	7,8	400	0,126	10,26	2,5	19,5	0,2	63,6	12,72	32,22	113,3	2 отвода, тройник на проход
Невязка: $\frac{241,61 - 113,3}{241,61} \cdot 100\% = 53,1\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{241,61 - 113,3}{63,6} = 2,02$. Диаметр диафрагмы=308 мм													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
13	54,5	4,4	80	0,005	4,7	1,9	8,36	1	5,4	5,4	13,76	31,47	2 отвода, тройник на проход
Невязка: $\frac{46,88 - 31,47}{46,88} \cdot 100\% = 32,9\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{46,88 - 31,47}{5,4} = 2,85$. Диаметр диафрагмы=74 мм													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
14	609	1	200	0,0314	4,95	1,47	2,21	0,7	14,7	10,29	12,5	30,21	Отвод, тройник на проход
15	1218	1	315	0,0615	5,06	0,583	0,82	0,15	9,6	1,44	2,26	32,47	Тройник на проход
16	1827	1	315	0,0615	7,59	1,22	3,66	0,5	21,5	10,75	14,41	46,88	Тройник на проход
17	2080	2,5	315	0,0615	7,84	1,3	0,65	0,55	23,3	12,82	13,47	60,35	Тройник на ответвлении

продолжение таблицы Д.1

Невязка: $\frac{66,16 - 60,35}{66,16} \cdot 100\% = 8,78\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
18	210	1,4	125	0,0123	4,74	2,44	3,42	0,75	13,6	10,2	13,62	31,33	Отвод, тройник на проход
19	420	0,8	160	0,02	5,83	2,53	2,02	0,25	20,1	5,03	7,05	38,38	Тройник на проход
20	630	2,4	160	0,02	7	5,79	13,9	0,55	45,6	25,08	38,98	77,36	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{85,44 - 77,36}{85,44} \cdot 100\% = 9,46\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
21	555	2,7	200	0,0314	4,91	1,44	3,89	0,7	14,5	10,15	14,04	31,75	Отвод, тройник на проход
22	1110	4,1	315	0,0615	5,01	0,574	2,35	0,9	7,79	7,01	9,36	41,11	Отвод, тройник на проход
Невязка: $\frac{125,15 - 41,11}{125,15} \cdot 100\% = 67,2\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{125,15 - 41,11}{7,79} = 10,8$. Диаметр диафрагмы=186 мм													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
23	87	0,1	80	0,005	4,83	4,41	6,17	0,65	14,1	9,17	15,34	33,05	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{36,48 - 33,05}{36,48} \cdot 100\% = 9,4\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
24	210	0,1	100	0,0079	5	7,14	0,71	0,4	33,7	13,48	14,19	31,3	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{31,33 - 31,3}{31,33} \cdot 100\% = 0,096\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
25	210	0,1	100	0,0079	5	7,14	0,71	0,55	33,7	18,54	19,25	36,96	Тройник на ответвлении

продолжение таблицы Д.1

Невязка: $\frac{38,38 - 36,96}{38,38} \cdot 100\% = 3,7\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
26	555	0,1	200	0,0314	4,91	1,44	0,14	0,75	14,5	10,88	11,02	28,73	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{31,75 - 28,73}{31,75} \cdot 100\% = 9,51\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
27	560	0,1	200	0,0314	4,95	1,47	0,15	0,75	14,7	11,03	11,18	28,89	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{30,21 - 28,89}{30,21} \cdot 100\% = 4,37\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
28	560	0,1	200	0,0314	4,95	1,47	0,15	0,75	14,7	11,03	11,18	28,89	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{32,47 - 28,89}{32,47} \cdot 100\% = 11\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
29	609	0,1	200	0,0314	5,39	1,71	1,71	0,65	17,6	11,44	13,15	30,86	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{35,48 - 30,86}{35,48} \cdot 100\% = 13\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
30	609	0,1	200	0,0314	5,39	1,71	0,17	1	17,6	17,6	17,77	35,48	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{37,87 - 35,48}{37,87} \cdot 100\% = 6,31\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
31	609	0,1	200	0,0314	5,39	1,71	0,17	1,4	17,6	24,64	24,81	42,52	Тройник на ответвлении

продолжение таблицы Д.1

Невязка: $\frac{43,25 - 42,52}{43,25} \cdot 100\% = 1,69\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
32	483	0,1	160	0,02	6,71	3,28	0,33	2	27,4	54,8	55,13	72,84	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{81,08 - 72,84}{81,08} \cdot 100\% = 10,2\%$													
КМУ				0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
33	567	0,1	200	0,0314	5,02	1,5	0,15	7,8	15,1	117,8	117,93	133,64	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{134,98 - 133,64}{134,98} \cdot 100\% = 0,993\%$													

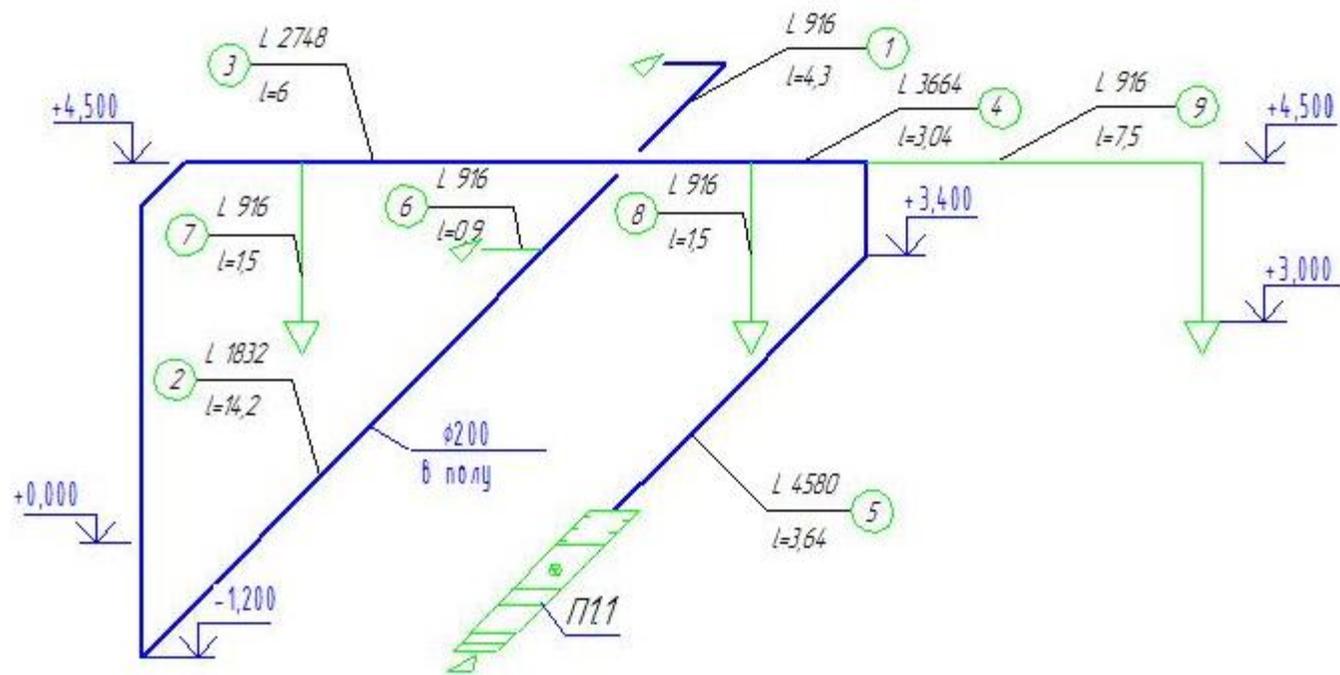


Рисунок Д.2 – Расчётная схема системы П1

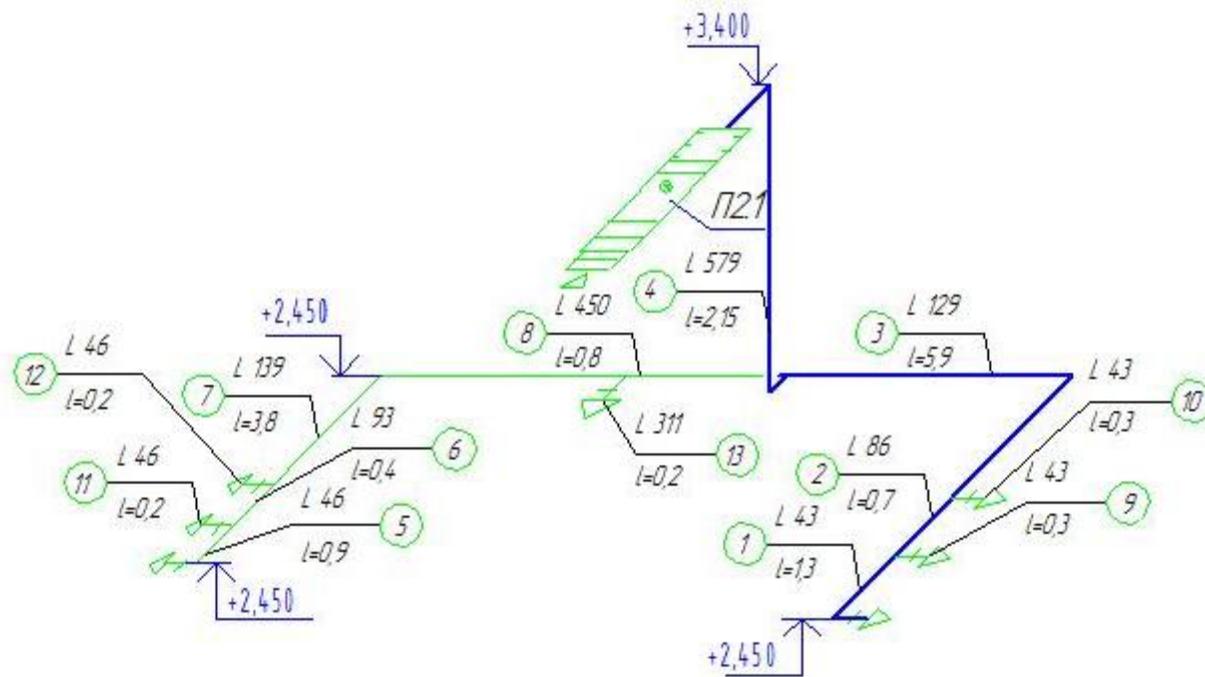


Рисунок Д.3 – Расчётная схема системы П2

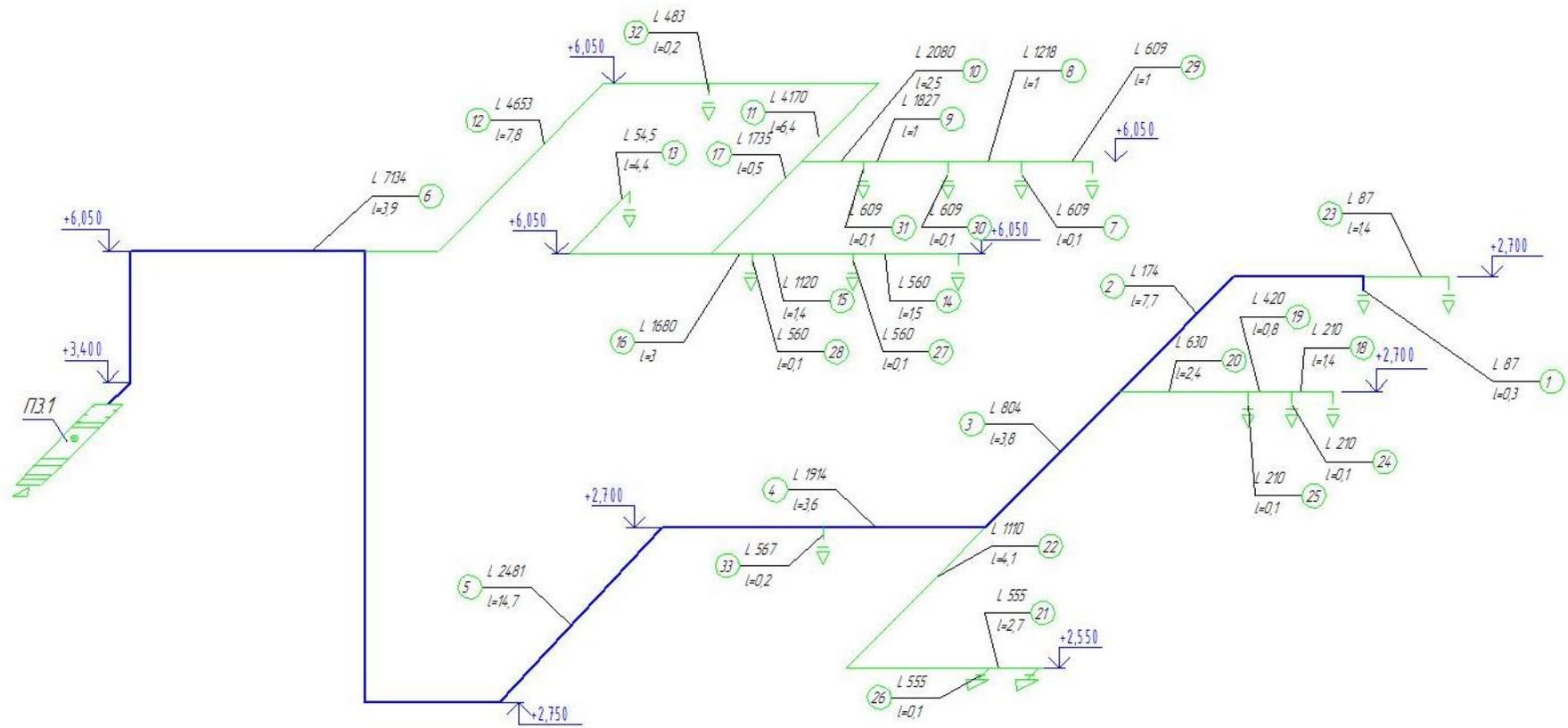


Рисунок Д.4 – Расчётная схема системы ПЗ

Таблица Д.5 – Расчёт вытяжной механической вентиляции

№ участка	L, м ³ /ч	l, м	Воздуховоды			R, Па/м	Rl, Па	Σζ	Rд, Па	Z, Па	Rl+Z, Па	Σ(Rl+Z), Па	Примечание
			d, мм	f, м ²	V, м/с								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B1													
Магистраль													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
1	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	2,94	0,75	18,2	13,65	16,59	34,3	Отвод, тройник на проход
2	1145	6,7	315	0,0615	5,17	2,09	14	1,05	45	47,25	61,25	95,55	2 отвода, тройник на проход
3	2290	18,8	355	0,099	6,43	1,42	26,7	1,15	45,7	52,56	79,26	174,81	Отвод, тройник на проход
4	4580	3,7	400	0,126	10,1	1,66	6,14	1,05	72,5	76,13	82,27	257,08	3 отвода
5	4580	5,1	400	0,126	10,1	1,66	8,47	1,3	72,5	94,25	102,72	361,79	Зонт
Ответвления													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
6	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	2,94	0,75	18,2	13,65	16,59	34,3	Отвод, тройник на проход
7	1145	6,7	315	0,0615	5,17	2,09	14	1,05	45	47,25	61,25	95,55	2 отвода, тройник на проход
8	2290	17,2	355	0,099	6,43	1,42	24,4	0,75	45,7	34,28	58,7	154,25	Отвод, тройник на проход
Невязка: $\frac{174,81 - 154,25}{174,81} \cdot 100\% = 11,8\%$													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
9	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	2,94	0,75	18,2	13,65	16,59	34,3	Отвод, тройник на проход
10	1145	1,5	315	0,0615	5,17	2,09	3,14	1	45	45	48,14	82,44	Отвод, тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{95,55 - 82,44}{95,55} \cdot 100\% = 13,7\%$													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
11	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	2,94	0,75	18,2	13,65	16,59	34,3	Отвод, тройник на проход

продолжение таблицы Д.5

12	1145	1,5	315	0,0615	5,17	2,09	3,14	1	45	45	48,14	82,44	Отвод, тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{95,55 - 82,44}{95,55} \cdot 100\% = 13,7\%$													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
13	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	0,11	0,65	18,7	12,16	12,27	29,98	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{34,3 - 29,98}{34,3} \cdot 100\% = 12,6\%$													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
14	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	0,11	0,65	18,7	12,16	12,27	29,98	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{34,3 - 29,98}{34,3} \cdot 100\% = 12,6\%$													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
15	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	0,11	0,65	18,7	12,16	12,27	29,98	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{34,3 - 29,98}{34,3} \cdot 100\% = 12,6\%$													
КМУ	573			0,036	4,42		0	1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
16	573	2,8	200	0,0314	5,07	1,05	0,11	0,65	18,7	12,16	12,27	29,98	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{34,3 - 29,98}{34,3} \cdot 100\% = 12,6\%$													
В2													
Магистраль													
КМУ				0,014	3,83			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
1	193	1,7	125	0,0123	4,36	2,1	3,57	0,65	10,9	7,09	10,66	28,37	Отвод, тройник на проход
2	504	4,6	200	0,0314	4,46	1,21	5,57	0,7	11,9	8,33	13,9	42,27	Тройник на ответвлении

продолжение таблицы Д.5

3	712	4,35	200	0,0314	6,3	6,78	29,5	0,7	58	40,6	70,09	113,45	2 отвода
4	712	5,1	200	0,0314	6,3	6,78	34,6	1,3	58	75,4	109,98	222,34	Зонт
Ответвления													
КМУ				0,014	4,13			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
5	208	4,7	125	0,0123	4,7	2,39	11,2	0,6	13,3	7,98	19,21	36,92	Отвод, тройник на проход
Невязка: $\frac{42,27 - 36,92}{42,27} \cdot 100\% = 12,7\%$													
КМУ				0,022	3,93			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
6	311	0,1	160	0,02	4,32	1,5	0,15	0,6	11,1	6,66	6,81	24,52	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{28,37 - 24,52}{28,37} \cdot 100\% = 13,6\%$													
ВЗ													
Магистраль													
КМУ	174			0,014	3,45			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
1	174	11,6	125	0,0123	3,93	1,78	20,7	1,65	9,49	15,66	36,31	54,02	3 отвода, тройник на ответвлении
2	1629	13,4	355	0,099	4,57	0,65	8,72	0,85	12,6	10,71	19,43	73,45	2 отвода, тройник на проход
3	1816	4,15	355	0,099	5,1	0,79	3,29	3,75	15,6	58,5	61,79	135,24	Отвод, тройник на ответвлении
4	5931	13,9	450	0,159	10,4	2,2	30,6	1,4	64,5	90,3	120,88	256,12	4 отвода
5	5931	5,1	450	0,159	10,4	2,2	11,2	1,3	64,5	83,6	95,07	351,39	Зонт
Ответвления													
КМУ	555			0,036	4,28			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
6	555	0,7	200	0,0314	4,91	1,44	1,01	0,7	14,5	10,15	11,16	28,87	Отвод, тройник на проход
7	1110	2,5	315	0,0615	5,01	0,57	1,44	0,5	9,44	4,72	6,16	35,03	Отвод, тройник на проход
8	1455	3,3	315	0,0615	6,57	0,95	3,12	0,65	16,3	10,6	13,72	48,75	Отвод, тройник на проход

продолжение таблицы Д.5

Невязка: $\frac{54,02 - 48,75}{54,02} \cdot 100\% = 9,76\%$													
КМУ	173			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
9	173	2,2	160	0,02	4,5	0,54	1,19	0,75	3,44	2,58	3,77	21,48	Отвод, тройник на проход
10	345	3,5	160	0,02	4,79	1,81	6,34	2	13,8	27,6	33,94	55,42	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{55,42 - 35,03}{55,42} \cdot 100\% = 36,8\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{55,42 - 35,03}{13,8} = 1,48$. Диаметр диафрагмы=127 мм													
КМУ	609			0,036	4,7			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
11	609	1,2	200	0,0314	5,39	1,71	2,05	0,7	17,6	12,32	14,37	32,08	Отвод, тройник на проход
12	1218	0,9	315	0,0615	5,5	0,68	0,61	0,35	11,4	3,99	4,6	36,68	Тройник на проход
13	1827	0,9	355	0,099	5,73	0,80	0,72	0,15	15,8	2,37	3,09	39,77	Тройник на проход
14	2435	15,6	355	0,099	6,83	1,35	21,1	2,05	28,4	58,22	79,28	119,05	3 отвода, тройник на ответвлении
15	4115	3,9	450	0,159	7,19	1,13	4,41	0,15	31,1	4,67	9,08	128,13	Тройник на проход
Невязка: $\frac{135,24 - 128,13}{135,24} \cdot 100\% = 5,26\%$													
КМУ	560			0,036	4,32			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
16	560	1,6	200	0,0314	4,95	1,47	2,35	0,7	14,7	10,29	12,64	30,35	Отвод, тройник на проход
17	1120	1,4	200	0,0314	5,91	5,22	7,31	0,15	59,1	8,87	16,18	46,53	Тройник на проход
18	1680	10,8	315	0,0615	7,59	1,22	13,2	2	21,5	43	56,18	102,71	4 отвода, тройник на проход
Невязка: $\frac{119,05 - 102,71}{119,05} \cdot 100\% = 13,7\%$													
КМУ	555			0,036	4,28			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
19	555	0,1	200	0,0314	4,91	1,44	0,14	1	14,5	14,5	14,64	32,35	Тройник на ответвлении

продолжение таблицы Д.5

Невязка: $\frac{32,35 - 28,87}{32,35} \cdot 100\% = 10,8\%$													
КМУ	173			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
20	173	0,1	160	0,02	4,5	0,54	0,05	1,5	3,44	5,16	5,21	20,92	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{21,48 - 20,92}{21,48} \cdot 100\% = 2,61\%$													
КМУ	187			0,014	4			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
21	187	0,1	125	0,0123	4,55	2	0,2	1	1,2	1,2	1,4	19,11	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{73,45 - 19,11}{73,45} \cdot 100\% = 74\%$. Устанавливается диафрагма $\xi_d = \frac{73,45 - 19,11}{1,2} = 15$. Диаметр диафрагмы=70 мм													
КМУ	609			0,036	4,7			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
22	609	0,1	200	0,0314	5,39	1,71	0,17	1	17,6	17,6	17,77	30,48	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{32,08 - 30,48}{32,08} \cdot 100\% = 4,99\%$													
КМУ	609			0,036	4,7			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
23	609	0,1	200	0,0314	5,39	1,71	0,17	1,2	17,6	21,12	21,29	33	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{36,68 - 33}{36,68} \cdot 100\% = 10\%$													
КМУ	609			0,036	4,7			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
24	609	0,1	200	0,0314	5,39	1,71	0,17	1,3	17,6	22,88	23,05	38,76	Тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{39,77 - 38,76}{39,77} \cdot 100\% = 2,54\%$													
КМУ	560			0,036	4,32			1,8	9,84	17,71	17,71		Решетка
25	560	0,1	200	0,0314	4,95	1,47	0,15	1,6	14,7	23,52	23,67	41,38	Тройник на ответвлении

продолжение таблицы Д.5

Невязка: $\frac{46,53 - 41,38}{46,53} \cdot 100\% = 11,1\%$													
В4													
1	500	3,76	200	0,0314	4,42	1,19	4,47	1,65	11,7	19,31	23,78	23,78	Отвод, зонт
В5													
Магистраль													
1	500	11,8	200	0,0314	4,42	1,19	14,0	1,1	11,7	12,87	26,91		2 отвода, тройник на проход
2	1000	4	250	0,049	5,67	1,43	5,72	0,2	19	3,8	9,52	36,43	Тройник на проход
3	1500	1,4	315	0,0615	6,78	1	1,4		17,3	0	1,4	37,83	
4	1500	3,8	315	0,0615	6,78	1	3,8	1,65	17,3	28,55	32,35	70,18	Отвод, зонт
Ответвления													
5	500	5,7	200	0,0314	4,42	1,19	6,78	1,65	11,7	19,31	26,09	26,09	Отвод, тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{26,91 - 26,09}{26,91} \cdot 100\% = 3,05\%$													
6	500	7,9	200	0,0314	4,42	1,19	9,4	2,25	11,7	26,33	35,73	35,73	3 отвода, тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{36,43 - 35,73}{36,43} \cdot 100\% = 1,92\%$													
В6													
1	193	9,2	125	0,0123	4,36	2,1	19,3	2	11,4	22,8	42,12	42,12	2 отвода, зонт
В7													
Магистраль													
1	50	1,1	80	0,005	2,78	1,64	1,8	2,45	4,55	11,15	12,95		Решетка, отвод, тройник на проход
2	100	3,9	100	0,0079	3,52	1,38	5,38	1,35	7,3	9,86	15,24	28,19	Отвод, тройник на ответвление
3	200	4,2	100	0,0079	7,03	6,33	26,6	2	29,4	58,8	85,39	113,58	2 отвода, зонт

продолжение таблицы Д.5

Ответвления													
4	50	1,1	80	0,005	2,78	1,64	1,8	2,45	4,55	11,15	12,95		Решетка, отвод, тройник на проход
5	100	0,6	80	0,005	5,56	5,49	3,29	0,5	18,2	9,1	12,39	25,34	Тр на прох
Невязка: $\frac{28,19 - 25,34}{28,19} \cdot 100\% = 10,1\%$													
6,7	50	0,1	80	0,005	2,78	1,64	0,16	2,8	4,55	12,74	12,9	12,9	Решетка, тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{12,95 - 12,9}{12,95} \cdot 100\% = 0,386\%$													
В8													
Магистраль													
1	75	0,4	80	0,005	4,17	3,14	1,26	3,15	9,6	30,24	31,5		Решетка, отвод, тройник на проход
2	150	5	100	0,0079	5,27	3,94	19,7	2,2	17,1	37,62	57,32	88,82	2 отвода, тройник на ответвлении
3	300	3,1	100	0,0079	10,6	12,9	40,0	1,65	67,6	111,5	151,53	240,35	Отвод, зонт
Ответвления													
4	75	0,4	80	0,005	4,17	3,14	1,26	2,55	9,6	24,48	25,74		Решетка, отвод, тройник на проход
5	150	1,7	80	0,005	8,33	11,2	19,0	0,85	40,9	34,77	53,81	79,55	Отвод, тройник на проход
Невязка: $\frac{88,82 - 79,55}{88,82} \cdot 100\% = 10,4\%$													
6,7	75	0,1	80	0,005	4,17	3,14	0,31	3,1	9,6	29,76	30,07	30,07	Решетка, тройник на ответвлении
Невязка: $\frac{31,5 - 30,07}{31,5} \cdot 100\% = 4,54\%$													



Рисунок Д.6 – Расчётная схема системы В1

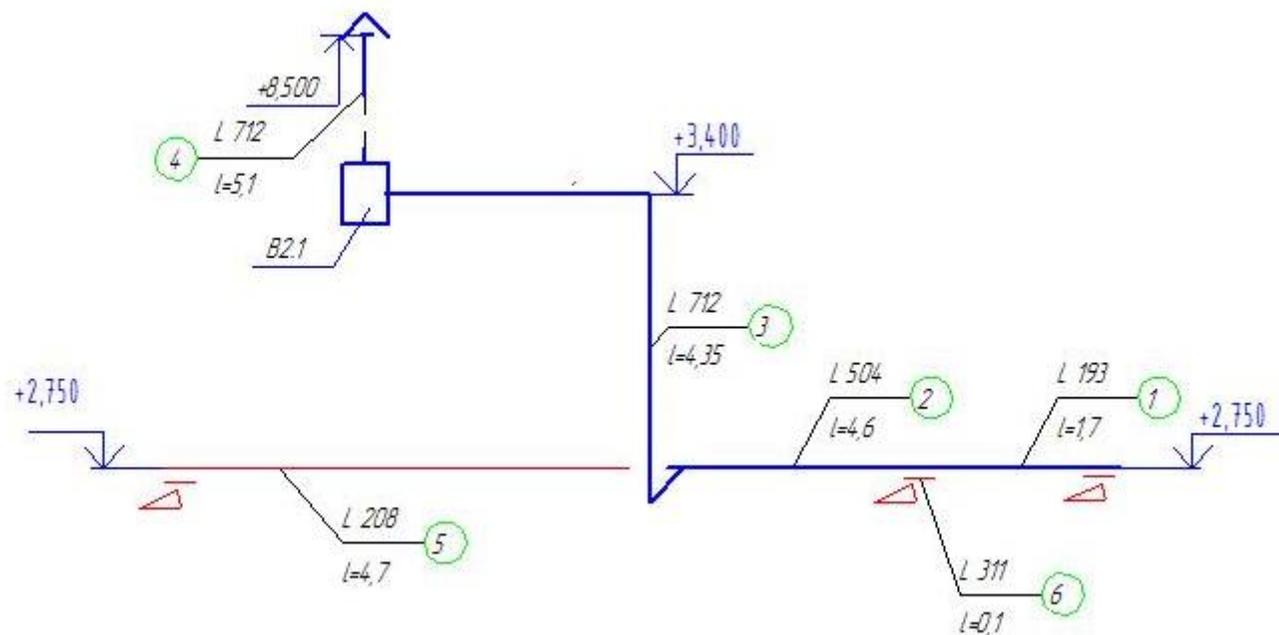


Рисунок Д.7 – Расчётная схема системы В2

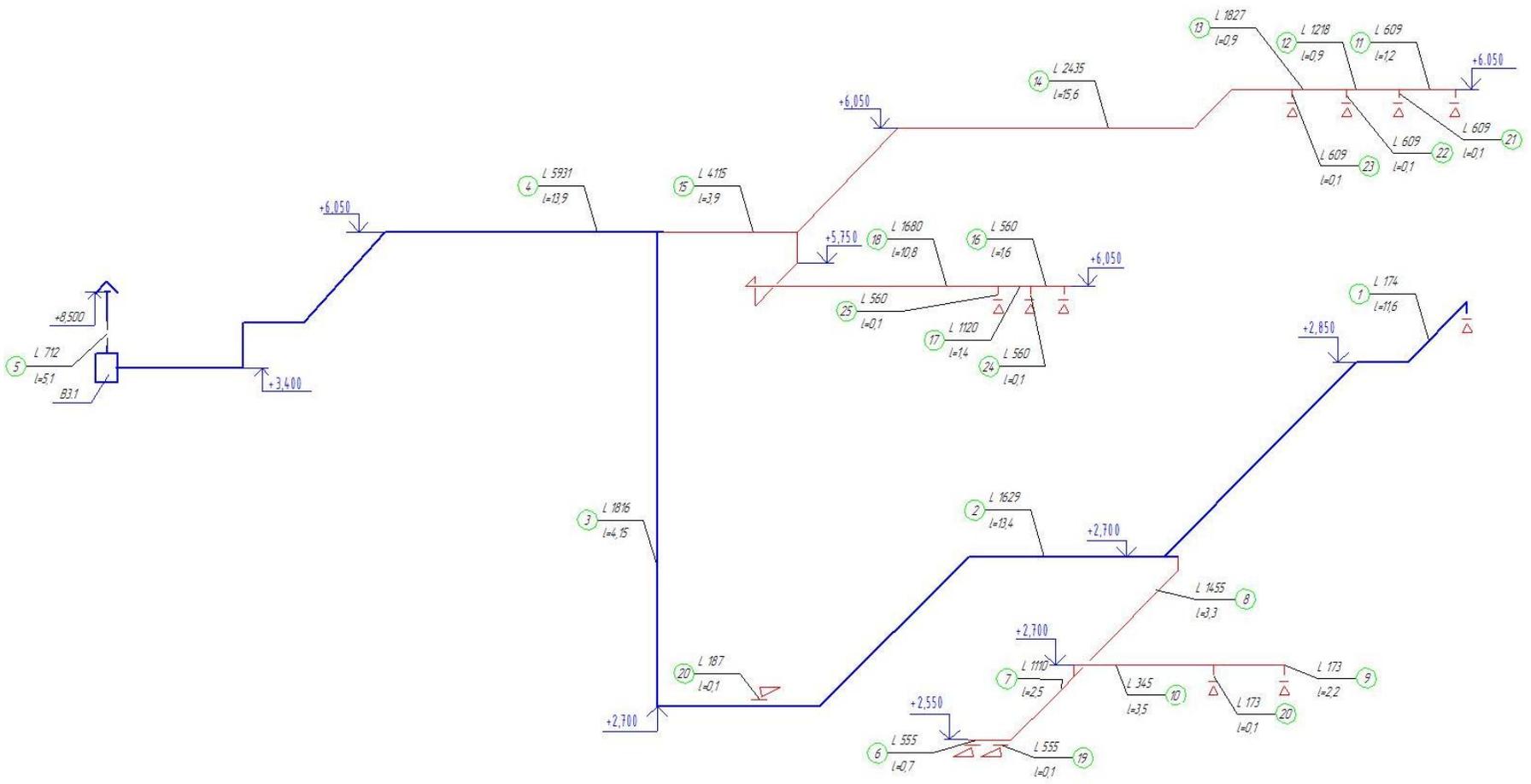


Рисунок Д.8 – Расчётная схема системы ВЗ

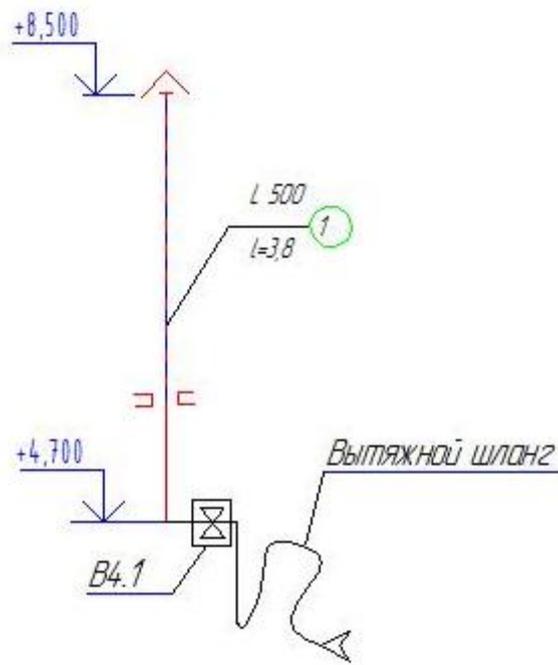


Рисунок Д.9 – Расчётная схема системы В4

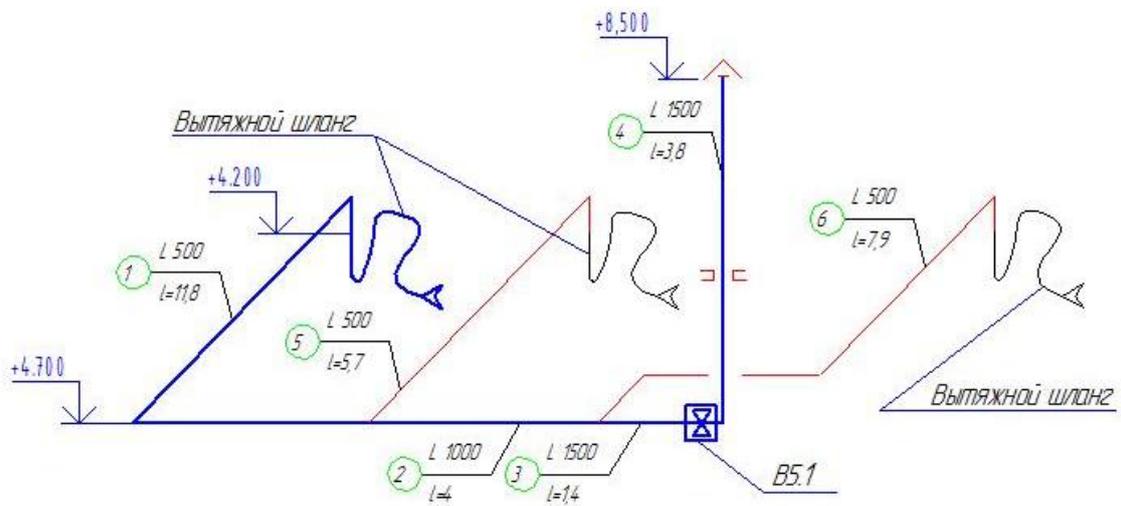


Рисунок Д.10 – Расчётная схема системы В5

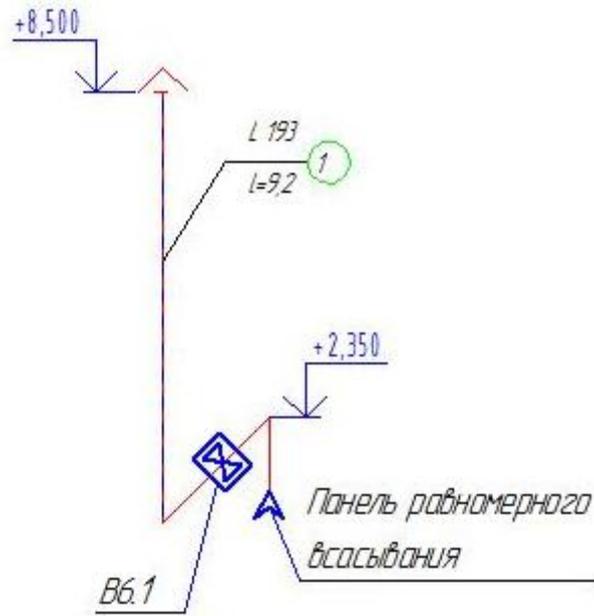


Рисунок Д.11 – Расчётная схема системы В6

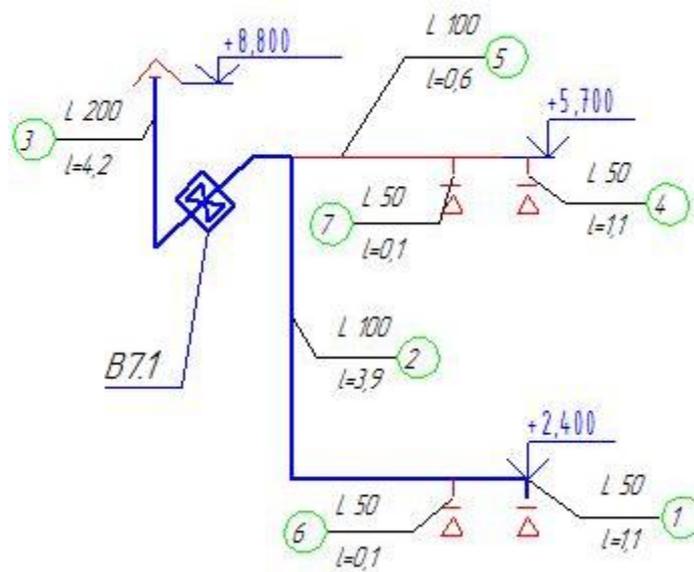


Рисунок Д.12 – Расчётная схема системы В7

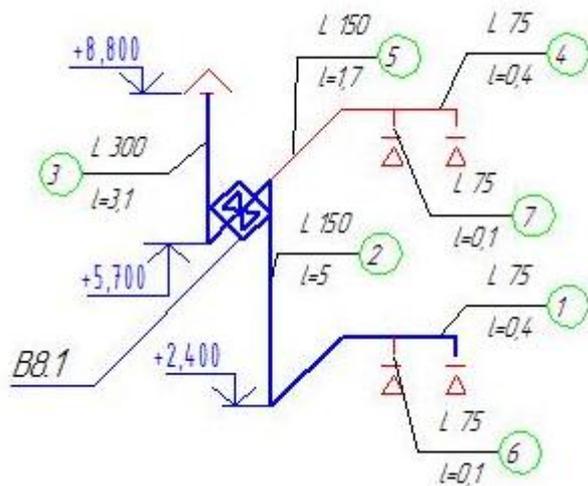


Рисунок Д.13 – Расчётная схема системы В8

Таблица Д.14 – Расчёт вытяжной естественной вентиляции

№ участка	L, м ³ /ч	l, м	Воздуховоды			R, Па/м	Rl, Па	Σζ	Rд, Па	Z, Па	Rl+Z, Па	Σ(Rl+Z), Па	Примечание
			d, мм	f, м ²	V, м/с								
1	21,1	0,8	160	0,02	0,29	0,003	0	3,65	0,05	0,18	0,18		Решетка, тройник на ответвлении
2	42,5	2,95	160	0,02	0,59	0,004	0,01	1,3	0,09	0,12	0,13	0,31	Зонт
$\Delta P_{расп} = 9,81 \cdot 3,45 \cdot (1,23 - 1,22) = 0,338 \text{ Па}$													
Невязка: $\frac{0,338 - 0,31}{0,338} \cdot 100\% = 8,28\%$													
3	21,4	0,5	160	0,02	0,3	0,003	0	3,45	0,05	0,17	0,17	0,17	Тройник на проход
Невязка: $\frac{0,18 - 0,17}{0,18} \cdot 100\% = 5,56\%$													
BE2													
$\Delta P_{расп} = 9,81 \cdot 2,2 \cdot (1,23 - 1,21) = 0,432 \text{ Па}$													
1	76,6	2,8	250	0,049	0,43	0,0199	0,06	3,45	0,1	0,35	0,41	0,41	Решетка, зонт
Невязка: $\frac{0,432 - 0,41}{0,432} \cdot 100\% = 5,09\%$													
BE3													
$\Delta P_{расп} = 9,81 \cdot 5,8 \cdot (1,23 - 1,22) = 0,569 \text{ Па}$													
1	16,7	6,1	160	0,02	0,23	0,0347	0,21	3,45	0,09	0,31	0,52	0,52	Решётка, зонт
Невязка: $\frac{0,569 - 0,52}{0,569} \cdot 100\% = 8,61\%$													

продолжение таблицы Д.14

BE4													
$\Delta P_{расп} = 9,81 \cdot 5,8 \cdot (1,23 - 1,22) = 0,569 \text{ Па}$													
1	43,4	6,1	160	0,02	0,6	0,0347	0,21	3,45	0,09	0,31	0,52	0,52	Решетка, зонт
Невязка: $\frac{0,569 - 0,52}{0,569} \cdot 100\% = 8,61\%$													
BE5													
$\Delta P_{расп} = 9,81 \cdot 5,8 \cdot (1,23 - 1,22) = 0,569 \text{ Па}$													
1	43,5	0,6	160	0,02	0,6	0,0347	0,02	4,4	0,05	0,22	0,24		Решетка, тройник на ответвлении
2	74,5	5,8	160	0,02	1,03	0,0347	0,2	1,3	0,05	0,07	0,27	0,51	Зонт
Невязка: $\frac{0,569 - 0,51}{0,569} \cdot 100\% = 10\%$													
3	31	0,3	160	0,02	0,43	0,0347	0,01	2,3	0,09	0,21	0,22	0,22	Решетка, тройник на проход
Невязка: $\frac{0,24 - 0,22}{0,24} \cdot 100\% = 8,33\%$													

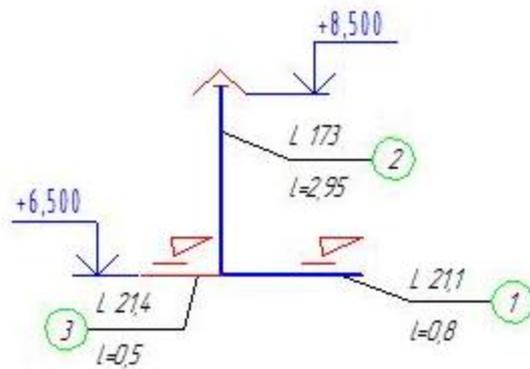


Рисунок Д.15 – Расчётная схема системы ВЕ1

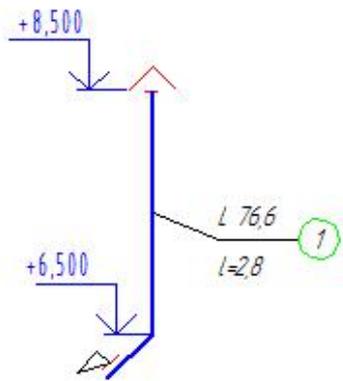


Рисунок Д.16 – Расчётная схема системы ВЕ2

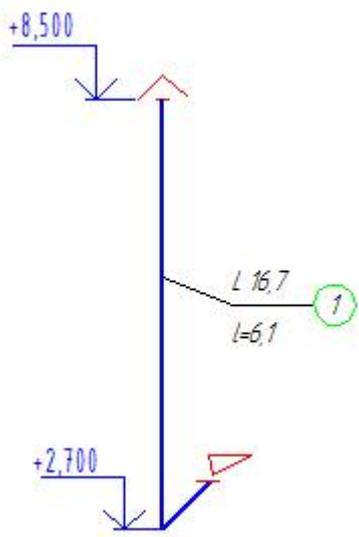


Рисунок Д.17 – Расчётная схема системы ВЕ3

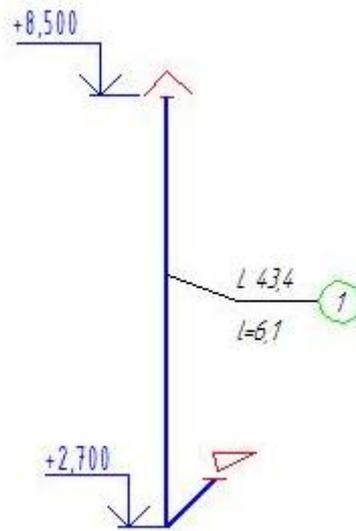


Рисунок Д.18 – Расчётная схема системы BE4

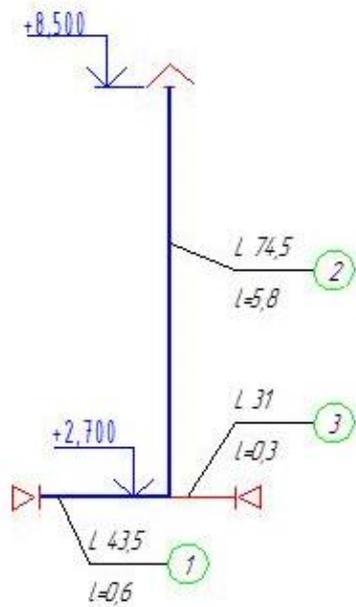


Рисунок Д.19 – Расчётная схема системы BE5