

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

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент  
должность

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Д.В. Ульрих

\_\_\_\_\_ 2018 г.

Системы вентиляции и воздушного отопления встроенных нежилых  
помещений и автопарковки жилого дома на пересечении ул.  
Блюхера-Доватора, г. Челябинск

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 13.03.01.2018.256.19. ПЗ ВКР

Консультанты:

Раздел «Автоматизация»

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ С.В. Панфёров

\_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель проекта:

доцент

\_\_\_\_\_ А.Н. Нагорная

\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор проекта:

студент группы АС-432

\_\_\_\_\_ Э. Н. Низямова

\_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер:

старший преподаватель

\_\_\_\_\_ Ю.В. Дорофеева

\_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Низямова Э.Н. Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе. Системы вентиляции и воздушного отопления встроенных нежилых помещений и автопарковки жилого дома на пересечении ул. Блюхера-Доватора, г. Челябинск – Челябинск: ЮУрГУ, АС-432; 2018, 83 с., библиографический список – 21 наим., 5 прил., 9 листов ф. А1

В данной работе была разработана система вентиляции воздуха нежилых встроенных помещений и система воздушного отопления подземной автостоянки жилого здания в г. Челябинск.

Проект сделан в соответствии с требованиями, содержащимися в СП, противопожарных норм, предъявляемыми к зданиям и помещениям общественного назначения соответствующего профиля.

В специальной части выпускного квалификационной работы было выполнено следующее:

- расчет воздухообменов во встроенных помещениях и в подземной автостоянке;
- аэродинамический расчет запроектированных систем;
- произведен подбор оборудования;
- расчет системы дымоудаления подземной автостоянки и подобрано оборудование к ней.

В разделе «Автоматизация» разработана схема автоматизации приточной установки.

						13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Зав. каф.	Ульрих				Системы вентиляции и воздушного отопления встроенных нежилых помещений и автопарковки жилого дома на пересечении ул. Блюхера-Доватора, г. Челябинск	Стадия	Лист	Листов
Н.контр.	Дорофеева					ДП	3	83
Руководит.	Нагорная					ЮУрГУ Кафедра ГИСиС		
Консульт.	Нагорная							
Дипломник	Низямова							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	7
1.1 Характеристика объекта.....	7
1.2 Расчетные параметры наружного воздуха.....	8
1.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха.....	9
1.4 Характеристика ограждающих конструкций.....	9
2 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ.....	10
2.1 Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций подземной автостоянки.....	10
2.2 Определение теплотерь подземной автопарковки.....	12
2.3 Конструктивные решения системы отопления автостоянки.....	16
2.4 Подбор воздушно-отопительных агрегатов.....	17
2.5 Гидравлический расчет системы воздушного отопления автостоянки.....	20
3 СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ НЕЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ.....	24
3.1 Определение нормируемого воздухообмена.....	24
3.2 Подбор воздухораспределителей.....	31
3.3 Конструктивные решения систем вентиляции.....	35
3.4 Аэродинамический расчет приточных и вытяжных вентиляционных систем.....	36
3.5 Подбор оборудования.....	50
4 СИСТЕМА ДЫМОУДАЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ АВТОПАРКОВКИ.....	54
4.1 Конструктивные решения по системам дымоудаления автостоянки.....	54
4.2 Расчет системы дымоудаления подземной автостоянки.....	55
5 АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	61
5.1 Характеристика объекта регулирования.....	61
5.2 Техническое задание.....	61
5.3 Параметры регулирования и их контроль.....	62
5.4 Блокировка и защита.....	62

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	64
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Расчет тепловых потерь подземной автостоянки через наружные ограждающие конструкции.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Технические характеристики местных сопротивлений оборудования системы отопления подземной автостоянки.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Гидравлический расчет ОЦК системы отопления автостоянки.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Подбор воздухораспределителей для нежилых встроенных помещений.....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Результаты подбора вентиляционных установок.....	79

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время получило большое распространение проектирование и строительство жилых зданий с нижними нежилыми этажами. Эти этажи, выполненные во встроенных или встроено-пристроенных строительных объемах, используются в качестве помещений общественного назначения.

В настоящее время к общественным зданиям предъявляются достаточно высокие требования по архитектурно-эстетическим решениям, интерьеру, дизайну, применяемому оборудованию. Поэтому необходимо проектировать системы вентиляции воздуха высокого качества с применением современного вентиляционного оборудования и изделий. Применяемое в проектах оборудование должно быть надежным в работе, простым в эксплуатации и удовлетворять требованиям ремонтпригодности.

Основная задача выполнения работы по вентиляции и отоплению общественного здания – создание в помещениях различного назначения необходимых параметров микроклимата для выполнения тех или иных видов работ и нормальной деятельности человека, а также решение вопросов энергосбережения. Именно эти необходимые для человека условия внутренней среды в жилых и общественных зданиях обеспечиваются с помощью систем отопления и вентиляции воздуха.

Цель дипломного проекта – разработать проект по вентиляции встроенных нежилых помещений и по воздушному отоплению подземной автостоянки жилого здания. Для достижения этой цели поставлен ряд задач, выполнению которых посвящен дипломный проект.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						6
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

# 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

## 1.1 Характеристика объекта

Объектом проектирования являются встроенные нежилые помещения и подземная автопарковка 17-этажного жилого здания высотой 54,5 м, расположенное на пересечении улиц Блюхера и Доватора в Советском районе города Челябинск.

Во встроенных нежилых помещениях находятся на первом этаже парикмахерская на 7 кресел, швейное ателье на 8 рабочих мест, на втором этаже – библиотека с фондом менее 200 тыс. единиц, на третьем – проектно-конструкторская организация, а также ряд вспомогательных помещений.

В подвале находится автопарковка с рампой на 32 парковочных места, также в подвале расположены помещения ИТП, приточная венткамера, насосная, техническое помещение, охраны и др., а в техническом этаже – оборудование вытяжных систем и др.

Ориентация главного фасада на юго-восток.

Высота подвала, первого, второго и третьего этажей – 3,45 м.

Расчетная географическая широта района строительства – 55° с.ш..

Теплоноситель и его параметры – вода 95 – 65 °С.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						7
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 1.2 Расчетные параметры наружного воздуха

Расчётные параметры определяются согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [1] для города Челябинск по параметрам «А» – для систем вентиляции в теплый период года и по параметрам «Б» – для систем вентиляции в холодный период года.

Расчетные параметры наружного воздуха для теплого периода определяются по таблице 4.1 [1]:

- Температура воздуха обеспеченностью 0,95 по параметрам «А»  $t_n=25,9$  °С и обеспеченностью 0,98 по параметрам «Б»  $t_n=25,9$  °С;
- Барометрическое давление  $P_6=985$  гПа;
- Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль  $v_n=3,2$  м/с.

Расчетные параметры наружного воздуха для холодного периода определяются по таблице 3.1 [1]:

- Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92  $t_n=-34$  °С;
- Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца  $\phi_n=78$  %;
- Продолжительность отопительного периода  $z_{от}=218$  сут.;
- Средняя температура наружного воздуха за отопительный период  $t_{от} = - 6,5$  °С;
- Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь  $v_n=4,5$  м/с.

Полученные данные сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Расчетные параметры наружного воздуха

Наименование параметра	Период года		
	Теплый		Холодный
	Параметр «А»	Параметр «Б»	Параметр «Б»
Температура $t_n$ , °С	21,7	25,9	-34
Скорость ветра $v_n$ , м/с	3,2		4,5
Барометрическое давление $P_6$ , Па	98500		

### 1.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха

Расчетные параметры внутреннего воздуха в обслуживаемой зоне административных и общественных помещений определяются по таблице 3 ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные» [2] минимальными из допустимых. Полученные данные сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 - Расчетные параметры внутреннего воздуха

Наименование параметра	Период года	
	Теплый	Холодный
Температура $t_v$ , °С	21,7+3=24,7	*
Относительная влажность воздуха $\phi_v$ , %	$\leq 65$	$\leq 60$
Подвижность воздуха $v_v$ , м/с	$\leq 0,5$	$\leq 0,3$

\* Температура внутреннего воздуха изменяется в зависимости от назначения помещения.

### 1.4 Характеристика ограждающих конструкций

Таблица 1.3 – Характеристика строительных конструкций здания

№	Материал	Толщина, мм	Теплопроводность, Вт/(м°С)
Конструкция наружной стены			
1	Штукатурка	40	0,76
2	Блок ячеистый по ГОСТ 31360-2007 (Инси-блок), плотность 500 кг/м <sup>3</sup>	300	0,12
3	Утеплитель: минплита, плотность 180 кг/м <sup>3</sup>	150	0,045
4	Штукатурка	40	0,76
Конструкция перекрытия над автопарковкой			
1	Железобетон	300	2,04
2	Утеплитель: минплита, плотность 180 кг/м <sup>3</sup>	150	0,045



## 2 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ

### 2.1 Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций подземной автостоянки

Находим градусо-сутки отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (21 - (-6,5)) \cdot 218 = 5995 \text{ сут.}$$

Нормируемое (требуемое) сопротивление теплопередаче определяется по таблице 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [3] по формуле

$$R_{\text{тр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b \quad (2.1)$$

Для наружной стены:

– в жилой части:

$$R_{\text{тр}} = 0,00035 \cdot 5995 + 1,4 = 3,5 \text{ м}^2\text{°C/Вт};$$

– в нежилой части:

$$R_{\text{тр}} = 0,0003 \cdot 5995 + 1,2 = 3,0 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Фактическое сопротивление теплопередаче  $R_{\text{ф}}$ , ( $\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}$ ), ограждающих конструкций:

$$R_{\text{ф}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (2.2)$$

где  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждающих конструкций соответственно,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , находятся по таблицам 4, 6 [3];

$\delta_i$  – толщина слоя, м;

$\lambda_i$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{°C})$ , согласно приложению Д [3].

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$ :

$$K = \frac{1}{R_{\text{ф}}} \quad (2.3)$$

Для наружной стены:

$$R_{\text{ф}} = \frac{1}{8,7} + 2 \cdot \frac{0,040}{0,93} + \frac{0,300}{0,12} + \frac{0,150}{0,045} + \frac{1}{23} = 6,08 \frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}};$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						10
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$K = \frac{1}{6,08} = 0,16 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

Температура в помещении автопарковки составляет +5 °С. Согласно [3], если температура двух соседних помещений отличается более чем на 8°С, то минимально допустимое сопротивление теплопередачи определяется по формуле:

$$R_o^{\text{норм}} = \frac{t_b - t_n}{\Delta t_n \cdot \alpha_b} \quad (2.4)$$

где  $t_n$  - температура в наиболее холодном помещении, °С;

$\Delta t_n$  - нормируемый температурный перепад, °С, между температурой внутреннего воздуха  $t_b$  и температурой внутренней поверхности  $t_{\text{в}}$  ограждающей конструкции, °С, принимаемый по таблице 5 [3].

$$R_o^{\text{норм}} = \frac{(19-5)}{2 \cdot 8,7} = 0,8 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

Для перекрытия над автопарковкой:

$$R_{\text{ф}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,300}{2,04} + \frac{0,150}{0,045} + \frac{1}{23} = 3,64 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}};$$

$$K = \frac{1}{3,64} = 0,27 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

Аналогично рассчитаем коэффициент теплопередачи остальных типов наружных ограждающих конструкций подземной автостоянки.

Таблица 2.1 – Коэффициенты теплопередачи конструкций подземной автостоянки

Тип наружного ограждения	Значение коэффициента теплопередачи $K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$
Наружные стены	0,16
Покрытия	0,30
Перекрытия	0,27
Наружная дверь	1,25

## 2.2 Определение теплотерь подземной автопарковки

Определим потери теплоты через ограждающие конструкции подвального этажа.

Основные и добавочные потери теплоты следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции  $Q_i$ , Вт, для помещений по формуле

$$Q_i = A_i \cdot K_i \cdot (t_b - t_n) \cdot n_i \cdot (1 + \sum \beta_i), \quad (2.5)$$

где  $A_i$  – расчетная площадь рассматриваемого ограждения,  $m^2$ , принимается с учетом правила обмера площадей с точностью до  $0,1 m^2$ ;

$K_i$  – коэффициент теплопередачи,  $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$t_b$  – температура рассчитываемого помещения,  $^\circ C$ ;

$t_n$  – температура наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью  $0,92$ ),  $^\circ C$ ;

$n$  – коэффициент, учитывающий фактическое понижение расчетной разности температур для ограждения, которое отделяет отапливаемое помещение от неотапливаемого;

$\beta_i$  – добавочные теплотери в долях от основных потерь.

Добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь:

- в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере  $0,1$ , на юго-восток и запад - в размере  $0,05$ ; в угловых помещениях дополнительно - по  $0,05$  на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад и  $0,1$  - в других случаях;
- через наружные ворота  $\beta=3$  при отсутствии тамбура и воздушно-тепловых завес.

Рассчитаем теплотери через ограждения подземной автостоянки 001 подвального этажа здания. Высота этажа  $3,45$  м, толщина перекрытия с утеплителем на грунте  $0,45$  м. Расчетная температура воздуха помещения парковки  $t_b = 5$   $^\circ C$ .

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						12
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Площади каждой конструкции определяются в соответствии с геодезическими отметками земли.

1. Наружная стена I:

–  $A_{\text{НС1}} = 26,3 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на юго-восток:  $\beta_{\text{НС1}} = 0,05$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС1}} = 0,05$ ;

– теплопотери для наружной стены I определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС1}} = 26,3 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,05) = 177 \text{ Вт}$$

2. Наружная стена II:

–  $A_{\text{НС2}} = 6,9 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на северо-восток:  $\beta_{\text{НС2}} = 0,1$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС2}} = 0,1$ ;

– теплопотери для наружной стены II определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС2}} = 6,9 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 48 \text{ Вт}$$

3. Наружная стена III:

–  $A_{\text{НС3}} = 25,0 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на юго-восток:  $\beta_{\text{НС3}} = 0,05$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС3}} = 0,05$ ;

– теплопотери для наружной стены III определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС3}} = 25,0 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,05) = 168 \text{ Вт}$$

4. Наружная стена IV:

–  $A_{\text{НС4}} = 65,3 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на северо-восток:  $\beta_{\text{НС4}} = 0,1$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС4}} = 0,1$ ;

– теплопотери для наружной стены IV определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС4}} = 65,3 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 461 \text{ Вт}$$

5. Наружная стена V:

–  $A_{\text{НС5}} = 30,8 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на северо-запад:  $\beta_{\text{НС5}} = 0,1$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС5}} = 0,1$ ;

– теплопотери для наружной стены V определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС5}} = 30,8 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,105) = 217 \text{ Вт}$$

6. Наружная стена VI:

–  $A_{\text{НС6}} = 3,9 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на северо-восток:  $\beta_{\text{НС6}} = 0,1$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС6}} = 0,1$ ;

– теплопотери для наружной стены VI определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС6}} = 3,9 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 28 \text{ Вт}$$

7. Наружная стена VII:

–  $A_{\text{НС7}} = 58,2 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на северо-запад:  $\beta_{\text{НС7}} = 0,1$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС7}} = 0,1$ ;

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

– теплотери для наружной стены VII определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС7}} = 58,2 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 410 \text{ Вт}$$

8. Наружная стена VIII:

–  $A_{\text{НС8}} = 2,9 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на запад:  $\beta_{\text{НС8}} = 0,05$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС8}} = 0,05$ ;

– теплотери для наружной стены VIII определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС8}} = 2,9 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,05) = 19 \text{ Вт}$$

9. Наружная стена IX:

–  $A_{\text{НС9}} = 12,8 \text{ м}^2$ ;

– ориентация ограждения на юго-запад:  $\beta_{\text{НС9}} = 0,05$ ,  $\Sigma\beta_{\text{НС9}} = 0,05$ ;

– теплотери для наружной стены IX определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{НС9}} = 12,8 \cdot 0,16 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0,05) = 82 \text{ Вт}$$

Суммарные теплотери через наружные стены определим по формуле

$$Q_{\text{НС}} = Q_{\text{НС1}} + Q_{\text{НС2}} + Q_{\text{НС3}} + Q_{\text{НС4}} + Q_{\text{НС5}} + Q_{\text{НС6}} + Q_{\text{НС7}} + Q_{\text{НС8}} + Q_{\text{НС9}} \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{НС}} = 177 + 48 + 168 + 461 + 217 + 28 + 410 + 19 + 82 = 1610 \text{ Вт}$$

10. Пол:

Расчёт сопротивления теплопередаче утеплённого пола на грунте производится по формуле

$$R_{\text{у.п.}} = R_{\text{н.п.}} + \sum \frac{\delta_{\text{ут.}}}{\lambda_{\text{ут.}}}, \quad (2.7)$$

где  $\delta_{\text{ут.}}$  – толщина утепляющего слоя, м;

$\lambda_{\text{ут.}}$  – теплопроводность материала утепляющего слоя, Вт/(м·°С).

Для зоны I:

$$A_{\text{плI}} = 1757,3 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{у.п.}} = 2,1 + \frac{0,150}{0,045} = 5,43 \frac{\text{м} \cdot \text{°С}}{\text{Вт}};$$

$$K = \frac{1}{5,43} = 0,18 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}};$$

$$Q_{\text{плI}} = 1757,3 \cdot 0,18 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot 1 = 12614 \text{ Вт}$$

Для зоны II:

$$A_{\text{плII}} = 294,2 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{у.п.}} = 4,3 + \frac{0,150}{0,045} = 7,63 \frac{\text{м} \cdot \text{°С}}{\text{Вт}};$$

$$K = \frac{1}{7,63} = 0,13 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}};$$

$$Q_{\text{плII}} = 294,2 \cdot 0,13 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot 1 = 1503 \text{ Вт}$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						14
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Для зоны III:

$$A_{\text{ПЛИИ}} = 330,9 \text{ м}^2,$$
$$R_{\text{у.п.}} = 8,6 + \frac{0,150}{0,045} = 11,93 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$K = \frac{1}{11,93} = 0,08 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}};$$

$$Q_{\text{ПЛИИ}} = 330,9 \cdot 0,08 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot 1 = 1081 \text{ Вт}$$

Для зоны IV:

$$A_{\text{ПЛИV}} = 1217,4 \text{ м}^2,$$
$$R_{\text{у.п.}} = 14,2 + \frac{0,150}{0,045} = 17,53 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$K = \frac{1}{17,53} = 0,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}};$$

$$Q_{\text{ПЛИV}} = 1217,4 \cdot 0,06 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot 1 = 2708 \text{ Вт}$$

Суммарные теплопотери через пол определим по формуле

$$Q_{\text{ПЛ}} = Q_{\text{ПЛИ}} + Q_{\text{ПЛИИ}} + Q_{\text{ПЛИИИ}} + Q_{\text{ПЛИV}} \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{ПЛ}} = 12614 + 1503 + 1081 + 2708 = 17906 \text{ Вт}$$

11. Потолок:

$$- A_{\text{ПОТ}} = 1017,4 \text{ м}^2;$$

$$- K = \frac{1}{3,64} = 0,27 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}};$$

- теплопотери через потолок определяются по формуле (2.5):

$$Q_{\text{ПОТ}} = 1017,4 \cdot 0,27 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (1 + 0) = 10904 \text{ Вт}$$

12. Ворота:

$$- A_{\text{В}} = 5,1 \times 2,5 = 11,0 \text{ м}^2;$$

$$- \text{Ориентация на северо-восток: } \beta_{\text{В}} = 0,1;$$

$$- K = \frac{1}{0,8} = 1,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}};$$

$$- Q_{\text{ВР}} = 11 \cdot 1,25 \cdot (5 - (-34)) \cdot 1 \cdot (3 + 0,1) = 2192 \text{ Вт}$$

Также необходимо учесть тепловые потери с нагревом въезжающих в помещение стоянки автомобилей  $Q_{\text{авт}}$ , Вт, в количестве 0,029 Вт в час на один кг массы в снаряженном состоянии на один градус разницы температур наружного

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						15
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

и внутреннего воздуха ВСН 01-89 «Предприятия по обслуживанию автомобилей» [4]:

$$Q_{\text{авт}} = 0,029 \cdot M_{\text{авт}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n \quad (2.9)$$

где  $M_{\text{авт}}$  – средняя масса одного автомобиля среднего класса, кг;  
 $n$  – количество въезжающих автомобилей за 1 час, шт./ч, примерное количество можно определить из условия, что за рабочий день, длящийся в среднем 12 ч, произойдет полный цикл замены автомобилей новыми:

$$n = \frac{32}{12} = 2,7 \approx 3 \text{ шт./ч}$$

$$Q_{\text{авт}} = 0,029 \cdot 3 \cdot 1500 \cdot (5 - (-34)) = 5090 \text{ Вт}$$

Суммарные теплопотери подземной автостоянки:

$$Q_{\Sigma \text{автост}} = Q_{\text{НС}} + Q_{\text{ПЛ}} + Q_{\text{ПОТ}} + Q_{\text{ВР}} + Q_{\text{авт}} \quad (2.10)$$

$$Q_{\Sigma \text{автост}} = 1610 + 17906 + 10904 + 2192 + 5090 = 37703 \text{ Вт}$$

Потери теплоты остальных помещений цокольного этажа рассчитываются аналогичным образом. Результаты расчета заносятся в Приложение А.

### 2.3 Конструктивные решения системы отопления автостоянки

Система отопления подземной автостоянки – воздушная, выполненная воздушно-отопительными водяными агрегатами Volcano VR mini фирмы «VTS», на поддержание температуры внутри автостоянки +5 °С.

Воздушно-отопительные агрегаты представляют собой водяные тепловентиляторы, т.е. это водяные калориферы с вентилятором в одном корпусе. Для нормальной работы тепловентиляторам Volcano не нужен наружный воздух, так как они используют воздух, имеющийся в помещении. С помощью вентилятора и специальных жалюзи струи тёплого воздуха равномерно распределяются в четырёх направлениях.

В автоматическом режиме тепловентиляторы водяные Volcano способны точно поддерживать заданную температуру – отключение и включение производится автоматически, агрегаты не будут работать без необходимости. Это означает также реальное снижение эксплуатационных расходов.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16



Рисунок 2.1 – Внешний вид Volcano VR mini фирмы «VTS»

Тепловая нагрузка рассчитана на компенсацию потерь через ограждающие конструкции, нагрев вентиляционного воздуха и нагрев въезжающих автомобилей. Регулирование теплоотдачи агрегатов предусмотрено изменением частоты вращения вентиляторов по датчику  $t_v$ .

Подключение воздушно-отопительных агрегатов выполнено с использованием двухтрубной горизонтальной схемы. Система отопления автопарковки подключена по зависимой схеме. Температура теплоносителя в подающем теплопроводе  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в обратном –  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для системы отопления использованы стальные водогазопроводные трубопроводы согласно ГОСТ 3262-75\* [5] при условных диаметрах менее 50 мм и электросварные прямошовные согласно ГОСТ 10704-91\* [6] при условных диаметрах не менее 50 мм.

Магистральные трубопроводы системы отопления теплоизолируются изоляцией М-25 толщиной 50 мм класса «НГ» фирмы «URSA».

#### **2.4 Подбор воздушно-отопительных агрегатов**

Система воздушного отопления подземной автопарковки запроектирована на поддержание температуры  $t_v=+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  таким образом, чтобы обеспечить нагрев вентиляционного наружного воздуха, подаваемого через сопловые воздухораспределители VS-4 производителя «Hidria», см. п. 3.2.2, а

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



также компенсации тепловых потерь через ограждения парковки и нагрев въезжающих автомобилей.

Затраты тепловой энергии на нагрев вентиляционного воздуха, поступающего через сопловые диффузоры VS-4:

$$Q_{\text{вент}} = 0,28 \cdot L_{\text{пр}} \cdot c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (2.11)$$

где  $L_{\text{пр}}$  – расход приточного воздуха из условия превышения вытяжки над притоком на 20 %, см. п. 3.1.2, м<sup>3</sup>/ч;

$c_{\text{в}}$  – теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, при средней температуре внутреннего и наружного воздуха, определяется по формуле

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{273 + t_{\text{ср}}}, \quad (2.12)$$

где  $t_{\text{ср}}$  – средняя температура внутреннего и наружного воздуха, °C:

$$t_{\text{ср}} = \frac{5 + (-34)}{2} = -14,5^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{273 - 14,5} = 1,37 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{вент}} = 0,28 \cdot 7816 \cdot 1,005 \cdot 1,37 \cdot (5 - (-34)) = 117520 \text{ Вт}$$

Суммарная мощность нагрева калориферов определяется по формуле

$$Q_{\Sigma \text{кал}} = Q_{\Sigma \text{автост}} + Q_{\text{вент}} \quad (2.13)$$

$$Q_{\Sigma \text{кал}} = 37703 + 117520 = 155222 \text{ Вт}$$

Учитывая места установки воздухораспределителей VS-4, выбираем оптимальный тип воздушно-отопительных агрегатов – калориферы VOLCANO VR mini, технические характеристики которых указаны в приложении Б, с эффективным радиусом распространения воздушной струи 14 м с учетом высоты установки оборудования на уровне 3 м от уровня пола.

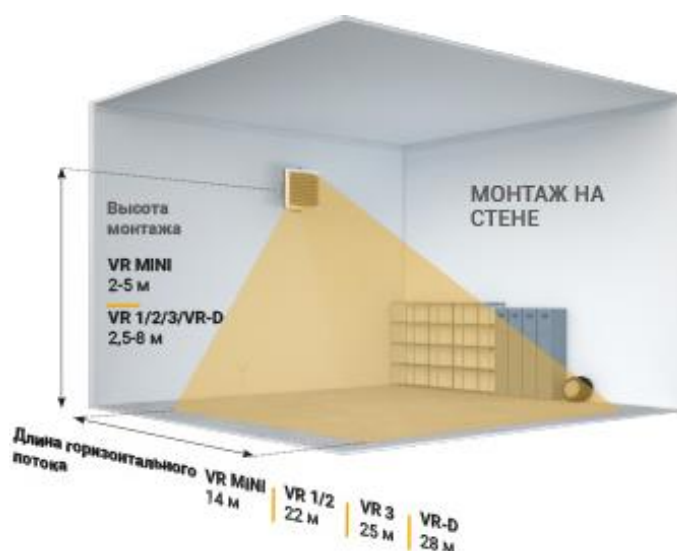


Рисунок 2.2 – Схема распространения воздушной струи при монтаже на стене

Тогда количество устанавливаемых воздушно-отопительных агрегатов:

$$n_{\text{кал}} = \frac{F_{\text{ст}}}{F_{\text{ВОА}}}, \quad (2.14)$$

где  $F_{\text{ст}}$  – площадь автостоянки,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{ВОА}}$  – площадь распространения воздушной струи от воздушно-отопительного агрегата VOLCANO mini,  $\text{м}^2$ .

$$n_{\text{кал}} = \frac{1628,4}{\frac{\pi \cdot 14^2}{4}} = 10,58 \approx 11 \text{ шт.}$$

Тепловая мощность одного калорифера составляет:

$$Q_{1 \text{ кал}} = \frac{Q_{\Sigma \text{ кал}}}{n_{\text{кал}}} \quad (2.15)$$

$$Q_{1 \text{ кал}} = \frac{155222}{11} = 14111 \text{ Вт}$$

Полученная мощность попадает в диапазон тепловых мощностей 3-20 кВт воздушно-отопительных агрегатов VOLCANO VR mini.

Параметры	Ед. изм.	VOLCANO VR MINI
Количество рядов теплообменника	-	2
Максимальный расход воздуха	$\text{м}^3/\text{ч}$	2100
Диапазон тепловых мощностей	кВт	3-20

Рисунок 2.3 – Технические характеристики воздушно-отопительного агрегата VOLCANO mini фирмы «VTS»

## 2.5 Гидравлический расчет системы воздушного отопления

### автостоянки

Система отопления автопарковки – воздушная, подключение воздушно-отопительных агрегатов предусмотрено по зависимой схеме, двухтрубное с тупиковым движением теплоносителя на поддержание температуры +5 °С. Гидравлический расчет выполняется по методу удельных линейных потерь на трение.

Для гидравлического расчёта необходимо выбрать основное циркуляционное кольцо (ОЦК). В горизонтальной двухтрубной системе отопления ОЦК проходит через самый нагруженный и удаленный прибор. Расчетная схема представлена на рисунке 2.4. В данном случае ОЦК проходит через воздушно-отопительный агрегат А7, тепловая мощность которого  $Q=14111$  Вт и обратно по такому же принципу, т.е. участки ОЦК-1-2-3-....-13-14-15.

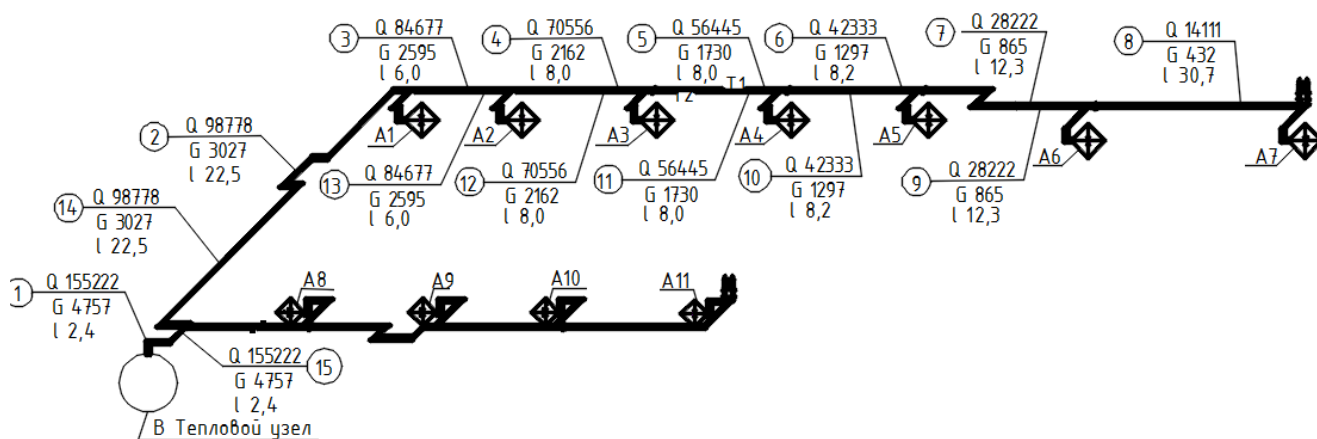


Рисунок 2.4 – Расчетная схема системы отопления подземной автопарковки

Тепловая нагрузка на участке № 8  $Q_8=14111$  Вт, длина участка  $L_8=30,7$  м. Расход воды на участке № 8 определяем по формуле

$$G_8 = \frac{3,6 \cdot Q_8 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_r - t_o)} \quad (2.16)$$

где  $Q_8$  – тепловая нагрузка участка №8, Вт, принимается с расчетной схемы;

$c$  – удельная массовая теплоемкость воды, равная  $4,187$  кДж/(кг·°С)

$\beta_1$  – поправочный коэффициент, зависящий от шага номенклатурного ряда отопительных приборов, определяется по таблице 9.4 [7]

$\beta_2$  – коэффициент, зависит от места установки прибора, определяется по таблице 9.5 [7].

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

В случае, когда тип отопительного прибора отличается от представленных в таблицах 9.4 [7], допустимо принимать  $\beta_1 \cdot \beta_2 = 1,07$ .

$$G_2 = \frac{3,6 \cdot 14111 \cdot 1,07}{4,187 \cdot (95 - 65)} = 432 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Пользуясь таблицами П.1 [7], определим условный диаметр магистральной трубы на участке №2,  $D_y = 25$  мм, тогда удельное сопротивление на трение на участке равно 50 Па/м. Согласно ГОСТ 3262-75\* [5] подбираем наружный диаметр трубопровода и толщину стенки:  $D_n = 33,5$  мм,  $\delta = 3,2$  мм.

Высчитываем скорость теплоносителя на участке № 8 по формуле

$$\omega = \frac{4G}{3600 d_{\text{вн}}^2 \cdot \pi \cdot \rho} \quad (2.17)$$

где  $\rho$  - плотность воды при средней температуре теплоносителя,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , определяется по таблице I.6 [7].

$$\omega_8 = \frac{4 \cdot 432}{3600 \cdot 0,0271^2 \cdot 3,14 \cdot 971,8} = 0,214 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Далее находим критерий Рейнольдса на участке № 8 по формуле

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}}}{\nu} \quad (2.18)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости, зависящая от температуры теплоносителя,  $\text{м}^2/\text{с}$

$$\text{Re}_8 = \frac{0,214 \cdot 0,0271}{0,336 \cdot 10^{-6}} = 17292$$

Предельное значение числа Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\text{пр}} = \frac{568 d_{\text{вн}}}{k_{\text{ЭКВ}}} \quad (2.19)$$

где  $k_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентная шероховатость,  $k_{\text{ЭКВ}} = 0,2$  мм для стальных труб.

$$\text{Re}_{\text{пр8}} = \frac{568 \cdot 0,0271}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 76974$$

Так как  $2300 < \text{Re} = 17292 < \text{Re}_{\text{пр}} = 76974$ , то режим течения переходный, соответственно коэффициент гидравлического трения найдем по формуле

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{k_{\text{ЭКВ}}}{d_{\text{вн}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (2.20)$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Вычислим  $\lambda$  для участка №8:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{27,1 \cdot 10^{-3}} + \frac{68}{17292} \right)^{0,25} = 0,036$$

Потери давления по длине находятся по формуле:

$$\Delta P_{\text{пр}} = \frac{\lambda}{d_{\text{вн}}} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} \cdot L \quad (2.21)$$

$$\Delta P_{\text{пр}} = \frac{0,036}{0,0271} \cdot \frac{971,8 \cdot 0,214^2}{2} \cdot 30,7 = 909 \text{ Па}$$

Местные сопротивления на участке №8:

- Отвод  $90^\circ$   $\xi = 0,50$ , 4 шт.
- Внезапное сужение  $\xi = 0,50$ ;
- Кран шаровой тип BVR-F полнопроходной с накидной гайкой и ниппелем («американка»), 2 шт. фирмы «Danfoss»,  $K_{\text{vs}} = 36 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- Клапан с сервоприводом (VA-VEH202TA)  $K_{\text{vs}} = 4,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- Калорифер Volcano VR mini,  $\Delta P = 6,8 \text{ кПа}$ ;
- Фильтр сетчатый типа FVR, Danfoss,  $K_{\text{vs}} = 11,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- Внезапное расширение  $\xi = 1,00$ ;
- Тройник на проход:  $d_{\text{пр}}/d_{\text{ств}} = 25/32 = 0,78$ ;  
 $G_{\text{пр}}/G_{\text{ств}} = 432/865 = 0,50$   $\xi = 1,30$ ;
- Тройник на проход:  $d_{\text{пр}}/d_{\text{ств}} = 25/32 = 0,78$ ;  
 $G_{\text{пр}}/G_{\text{ств}} = 432/865 = 0,50$   $\xi = 2,20$ .

Технические характеристики фасонных элементов и калорифера представлены в приложении Б.

Сумма КМС на участке 8  $\sum \xi_8 = 7,0$ .

Потеря давления на местные сопротивления определяется по формуле

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} + 0,1 \cdot \left( \frac{G}{K_{\text{vs}}} \right)^2, \quad (2.22)$$

где  $K_{\text{vs}}$  – пропускная способность арматуры,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , определяется по каталогам.

$$Z = 7,0 \cdot \frac{971,8 \cdot 0,214^2}{2} + 6800 + 0,1 \cdot \left( \frac{432}{36} \right)^2 + 0,1 \cdot \left( \frac{432}{11,2} \right)^2 + 0,1 \cdot \left( \frac{432}{4,5} \right)^2 = 8058 \text{ Па}$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

Общие потери давления на участке №8 определяются по формуле

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{тр}} + Z \quad (2.23)$$

$$\Delta P_{\text{уч}8} = 909 + 8058 = 8967 \text{ Па}$$

Аналогичным способом рассчитываются другие участки ОЦК, данные занесены в приложение В.

По итогам расчетов получили суммарные значения потерь давления на участках основного циркуляционного кольца равными  $\Delta P_{\text{ОЦК}} = 17870 \text{ Па} = 1,79 \text{ м вод. ст.}$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						23
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 3 СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ НЕЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ

### 3.1 Определение нормируемого воздухообмена

#### 3.1.1 Определение воздухообмена нежилых помещений

Для помещений, которые характеризуются постоянным составом и интенсивностью вредных выделений, установлены кратности воздухообмена. В помещениях, расположенных на этажах 1 – 3 и вспомогательных помещений в подвале, расчет воздухообмена произведен по нормативной кратности.

$$L=K \cdot V_{\text{пом}}, \quad (3.1)$$

где  $K$  – нормируемая кратность воздухообмена в помещении,  $\text{ч}^{-1}$ , определяется в соответствии с нормативными документами: СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [8], СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» [9], справочник проектировщика [10], справочник под редакцией Краснова [11];

$V_{\text{пом}}$  – объём рассматриваемого помещения,  $\text{м}^3$ .

Для каждого комплекса помещений и здания в целом должен выполняться баланс по воздуху, то есть  $L_{\text{пр}}=L_{\text{выт}}$ . Как правило, получается отрицательный дисбаланс, который ликвидируется подачей воздуха в помещения, смежные с теми, где выполняется только вытяжка. Избыточный приток дополнительной вытяжкой не компенсируется.

Воздухообмен в кабинетах, санузлах, душах принимается по санитарной норме по формуле

$$L_{\text{н}}=N \cdot L_{\text{сан.н.}}, \quad (3.2)$$

где  $L_{\text{сан.н.}}$  – санитарная норма приточного воздуха на одного человека, принимается равной  $L_{\text{сан.н.}} = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$  для помещений с естественным проветриванием и  $L_{\text{сан.н.}} = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$  или  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  для людей, находящихся в данном помещении более или менее 2 ч непрерывно, соответственно, в общественных зданиях согласно [8];

$N$  – количество человек.

Результаты расчетов помещены в таблицу 3.1.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						24
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 3.1 – Расчетный воздухообмен в помещениях этажей 1 – 3 и вспомогательных помещений подвала

Номер помещ.	Наименование помещения	V <sub>пом.</sub> , м <sup>3</sup>	t <sub>в.</sub> , °С	Кратность, ч <sup>-1</sup>		Расход, м <sup>3</sup>	
				Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
1 этаж							
Жилой дом							
103	Консьерж	15,4	16	-	-	139	40
104	Санузел персонала	6,9	16	-	-	-	50
105	КУИ	8,8	16	-	1,5	-	13
110	Электрощитовая	17,6	15	-	2	-	35
Итого:						139	139
Парикмахерская							
119	Вестибюль парикмахерской	37,2	16	2 + По балансу	-	194	-
120	Общий зал на 7 кресел	293,3	18	2	3	587	880
121	Кабинет	30,9	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		40	40
122	Комната персонала (преддушевая)	22,7	23	2	-	75	-
123	Душевая кабина	7,2	25	-	-	-	75
125	Санузел персонала	9,8	16	-	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	-	50
126	КУИ	6,6	16	-	1,5	-	10
127	Коридор	113,1	16	По балансу	-	207	-
128	Комната дезинфекции	16,1	16	-	3	-	48
Итого:						1103	1103
Швейное ателье							
129	Комната персонала	48,8	22	2	3	98	146
130	Приемная ателье	124,4	18	По балансу	-	164	-
131	Примерочные кабины (2 каб.)	19,5		-	2	-	39
132	Швейный цех на 8 р.м.	265,5	18	2	2	531	531
133	КУИ	17,6	16	-	1,5	-	26
134	Санузел	14,8	16	-	-	-	50
Итого:						793	793
2 этаж							
Библиотека							
207	Коридор	450,1	16	По балансу	-	279	-
208	Абонемент (1 раб) и читальный зал	231,2	18	2	2	462	462
209	Абонемент (1 раб) и читальный зал	441,0	18	2	2	882	882

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

13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР

Лист

25



Продолжение таблицы 3.1

Номер помещ.	Наименование помещения	V <sub>пом.</sub> , м <sup>3</sup>	t <sub>в.</sub> , °С	Кратность, ч <sup>-1</sup>		Расход, м <sup>3</sup>	
				Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
211	Санузел мужской	13,2	16	-	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	-	50
212	Санузел женский	12,0	16	-	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	-	50
213	Гардероб	22,1	16	-	1	-	22
215	Помещение охраны	25,8	16	По санитарной норме 60 м <sup>3</sup> /ч в помещении без естественного проветривания		60	60
216	Комната персонала	33,4	22	2	3	67	100
217	Санузел персонала	6,6	16	-	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	-	50
218	КУИ	9,1	16	-	1,5	-	14
219	Подсобное помещение	16,7	16	-	1	-	17
220	Переплетная (1 раб.)	42,8	18	2	3	86	129
221	Кабинет заведующей (1 раб.)	30,2	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		40	40
Итого:						1876	1876
3 этаж							
Проектно-конструкторская организация							
310	Кабинет	29,7	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		40	40
311	Коридор	349,8	16	По балансу	-	233	-
312	Кабинет руководителя проектно-конструкторской организации	122,7	18	1,5	1,5	219	219
313	Кабинет на 5 раб.	125,1	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		200	200
314	Кабинет на 4 раб.	77,6	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		160	160

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

13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР

Лист

26

## Окончание таблицы 3.1

Номер помещ.	Наименование помещения	V <sub>пом.</sub> , м <sup>3</sup>	t <sub>в.</sub> , °С	Кратность, ч <sup>-1</sup>		Расход, м <sup>3</sup>	
				Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
315	Зал совещаний на 15 чел.	119,5	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		300	300
316	Кабинет на 6 раб.	95,1	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		240	240
317	Комната персонала	103,4	22	2	3	207	310
318	Санузел мужской	7,4	16	-	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	-	50
319	Санузел женский	13,5	16	-	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	-	50
320	КУИ	5,6	16	-	1,5	-	8
321	Комната персонала	28,4	18	По санитарной норме 60 м <sup>3</sup> /ч в помещении без естественного проветривания		60	60
Итого:						1697	1697
Подвал							
002	ИТП	76,5	5	-	2	-	153
007	Насосная	72,0	5	-	2	-	144
009	Охрана	27,6	18	По санитарной норме 40 м <sup>3</sup> /ч в помещении с естественным проветриванием		40	40
011	КУИ	7,8	18	-	1,5	-	12
012	Санузел	8,4	18	-	-	-	50
Итого:						40	399

Отрицательный дисбаланс подвала компенсируется засчет открытия наружных ворот.

### 3.1.2 Определение воздухообмена подземной автостоянки

Вентиляция стоянок легковых автомобилей проектируется в соответствии со СНиП 41-01-2003 [12], ВСН 01-89 [4], МГСН 5.01.01 2001 [13] и ОНТП-01-91 [14] без ограничения срока действия.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

Воздухообмен в гаражах-стоянках личного (индивидуального) транспорта определяют расчетом при усредненном числе въездов и выездов в течение 1 часа, которое соответственно равно 2 % и 8 % от общего числа машиномест. Содержание окиси углерода в наружном воздухе обычно принимают  $M_{CO} = 5 \text{ мг/м}^3$ .

Воздух из помещения автостоянки удаляют равномерно из верхней и нижней зоны. Приточные системы вентиляции должны обеспечивать подачу воздуха компактными струями вдоль проездов в рабочую зону; рекомендованная подача составляет 80% от объема вытяжного воздуха.

Исходные данные:

- Площадь автостоянки  $F_{ст} = 1628,4 \text{ м}^2$ ;
- Высота помещения  $H = 3,0 \text{ м}$ ;
- Вид автостоянки – теплая закрытая стоянка манежная;
- Число автомобилей, их класс – 32 шт. среднего класса (рабочий объем двигателя свыше 1,8 до 3,5 л).

Количество вредного вещества, г/с, выделяемого в воздух помещения стоянки:

$$M_i = 10^{-3} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{q_i \cdot L \cdot A_{э,i} \cdot K_c}{t_b \cdot 3,6}, \quad (3.3)$$

где  $q_i$  – удельный выброс загрязняющего вещества, г/км, зависящий от класса автомобиля;

$L$  – условный пробег по стоянке одного автомобиля за цикл въезда и выезда, км;

$A_{э,i}$  – эксплуатационное количество автомобилей на стоянке, шт.;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий скорость автомобиля;

$t_b$  – продолжительность выезда и въезда автомобилей, обычно принимаемая равной 1 ч.

Таблица 3.2 – Удельные выбросы вредных веществ легковым автомобилем среднего класса

	CO	CH	NO <sub>x</sub>
Удельные выбросы q, г/км	20,8	1,3	0,63

Таблица 3.3 – Условный пробег легкового автомобиля за цикл

Вид стоянки	Условный пробег L, км	
	Въезд	Выезд
Теплая закрытая стоянка манежная	0,25	0,7

Таблица 3.4 – Коэффициент влияния скорости автомобиля и условий его хранения на количество вредных выбросов

Способ хранения и режим движения	Коэффициент K <sub>c</sub>		
	CO	CH	NO <sub>x</sub>
Закрытая стоянка, скорость движения автомобиля 5 км/ч	1,4	1,2	1,0

Расход по наружному воздуху, м<sup>3</sup>/ч:

$$L = \frac{M_i}{U_{\text{ПДК}} - U_n}, \quad (3.4)$$

где M<sub>i</sub> – масса выброса вредного вещества, мг/ч;

U<sub>ПДК</sub>, U<sub>n</sub> – ПДК вредного вещества и его содержание в наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

Воздухообмен, требуемый для удаления каждого из вредных выделений:

– По CO

$$M_{\text{CO}} = 10^{-3} \cdot \frac{1,4 \cdot 32 \cdot 20,8 (0,25 \cdot 0,02 + 0,07 \cdot 0,08)}{1 \cdot 3,6} = 0,0158 \text{ г/с};$$

$$L_{\text{CO}} = \frac{0,0158 \cdot 3600 \cdot 1000}{20 - 5} = 3789 \text{ м}^3/\text{ч};$$

– По CH

$$M_{\text{CH}} = 10^{-3} \cdot \frac{1,2 \cdot 32 \cdot 1,3 (0,25 \cdot 0,02 + 0,07 \cdot 0,08)}{1 \cdot 3,6} = 0,0008 \text{ г/с};$$

$$L_{\text{CH}} = \frac{0,0008 \cdot 3600 \cdot 1000}{300 - 0} = 10 \text{ м}^3/\text{ч};$$

– По NO<sub>x</sub>

$$M_{\text{NO}_x} = 10^{-3} \cdot \frac{1,0 \cdot 32 \cdot 0,63 (0,25 \cdot 0,02 + 0,07 \cdot 0,08)}{1 \cdot 3,6} = 0,0003 \text{ г/с};$$

$$L_{\text{NO}_x} = \frac{0,0003 \cdot 3600 \cdot 1000}{5 - 0} = 246 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

Т.к. вредные воздействия примесей проявляются по-разному, воздухообмен принимаем по наибольшему значению, в данном случае по  $L_{CO} = 3789 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В соответствии с п. 2.1 МГСН [13], с каждого машиноместа следует удалять не менее  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха, поэтому проверим выполнение данного условия:

$$L_{\text{м.м.}}^{\text{мин}} = 150 \times 32 = 4800 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Также, в соответствии с п.7.5.10 СП 60.13330.2016 [8], в производственных помещениях высотой до 6 м с выделением вредных газов вытяжка из верхней зоны должна составлять не менее однократного воздухообмена в час. Так как в стоянках автомобилей вытяжки из верхней и нижней зоны по расходу равны, то общий воздухообмен должен быть не менее чем двукратным:

$$L_{2 \text{ кр.}}^{\text{мин}} = 2 \cdot (F_{\text{ст}} \cdot H);$$

$$L_{2 \text{ кр.}}^{\text{мин}} = 2 \cdot (1628,4 \cdot 3) = 9770 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таким образом, за расчетный вытяжной воздухообмен принимаем наибольший, а именно  $9770 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Расход приточного воздуха при обеспечении 20 % превышения вытяжки над притоком (по ВСН 01-89 [4]):

$$L_{\text{пр}} = 0,8 \cdot 9770 = 7816 \text{ м}^3/\text{ч}$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						30
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### 3.2 Подбор воздухораспределителей

Подбор воздухораспределителей для подачи и удаления воздуха осуществляется, исходя из следующих требований:

- Воздухораспределитель должен обслуживать не более 36 м<sup>2</sup> от площади помещения;
- Скорость на выходе из воздухораспределителя не более 3 м/с.

Алгоритм подбора воздухораспределителя:

1. Определить требуемую суммарную площадь воздухораспределителей:

$$F_{\Sigma} = \frac{L_p}{3600 \cdot v_{рек}}, \quad (3.5)$$

где  $L_p$  – расчетный воздухообмен в помещении, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{рек}$  – рекомендуемая скорость воздуха на выходе из воздухораспределителя, м/с.

2. Определить минимальное количество воздухораспределителей:

$$n_{min} = \frac{F_{пом}}{F_{max}}, \quad (3.6)$$

где  $F_{пом}$  – площадь обслуживаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$F_{max}$  – максимальная площадь помещения, обслуживаемая одним воздухораспределителем.

3. Определить требуемую площадь одного воздухораспределителя:

$$F = \frac{F_{\Sigma}}{n_{min}} \quad (3.7)$$

4. Определить фактическую скорость на выходе из воздухораспределителя:

$$v_o = \frac{L_p}{3600 \cdot F_o \cdot n}, \quad (3.8)$$

где  $F_o$  – фактическая площадь воздухораспределителя, м<sup>2</sup>;

$n$  – фактическое число воздухораспределителей, шт.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						31
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### 3.2.1 Подбор воздухораспределителей для нежилых встроенных помещений

*Пример расчета воздухораспределителей для помещения 32 (швейный цех на 8 рабочих мест) 1 этажа*

Данное помещение площадью  $F_{\text{пом}} = 84,3 \text{ м}^2$ , расчетный воздухообмен которого  $L_p = 531 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ .

Требуемая суммарная площадь воздухораспределителей по формуле (3.5):

$$F_{\Sigma} = \frac{531}{3600 \cdot 3} = 0,049 \text{ м}^2$$

Минимальное количество воздухораспределителей по формуле (3.6):

$$n_{\text{min}} = \frac{84,3}{6^2} = 2,3 \approx 3 \text{ шт.}$$

Площадь одного воздухораспределителя по формуле (3.7):

$$F = \frac{0,049}{3} = 0,016 \text{ м}^2$$

$\varnothing A, \text{ мм}$	$F_0, \text{ м}^2$	$b, \text{ мм}$
100	0.007	5
125	0.011	6
160	0.018	6.5
200	0.029	8
250	0.046	10

Рисунок 3.1 – Характеристики диффузоров ДПУ фирмы «Арктика»

По каталогу компании «Арктика» [16] (рисунок 3.1) по требуемой площади определяем площадь воздухораспределителя – диффузор ДПУ 160 с фактической площадью  $F_0 = 0,018 \text{ м}^2$ .

Тогда фактическая скорость на выходе из решетки по формуле (3.8):

$$v_0 = \frac{531}{3600 \cdot 0,018 \cdot 3} = 2,73 \text{ м/с}$$

Скорость воздуха на выходе соответствует требованиям.

Подбор воздухораспределителей для других встроенных нежилых помещений приточной системы П2, а также вентиляционных систем П3, П4 и В2-В4 производится аналогично, полученные данные сведены в приложение Г.

### 3.2.2 Подбор воздухораспределителей приточной системы П1 автопарковки

Исходные данные:  $L_{пр}=7816 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $F_{ст}=1628,4 \text{ м}^2$ .

Местоположение установки воздухораспределителей системы приточной вентиляции П1 подземной автостоянки запроектировано таким образом, чтобы подаваемый этой системой воздух был нагрет воздушно-отопительными агрегатами системы воздушного отопления, см. п. 2.4. Вследствие этого оптимальным количеством воздухораспределителей было выбрано  $n_{в}=10$  шт, причем расстояние между соплами составляет 19-20 м.

Тогда на один воздухораспределитель приходится следующее количество приточного воздуха:

$$L_{1 \text{ пр}} = \frac{L_{пр}}{n_{в}} \quad (3.9)$$

$$L_{1 \text{ пр}} = \frac{7816}{10} = 782 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Воспользуемся онлайн-программой подбора диффузоров VS-4 [15], представленной на рисунке 3.2, для выбора типоразмера. Данный диффузор предназначен для подачи охлаждённого воздуха в помещение, обеспечивая низкий уровень шума.

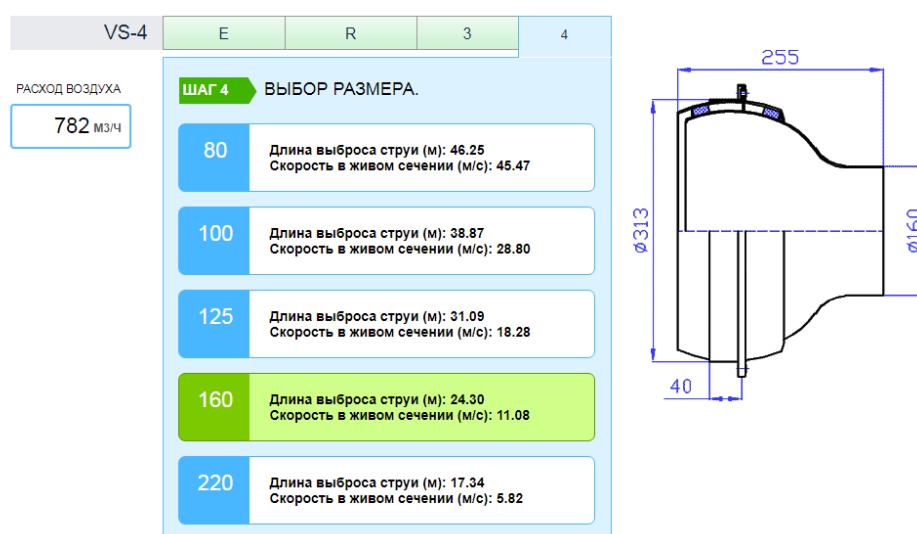


Рисунок 3.2 – Результаты подбора диффузора VS-4 фирмы «Hidria»



К установке принимаем сопловой диффузор VS-4 с диаметром 160 мм, т.к. в данном воздухораспределителе имеется возможность вручную изменить угол направления подачи воздуха на  $30^0$ , что обеспечит длину выброса струи 21 м.

### 3.2.3 Подбор воздухораспределителей вытяжной системы В1 автопарковки

Исходные данные:  $L_{\text{выт}} = 9770 \text{ м}^3/\text{ч}$

Так как в автостоянке вытяжки из верхней и нижней зоны по расходу равны, то из каждой зоны удаляется по:

$$L_{1 \text{ зоны}} = \frac{L_{\text{выт}}}{2} \quad (3.10)$$

$$L_{1 \text{ зоны}} = \frac{9770}{2} = 4885 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Требуемая суммарная площадь воздухораспределителей по формуле (3.5):

$$F_{\Sigma} = \frac{4885}{3600 \cdot 3} = 0,452 \text{ м}^2$$

Минимальное количество воздухораспределителей по формуле (3.6):

$$n_{\text{min}} = \frac{1628,4}{10^2} = 16,4 \approx 17 \text{ шт.}$$

Площадь одного воздухораспределителя по формуле (3.7):

$$F = \frac{0,452}{17} = 0,027 \text{ м}^2$$

Учитывая, что габаритные размеры воздухопроводов, к которым прикреплены воздухораспределители,  $200 \times 150 \text{ мм}^2$ , см. п. 3.4.2, подбираем по каталогу «Арктика» [16], представленному на рисунке 3.3, решетки АМН с размерами  $150 \times 300 \text{ м}^2$ , площадь живого сечения которых  $F_0 = 0,041 \text{ м}^2$ .

Размеры* А x В, мм	F <sub>0</sub> , м <sup>2</sup>
200*100	0.018
300*100	0.027
400*100	0.036
500*100	0.045
600*100	0.054
150*150	0.020
300*150	0.041
400*150	0.055

Рисунок 3.3 – Размеры решеток АМН фирмы «Арктика»

Тогда фактическая скорость на выходе из решетки по формуле (3.8):

$$v_0 = \frac{4885}{3600 \cdot 0,041 \cdot 17} = 1,95 \text{ м/с}$$

Скорость воздуха на выходе соответствует требованиям.

### 3.3 Конструктивные решения систем вентиляции

В дипломном проекте запроектированы системы механической приточной и вытяжной вентиляции, системы естественной вытяжной вентиляции. Система вентиляции обеспечивает требуемую по санитарно-гигиеническим требованиям кратность воздухообмена в помещениях.

В нежилых помещениях, расположенных на 1-3 этажах, вентиляция приточно-вытяжная, поэтажная, рассчитанная по нормативной кратности и санитарной норме согласно СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [8]. Воздух подается в верхнюю зону и удаляется из верхней зоны. В качестве воздухораспределителей приняты решетки АМН и веерные диффузоры ДПУ-К фирмы «Арктика» [16]. В диффузорах ДПУ-К при перемещении веерной вставки с закручивателем соответственно вдоль оси корпуса изменяются вид формируемой приточной струи (от вертикальной смыкающейся конической до горизонтальной веерной) и ее дальнобойность, что позволяет реализовать посезонное регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

В приточных установках использованы каналные секции производителя «Вега» с подогревом приточного воздуха до +19°C. Они расположены под перекрытиями этажей в подшивном потолке.

Удаление воздуха из санузлов офисов происходит при помощи бытовых вентиляторов, установленных в вентиляционный вертикальный канал. Выброс воздуха осуществляется на уровне 2 м выше кровли.

В помещении подземной автостоянки воздухообмен рассчитан на удаление вредностей от автомобилей, но не менее 2-кратного в соответствии с [8]. Предусмотрен 20% отрицательный дисбаланс.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						35
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Приточный воздух в автостоянку подается без подогрева сопловыми воздухораспределителями VS-4 фирмы «Hidria» вдоль проездов. Тепловая нагрузка учтена в мощности системы воздушного отопления автостоянки. Удаление воздуха предусмотрено из верхней и нижней зон помещения поровну.

Металлические воздуховоды выполнены из оцинкованной стали по ГОСТ 14918-80\* [17]. Транзитные воздуховоды имеют толщину 0,8 мм класса герметичности «В».

Воздуховоды систем вентиляции в пределах неотапливаемого этажа покрыты матами фольгированными М15Ф толщиной 50 мм фирмы «URSA».

### 3.4 Аэродинамический расчет приточных и вытяжных вентиляционных систем

Целями аэродинамического расчета систем вентиляции являются определение размеров поперечного сечения воздуховодов, потерь давления вентиляционной сети для подбора вентилятора и увязка ответвлений с магистралью.

Расчет включает 2 этапа:

1. Определение потерь давления по магистральным направлениям
2. Увязка ответвлений.

Для расчета вычерчивается аксонометрическая схема.

Порядок аэродинамического расчета:

1. Определяем требуемую площадь поперечного сечения воздуховодов:

$$F = \frac{L_{\text{уч}}}{3600 \cdot v_{\text{рек}}} \quad (3.11)$$

где  $L_{\text{уч}}$  – расход воздуха на участке, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{\text{рек}}$  – рекомендуемая скорость воздуха в воздуховодах:

- Для систем механической вентиляции:
  - на воздухоприемных решетках от 2 до 4 м/с;
  - в приточных шахтах от 2 до 6 м/с;
  - в магистральных воздуховодах от 5 до 8 м/с;

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						36
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- в ответвлениях от 2 до 5 м/с;
  - в приточных и вытяжных решетках до 3 м/с;
  - в вытяжных шахтах от 8 до 12 м/с;
- Для систем с естественной вентиляцией принимается скорость до 1,5 м/с.

2. По найденной площади из стандартных размеров воздуховодов определяются его габариты а х b.

После выбора стандартных размеров находится фактическая скорость воздуха в воздуховоде по формуле:

$$v_{\phi} = \frac{L_{yч}}{3600 \cdot a \cdot b} \quad (3.12)$$

А также определяется динамическое давление на участке:

$$P_{д} = \frac{\rho \cdot v_{\phi}^2}{2} \quad (3.13)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$ .

3. По размерам а и b рассчитывается эквивалентный диаметр:

$$d_{\text{ЭКВ}} = \frac{2ab}{a + b} \quad (3.14)$$

4. Удельные потери на трение на участке на 1 м:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{ЭКВ}}} \cdot P_{д}, \quad (3.15)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения, определяемый по формуле

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{k_{\text{ЭКВ}}}{d_{\text{ЭКВ}}} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.16)$$

где  $k_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентная шероховатость материалов воздуховодов, мм;

Re – число Рейнольдса, которое определяется по формуле:

$$Re = \frac{d_{\text{ЭКВ}} \cdot v_{\phi}}{\nu}, \quad (3.17)$$

где  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости воздуха,  $\nu = 1,47 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ .

5. Рассчитываются потери давления на трение:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l \quad (3.18)$$

6. Рассчитываются потери давления на местных сопротивлениях:

$$Z = \sum \xi_i \cdot P_d, \quad (3.19)$$

где  $\xi_i$  – коэффициент местного сопротивления фасонного элемента, находится по таблицам 22.18 – 22.43 [18].

7. Рассчитываются суммарные потери давления на участке:

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{тр}} + Z \quad (3.20)$$

8. Производится увязка ответвлений:

$$H = \frac{\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{отв}}}{\Delta P_{\text{маг}}} \cdot 100 \% \quad (3.21)$$

где  $\Delta P_{\text{маг}}$  – сумма потерь давления на участках магистрали от точки присоединения ответвления до последнего участка, Па;

$\Delta P_{\text{отв}}$  – сумма потерь давления на участках ответвлений, Па.

Невязка должна быть меньше или равна 15 %. Если невязка больше 15 %, то на ответвлении устанавливается дроссель-клапан или шибер.

Степень открытия дроссель-клапана определяется по [18].

$$\xi_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{отв}}}{\Delta P_{\text{д}}^{\text{уч}}} \cdot 100 \% \quad (3.22)$$

где  $\Delta P_{\text{маг}}^{\text{д}}$  – динамическое давление на участке ответвлении, Па.

### 3.4.1 Аэродинамический расчет системы П1

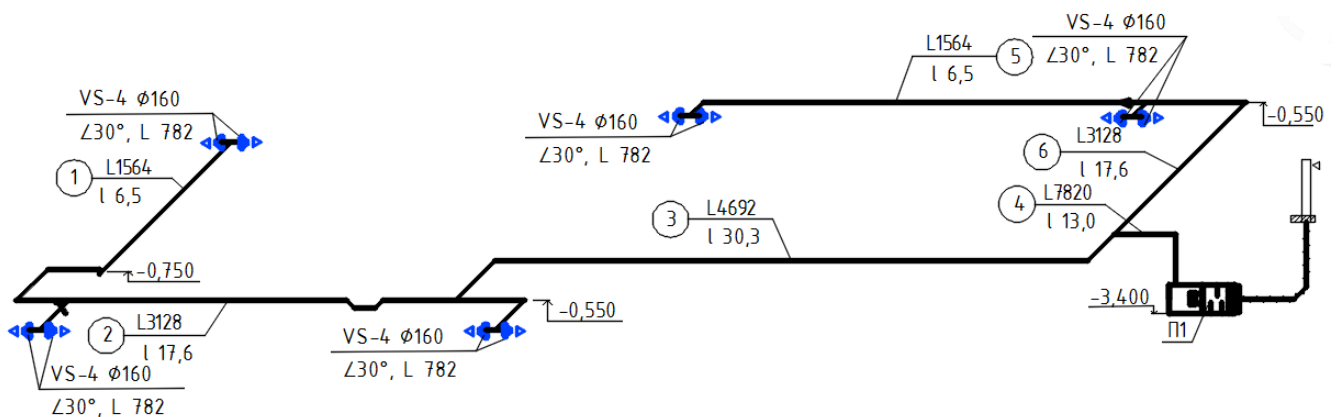


Рисунок 3.4 – Расчетная схема системы П1

### Пример расчета участка 1 магистрального направления системы П1

Длина участка  $l=14,3$  м, расход воздуха  $L=1564$  м<sup>3</sup>/ч;

Требуемая площадь поперечного сечения воздуховодов по формуле (3.11):

$$F = \frac{1564}{3600 \cdot 8} = 0,054 \text{ м}^2$$

По найденной площади, а также учитывая размеры решетки, принимаем размеры прямоугольного воздуховода равными 400 x 200.

Эквивалентный диаметр определяется по формуле (3.14):

$$d_{\text{экв}} = \frac{2 \cdot 0,400 \cdot 0,200}{0,400 + 0,200} = 0,267 \text{ м}$$

Пересчитаем скорость воздуха в воздуховоде по формуле (3.12):

$$v_{\phi} = \frac{1564}{3600 \cdot 0,40 \cdot 0,20} = 5,431 \text{ м/с}$$

Динамическое давление участка 1 по формуле (3.13):

$$P_d = \frac{1,2 \cdot 5,431^2}{2} = 17,7 \text{ Па}$$

Число Рейнольдса определим по формуле (3.17)

$$Re = \frac{0,267 \cdot 5,431}{1,47 \cdot 10^{-5}} = 98645$$

Коэффициент гидравлического трения по формуле (3.16)

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{267 \cdot 10^{-3}} + \frac{68}{98645} \right)^{0,25} = 0,020$$

Определяем удельные потери давления на трение по формуле (3.15):

$$R = \frac{0,020}{0,267} \cdot 17,7 = 1,33 \text{ Па/м}$$

Потери давления по длине по формуле (3.18):

$$\Delta P_{\text{тр}} = 1,33 \cdot 14,3 = 19 \text{ Па}$$

Коэффициенты местных сопротивлений на данном участке:

- воздухораспределитель диффузорный  $\xi = 1,3$ ;
- Последнее боковое отверстие (два отверстия одно против другого)  
 $F_{\text{отв}}/F_{\text{ств}} = 2 \cdot (0,019607)/(0,400 \times 0,200) = 0,49$   $\xi = 7,31$ ;
- Отвод 300x200  $\xi = 0,34$ , 3 шт.;

– Тройник на проход  $F_{пр}/F_{ств} = (400 \times 200)/(600 \times 200) = 0,66$ ;  $L_{отв}/L_{ств} = 1564/3168 = 0,50$   $\xi = 0,4$ .

Сумма КМС равна  $\sum \xi = 10,03$ .

Потери давления на местные сопротивления по формуле (3.19):

$$Z = 10,03 \cdot 17,7 = 177,5 \text{ Па}$$

Суммарные потери давления на участке 1 магистрального направления П2:

$$\Delta P = 19 + 177,5 = 197 \text{ Па}$$

Коэффициенты местных сопротивлений остальных участков магистрального направления П1 приведены в таблице 3.5. Расчет остальных участков на основной магистрали 1-4 производится аналогичным образом и представлен в таблице 3.6.

Таблица 3.5 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках магистрального направления системы П1

Номер уч-ка	Тип местного сопротивления	$\xi$	$\sum \xi$
1	Воздухораспределитель диффузорный	1,30	10,03
	Последнее боковое отверстие (два отверстия одно против другого) $F_{отв}/F_{ств} = 2 \cdot (0,019607)/(0,400 \times 0,200) = 0,49$	7,31	
	Отвод 90° 300x200, 3 шт.	0,34	
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (400 \times 200)/(600 \times 200) = 0,66$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 1564/3168 = 0,50$	0,40	
2	Отвод 45° 600x200, 4 шт.	0,31	2,84
	Тройник на ответвление $F_o/F_{ств} = (300 \times 200)/(600 \times 300) = 0,50$ ; $L_o/L_{ств} = 3128/4692 = 0,67$	1,60	
3	Отвод 90° 600x300, 2 шт.	0,53	2,76
	Тройник на ответвление $F_o/F_{ств} = (600 \times 300)/(500 \times 500) = 0,72$ ; $L_o/L_{ств} = 4692/7820 = 0,6$	1,70	
4	Отвод 90° 500x500, 5 шт.	0,43	3,20
	Наружная решетка Р 100 700x1220 фирмы «Веза»	2,77	
	Потери давления в приточной установке рассмотрены в п. 3.5	-	

H, мм \ B, мм	600	700	800	900
520		0,218	0,250	0,281
620		0,260	0,298	0,335
720		0,302	0,346	0,389
820		0,344	0,394	0,443
920		0,386	0,442	0,497
1020	0,367	0,428	0,490	0,551
1120	0,403	0,470	0,538	0,605
1220	0,439	0,512	0,586	0,659

Рисунок 3.5 – Типоразмерный ряд и живое сечение решеток Р 100 фирмы «Веза»

B, мм \ H, мм	600	700	800	900
520		3,19	3,11	3,06
620		3,10	3,02	2,97
720		3,02	2,95	2,90
820		2,95	2,89	2,84
920		2,90	2,84	2,78
1020	2,93	2,85	2,79	2,74
1120	2,88	2,81	2,75	2,70
1220	2,84	2,77	2,71	2,66

Рисунок 3.6 – Коэффициенты местных сопротивлений решеток Р 100 фирмы «Вега»

Таблица 3.6– Аэродинамический расчет магистрального направления 1-4 системы П1

N уч-ка	L, м³/ч	l, м	a, мм	b, мм	d, мм	v <sub>ф</sub> , м/с	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	Σξ	P <sub>л</sub> , Па	Z, Па	P, Па	ΣP, Па
1	1564	14,3	400	200	267	5,431	1,33	19,0	10,03	17,7	177,5	197	197
2	3128	17,6	600	200	300	7,241	1,95	34,5	2,84	31,5	89,3	124	320
3	4692	30,3	600	300	400	7,241	1,36	41,3	2,76	31,5	86,8	128	448
4	7820	13,0	500	500	500	8,689	1,45	18,8	3,20	45,3	145,0	164	612

Необходимо увязать ответвление с основной магистралью. Для этого произведем аэродинамический расчет ответвления 5-6. Суммарные потери давления на ответвлении не должны превышать 15% от суммарных потерь давления на магистрали. В случае если разница между давлениями больше 15 % необходима установка дроссель-клапана или шибера.

Таблица 3.7 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках ответвлении 5-6 системы П1

Номер уч-ка	Тип местного сопротивления	ξ	Σξ
5	Воздухораспределитель диффузорный	1,3	10,03
	Последнее боковое отверстие (два отверстия одно против другого) $F_{отв}/F_{ств} = 2 \cdot (0,019607)/(0,400 \times 0,200) = 0,49$	7,31	
	Отвод 90° 300x200, 3 шт.	0,34	
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (400 \times 200)/(600 \times 200) = 0,66$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 1564/3168 = 0,50$	0,4	
6	Тройник на ответвление $F_o/F_{ств} = (600 \times 200)/(500 \times 500) = 0,48$ ; $L_o/L_{ств} = 3128/7820 = 0,4$	1,7	2,26
	Отвод 90° 600x200, 1 шт.	0,56	



Таблица 3.8 – Аэродинамический расчет ответвления 5-6 системы П1

N участка	L, м³/ч	l, м	a, мм	b, мм	d, мм	v <sub>ф</sub> , м/с	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	Σξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	ΣP, Па
5	1564	14,3	400	200	267	5,431	1,33	19,0	10,03	17,7	177,5	197	197
6	3128	17,6	600	200	300	7,241	1,95	34,5	2,26	31,5	71,1	106	302

Произведем увязку ответвления 5-6 с основной магистралью 1-3 по формуле (3.21):

$$H = \frac{448 - 302}{448} \cdot 100 \% = 32,64 \%$$

$H > 15\%$ , поэтому необходимо установить шибер на ответвлении.

Определим коэффициент местного сопротивления шибера по формуле (3.22)

$$\xi_{тр} = \frac{448 - 302}{31,5} = 4,63$$

По таблице 22.34 [18] определяем степень открытия шибера 0,5.

### 3.4.2 Аэродинамический расчет системы В1

Выполняется аэродинамический расчет системы В1. Местные сопротивления приточной системы представлены в таблице 3.8 для магистрального направления и таблице 3.10 для ответвления. Аэродинамический расчет сведен в таблицу 3.9 для магистрального направления и таблицу 3.11 для ответвления.

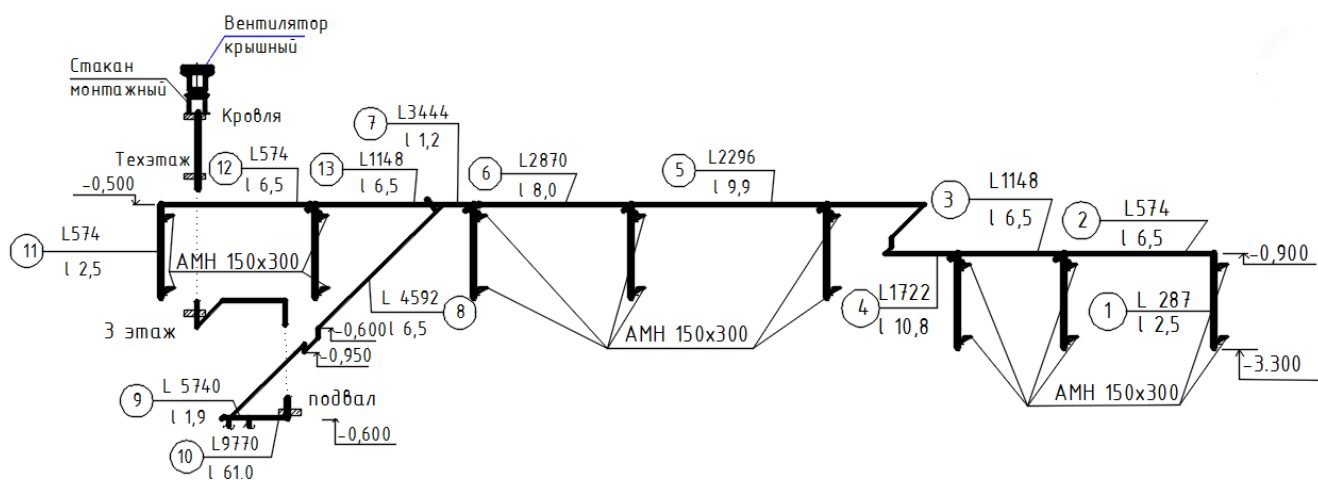


Рисунок 3.7 – Расчетная схема системы В1

Таблица 3.8 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках магистрального направления системы В1

Номер участка	Тип местного сопротивления	$\xi$	$\Sigma\xi$
1	Решетка с параллельно направленными лопатками	1,8	4,38
	Первое боковое отверстие $F_{отв}/F_{ств} = (150 \times 300)/(200 \times 150) = 1,5$	2,28	
	Среднее отверстие на проход $F_{отв}/F_{ств} = (150 \times 300)/(200 \times 150) = 1,5$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 287/564=0,50$	0,3	
2	Отвод $90^0$ 150x200	0,15	1,05
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (150 \times 200)/(250 \times 200) = 0,60$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 574/1148=0,50$	0,90	
3	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (250 \times 200)/(400 \times 200) = 0,63$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 574/1722=0,33$	1,20	1,20
4	Отвод $90^0$ 400x200, 4 шт.	0,41	2,37
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (400 \times 200)/(400 \times 200) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 574/2296=0,25$	0,73	
5	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (400 \times 200)/(500 \times 200) = 0,80$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 574/2870=0,2$	0,91	0,91
6	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (500 \times 200)/(600 \times 200) = 0,83$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 574/3444=0,17$	1,11	1,11
7	Тройник на ответвление $F_0/F_{ств} = (600 \times 200)/(600 \times 300) = 0,66$ ; $L_0/L_{ств} = 3444/4592=0,75$	1,33	1,33
8	Отвод $90^0$ 600x300, 4 шт.	0,53	5,40
	Тройник на ответвление $F_0/F_{ств} = (600 \times 300)/(1000 \times 400) = 0,45$ ; $L_0/L_{ств} = 4592/5740=0,80$	3,28	
9	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (1000 \times 400)/(1000 \times 400) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 5740/9770=0,58$	2,10	2,10
10	Отвод $90^0$ 1000x400, 4 шт.	0,72	2,89
	Внезапное расширение $F_0/F_1 = (1000 \times 400)/(700 \times 700) = 0,82$ ;	0,01	
	Потери давления в вытяжной установке рассмотрены в п. 3.5	-	

Таблица 3.9 – Аэродинамический расчет магистрального направления 1-4 системы В1

N участка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>э</sub> , мм	v <sub>ф</sub> , м/с	R, Па/м	$\Delta P_{тр}$ , Па	$\Sigma\xi$	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	$\Sigma P$ , Па
1	287	2,7	200	150	171	2,657	0,63	1,7	4,38	4,2	18,6	20	20
2	574	6,5	200	150	171	5,315	2,23	14,4	0,75	16,9	12,7	27	47
3	1148	6,5	250	200	222	6,378	2,25	14,7	1,20	24,4	29,3	44	91
4	1722	10,8	400	200	267	5,979	1,59	17,1	2,37	21,5	50,8	68	159
5	2296	9,9	400	200	267	7,972	2,71	26,7	0,91	38,1	34,7	61	221
6	2870	8,0	500	200	286	7,972	2,48	19,9	1,11	38,1	42,3	62	283

N участка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>з</sub> , мм	v <sub>ф</sub> , м/с	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	Σξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	ΣP, Па
7	3444	1,2	600	200	300	7,972	2,34	2,8	1,33	38,1	50,7	54	336
8	4592	16,3	600	300	400	7,086	1,31	21,4	5,40	30,1	162,7	184	520
9	5740	1,9	1000	400	571	3,986	0,29	0,6	2,10	9,5	20,0	21	541
10	9770	61,0	1000	400	571	6,785	0,77	47,2	2,89	27,6	79,8	127	668

Таблица 3.10 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках ответвлении 11-13 системы В1

Номер участка	Тип местного сопротивления	ξ	Σξ
11	Решетка с параллельно направленными лопатками	1,8	4,38
	Первое боковое отверстие $F_{отв}/F_{ств} = (150 \times 300)/(200 \times 150) = 1,5$	2,28	
	Среднее отверстие на проход $F_{отв}/F_{ств} = (150 \times 300)/(200 \times 150) = 1,5$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 287/564 = 0,50$	0,3	
12	Отвод 90° 150x200	0,15	1,05
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (150 \times 200)/(250 \times 200) = 0,60$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 574/1148 = 0,50$	0,90	
13	Тройник на ответвление $F_o/F_{ств} = (250 \times 200)/(600 \times 300) = 0,28$ ; $L_o/L_{ств} = 1148/4592 = 0,25$	5,31	5,31

Таблица 3.11 – Аэродинамический расчет ответвления 11-13 системы В1

N участка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>з</sub> , мм	v <sub>ф</sub> , м/с	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	Σξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	ΣP, Па
11	287	2,7	200	150	171	2,657	0,63	1,7	4,38	4,2	18,6	20	20
12	574	6,5	200	150	171	5,315	2,23	14,4	1,05	16,9	17,8	32	52
13	1148	6,5	250	200	222	6,378	2,25	14,7	5,31	24,4	129,6	144	197

Произведем увязку ответвления 11-13 с основной магистралью 1-7 по формуле (3.21):

$$H = \frac{336 - 197}{336} \cdot 100 \% = 41,53 \%$$

$H > 15\%$ , поэтому необходимо установить шибер на ответвлении.

Определим коэффициент местного сопротивления шибера по формуле (3.22)

$$\xi_{тр} = \frac{448 - 302}{24,4} = 5,99$$

По таблице 22.34 [18] определяем степень открытия шибера 0,45.

														Лист
														44
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР									

### 3.4.3 Аэродинамический расчет системы П2

Выполняется аэродинамический расчет системы П2. Местные сопротивления приточной системы представлены в таблице 3.12 для магистрального направления и таблице 3.14 для ответвления. Расчетная схема представлена на рисунке 3.10. Аэродинамический расчет сведен в таблицу 3.13 для магистрального направления и таблицу 3.15 для ответвления.

Таблица 3.12 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках магистрального направления системы П2

Номер участка	Тип местного сопротивления	$\xi$	$\Sigma\xi$
1	Воздухораспределитель диффузорный	1,3	2,8
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (150 \times 150)/(200 \times 150) = 0,75$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 177/354 = 0,50$	0,3	
	Колено 90° с острыми кромками	1,2	
2	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (200 \times 150)/(200 \times 150) = 0,75$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 177/531 = 0,33$	0,33	0,33
3	Колено 90° с острыми кромками	1,2	2,2
	Тройник на ответвление $F_o/F_{ств} = (200 \times 200)/(300 \times 200) = 0,66$ ; $L_o/L_{ств} = 531/764 = 0,70$	1,0	
4	Колено 90° с острыми кромками, 3 шт.	1,2	2
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (300 \times 200)/(300 \times 200) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 98/889 = 0,13$	0,8	
5	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (300 \times 200)/(400 \times 200) = 0,62$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 841/1848 = 0,49$	0,37	0,37
6	Колено 90° с острыми кромками, 1 шт.	1,2	6,66
	Потери давления в приточной установке рассмотрены в п. 3.5	-	
	Наружная решетка P50 600x200 фирмы «Вега»	5,46	

$\begin{matrix} B, \text{ мм} \\ H, \text{ мм} \end{matrix}$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
100	0,0064	0,0096	0,0128	0,0160	0,0192	0,0224	0,0256	0,0288	0,0320	0,0352	0,0384
150	0,0096	0,0144	0,0192	0,0240	0,0288	0,0336	0,0384	0,0432	0,0480	0,0528	0,0576
200	0,0128	0,0192	0,0256	0,0320	0,0384	0,0448	0,0512	0,0576	0,0640	0,0704	0,0768

Рисунок 3.8 – Типоразмерный ряд и живое сечение решеток P 50 фирмы «Вега»

$\begin{matrix} B, \text{ мм} \\ H, \text{ мм} \end{matrix}$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
100	7,81	7,46	7,11	6,88	6,67	6,50	6,37	6,24	6,16	6,06	5,98
150	7,46	7,14	6,81	6,58	6,38	6,23	6,10	5,98	5,89	5,80	5,72
200	7,11	6,81	6,51	6,28	6,10	5,95	5,82	5,72	5,62	5,54	5,46

Рисунок 3.9 – Коэффициенты местных сопротивлений решеток P 50 фирмы «Вега»

Таблица 3.13 – Аэродинамический расчет магистрального направления 1-6 системы П2

N участка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>з</sub> , мм	v <sub>ф</sub> , м/с	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	Σξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	ΣP, Па
1	177	2,1	150	150	150	2,185	0,93	1,9	2,8	2,9	8,0	10	10
2	354	1,6	200	150	171	3,278	0,92	1,5	0,33	6,4	2,1	4	14
3	531	13,9	200	200	200	3,688	0,94	13,1	2,2	8,2	17,9	31	45
4	889	10,7	300	200	240	4,116	0,92	9,8	2	10,2	20,3	30	75
5	987	2,9	300	200	240	4,568	1,11	3,2	0,37	12,5	4,6	8	83
6	1848	6,6	400	200	267	6,582	1,81	12,0	6,66	24,7	164,5	176	259

Таблица 3.14 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках ответвлении 7-9 системы П2

Номер участка	Тип местного сопротивления	ξ	Σξ
7	Воздухораспределитель диффузорный	1,3	2,8
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (150 \times 150)/(150 \times 150) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 82/164 = 0,50$	0,3	
	Колено 90° с острыми кромками	1,2	
8	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (150 \times 150)/(150 \times 150) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 194/358 = 0,54$	0,54	0,54
9	Тройник на ответвление $F_o/F_{ств} = (150 \times 150)/(300 \times 200) = 0,38$ ; $L_o/L_{ств} = 358/841 = 0,47$	1,21	1,21

Таблица 3.15 – Аэродинамический расчет ответвления 7-9 системы П2

N участка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>з</sub> , мм	v, м/с	R, Па/м	R·l	Σξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	Сумма P, Па
7	82	2,1	150	150	150	1,012	0,53	1,1	2,8	0,6	1,7	3	3
8	164	4,3	150	150	150	2,025	0,46	2,0	0,54	2,5	1,3	3	6
9	358	6,5	150	150	150	4,420	1,88	12,3	1,21	11,7	14,2	26	33

Произведем увязку ответвления 7-9 с основной магистралью 1-3 по формуле (3.21):

$$H = \frac{45 - 33}{45} \cdot 100 \% = 27\%$$

$H > 15\%$ , поэтому необходимо установить шибер на ответвлении.

Определим коэффициент местного сопротивления шибера по формуле (3.22)

$$\xi_{тр} = \frac{45 - 35}{11,7} = 1,03$$

По таблице 22.34 [18] определяем степень открытия шибера 0,68.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР					Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						46



Таблица 3.17 – Аэродинамический расчет магистрального направления 1-4 системы В2

N участка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>э</sub> , мм	v, м/с	R, Па/м	R·l	∑ξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	Сумма P, Па
1	40	4,1	150	150	150	0,494	0,24	1,0	4	0,1	0,6	2	2
2	115	6,8	150	150	150	1,420	0,24	1,7	-2,5	1,2	-3,0	-1	1
3	995	4,4	200	200	200	6,908	2,97	13,2	0,8	28,6	22,9	36	37
4	1711	58,9	400	200	267	5,941	1,57	92,6	9,6	21,2	203,3	296	333

Таблица 3.18 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках ответвлении 5-10 системы В2

Номер участка	Тип местного сопротивления	ξ	∑ξ
5	Воздухораспределитель диффузорный	1,3	1,85
	Тройник на ответвление $F_0/F_{ств} = (150 \times 150)/(200 \times 200) = 0,56$ ; $L_0/L_{ств} = 20/197=0,10$	0,55	
6	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (200 \times 200)/(200 \times 200) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 177/374=0,48$	0,44	0,44
7	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (200 \times 200)/(200 \times 200) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 19/393=0,05$	0,3	0,3
8	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (200 \times 200)/(200 \times 200) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 177/570=0,31$	0,31	0,31
9	Отвод 90° 200x200, 2 шт.	0,24	1,23
	Тройник на проход $F_{пр}/F_{ств} = (200 \times 200)/(200 \times 200) = 1$ ; $L_{отв}/L_{ств} = 146/716=0,20$	0,45	
10	Тройник на ответвление $F_0/F_{ств} = (400 \times 200)/(400 \times 200) = 1$ ; $L_0/L_{ств} = 716/1711=0,42$	0,35	0,45

Таблица 3.19 – Аэродинамический расчет ответвления 5-10 системы В2

N участка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>э</sub> , мм	v, м/с	R, Па/м	R·l	∑ξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	Сумма P, Па
5	20	0,9	150		150	0,314	1,50	1,4	1,85	0,1	0,1	1	1
6	197	1,3	200	200	200	1,368	0,16	0,2	0,44	1,1	0,5	1	2
7	374	0,3	200	200	200	2,597	0,50	0,1	0,3	4,0	1,2	1	4
8	393	1,4	200	200	200	2,729	0,55	0,7	0,31	4,5	1,4	2	6
9	570	6,3	200	200	200	3,958	1,07	6,8	0,93	9,4	8,7	16	21
10	716	4,4	200	200	200	4,972	1,62	7,2	0,35	14,8	5,2	12	34

Произведем увязку ответвления 5-10 с основной магистралью 1-3 по формуле (3.21):

$$H = \frac{37 - 34}{37} \cdot 100 \% = 8,11\%$$

$H < 15\%$ , поэтому нет необходимости в дополнительной установке шибера или дроссель-клапана на ответвлении.

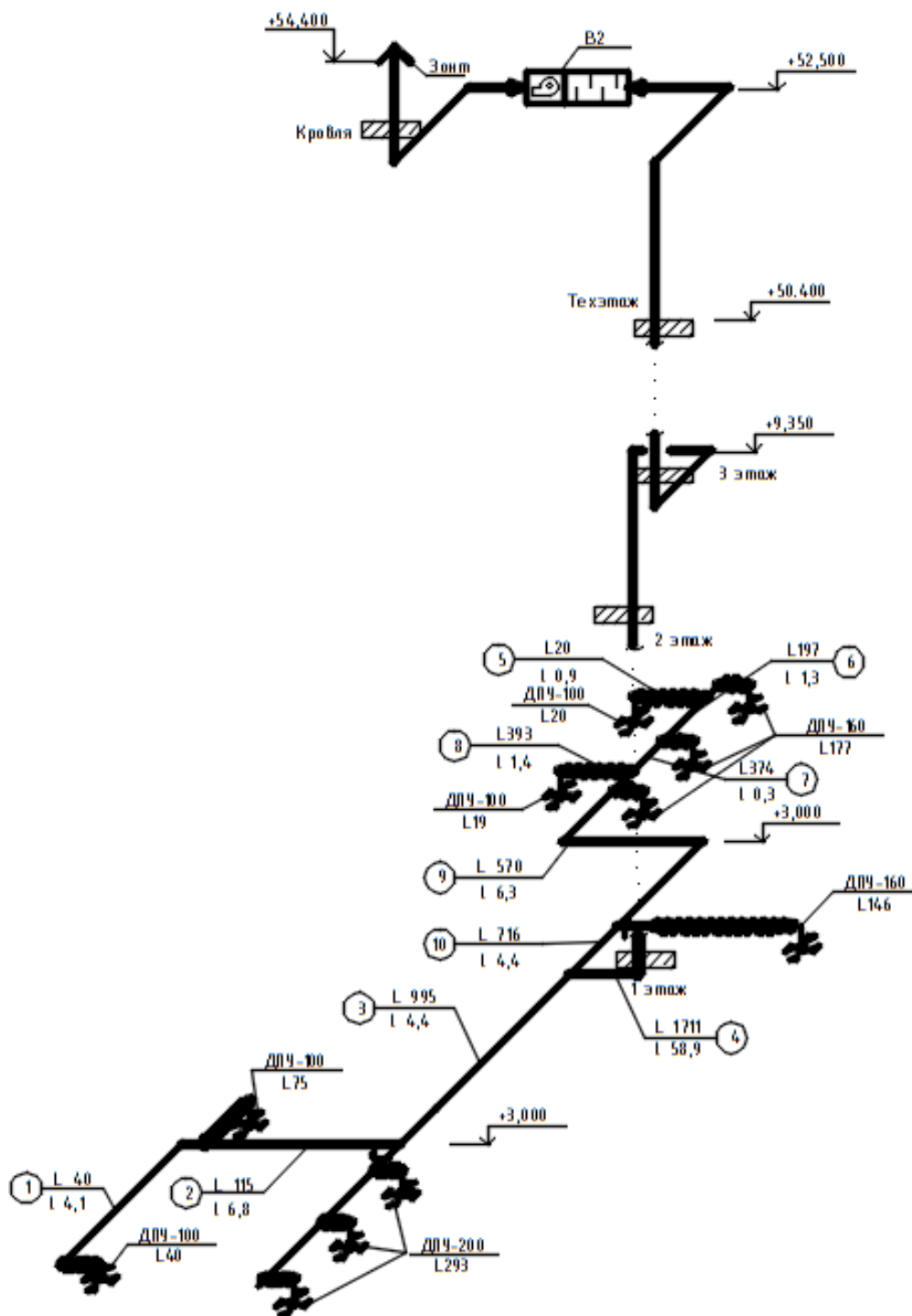


Рисунок 3.11 – Расчетная схема вытяжной системы В2

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР

Лист

49



Аэродинамический расчет остальных приточных и вытяжных систем производится аналогично, результаты представлены в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Сводная таблица

Обозначение системы	Объемный расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Суммарные потери давления в системе, Па
ПЗ (2 этаж)	1808	200
ВЗ (2 этаж)	1671	420
П4 (3 этаж)	1588	250
В4 (3 этаж)	1149	440

### 3.5 Подбор оборудования

Подача приточного воздуха осуществляется с помощью приточных установок, расположенных под перекрытиями этажей встроенных нежилых помещений жилого здания и в вентиляционной камере подземной автостоянки.

Приведем пример подбора оборудования для системы П2, которая осуществляет подачу воздуха в помещения первого этажа.

Расход воздуха в системе составляет 1848 м<sup>3</sup>/ч, потери давления в системе 268 Па, дополнительно введем коэффициент запаса на неучтенные сопротивления, равный 10 %. Следовательно, потери давления в системе составят 295 Па.

Подберем приточную установку с помощью программы «Veza-Kanal» компании «Веца» и представим на рисунке 3.12 общий вид приточной установки.

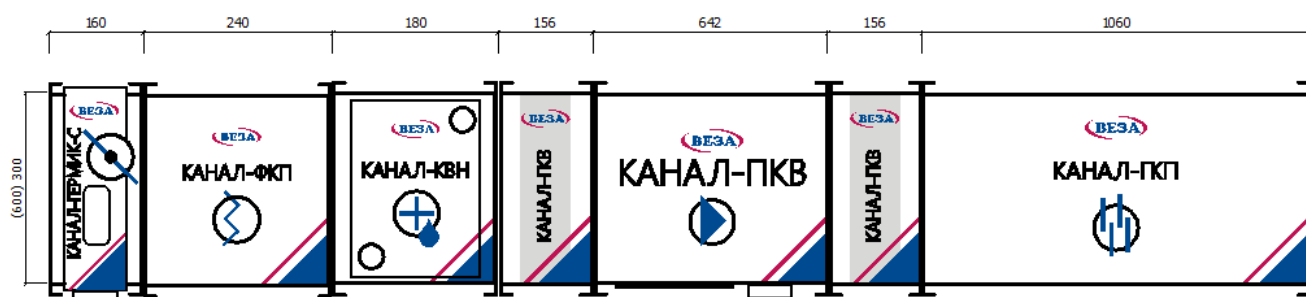


Рисунок 3.12 – Общий вид вентиляционной приточной установки П2

Рассмотрим элементы данной приточной установки по ходу движения воздуха:

1. Воздухозаборный утепленный клапан Гермик-С.

Данный клапан необходим для подачи наружного воздуха в приточную камеру, он оснащается ТЭНом и электрическим приводом с возвратной пружиной, который закрывает лопатки при аварийном отключении. Нагревательный кабель, расположенный по периметру клапана, является саморегулирующимся, т.е. имеет автоматическое управление, не требующее дополнительной автоматической схемы управления.

2. Фильтр кассетный КАНАЛ-ФКП.

Фильтр осуществляет очистку наружного воздуха. Класс очистки фильтра G4.

3. Воздухонагреватель КАНАЛ-КВН-60-30-2.

Исходные данные для подбора воздухонагревателя:

- Тип воздухонагревателя (водяной);
- Температуры приточного воздуха и внутреннего воздуха;
- Параметры теплоносителя.

**Канал-КВН**  
Результаты расчета

Параметр	Значение
<b>Исходные данные</b>	
Температура воздуха на входе, °С	-34
Температура воздуха на выходе, °С	19
Температура подающего теплоносителя, °С	100
Температура обратного теплоносителя, °С	70
<b>Результаты расчета</b>	
<b>Теплообменник</b>	
Индекс	Канал-КВН-60-30-2
Масса, кг	7,4
Производительность, кВт	32,6
<b>Воздух</b>	
Расход, м <sup>3</sup> /ч	1848
Температура на входе, °С	-34
Температура на выходе, °С	19
Сопротивление, Па	39
<b>Жидкость</b>	
Расход, кг/ч	933
Температура на входе, °С	100
Температура на выходе, °С	70
Сопротивление, кПа	8,5
<b>Дополнительная комплектация</b>	
Водосмесительный узел	УВС-1-2П

Рисунок 3.13 – Результаты расчета воздухонагревателя приточной установки П2

#### 4. Вентилятор Канал-ПКВ-60-30-4-220

Рабочие характеристики для подбора вентилятора:

- Расход воздуха;
- Потери давления сети.

Технические характеристики вентилятора представлены на рисунке 3.14.

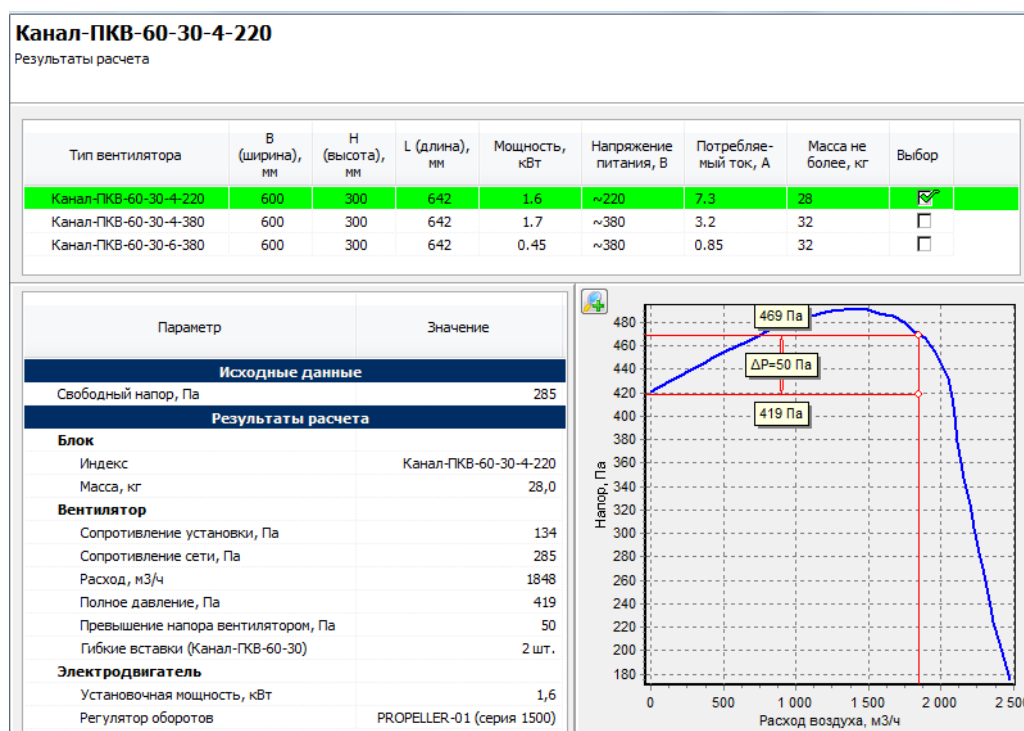


Рисунок 3.14 – Технические характеристики вентилятора

#### 5. Шумоглушитель

Он необходим для снижения аэродинамического шума в воздуховодах.

Таким образом, выбираем секции приточной установки КАНАЛ, состоящую из секций типоразмера 60-30, установленную под перекрытием первого этажа. Подробные технические характеристики данной приточной установки представлены в Приложении Д.

Приточные установки остальных систем П1, П3, П4 подбираются аналогичным образом. Вентиляторы для систем вытяжной вентиляции В2-В9 подобраны по каталогам фирмы «Арктика» [16], а для системы В1 вентилятор подобран по программе «VezaFan». Результаты подбора также представлены в приложении Д.

Таблица 3.21 – Сводная таблица вентиляционного оборудования

Обозначение системы	L, м³/ч	ΔP, Па	Тип вентиляционного оборудования					
			Наружная решетка	Воздушный клапан	Фильтр	Воздухонагреватель	Вентилятор	Шумоглушитель
П1 (подземная автостоянка)	7816	577	Р 100 700x1220, Вега	Канал- Регуляр-100- 50-M220, Вега	Канал- ФКП- 100-50- G4	-	Канал-ПКВ- 100-50-4- 380	Канал- ГКП-100- 50
В1 (подземная автостоянка)	9770	668	-	-	-	-	КРОС61- 063-T80-H- 00400/04-У1	-
П2 (1 этаж)	1896	268	Р 50 600x200, Вега	Канал- Гермик-С-60- 30-M220, Вега	Канал- ФКП- 60-30- G4	Канал- КВН- 60-30- 2, Вега	Канал-ПКВ- 60-30-4-220	Канал- ГКП-60- 30, Вега
В2 (1 этаж)	1711	199	-	-	-	-	IRE 50x30F, Арктика	RSA 500x300, Арктика
П3 (2 этаж)	1808	200	Канал- РКО-60- 30, Вега	Канал- Гермик-С-60- 30-M220, Вега	Канал- ФКП- 60-30- G4	Канал- КВН- 60-30- 2, Вега	Канал-ПКВ- 60-30-4-220, Вега	Канал- ГКП-60- 30, Вега
В3 (2 этаж)	1671	420	-	-	-	-	IRE 50x30F, Арктика	RSA 500x300, Арктика
П4 (3 этаж)	1588	250	Канал- РКО-60- 30, Вега	Канал- Гермик-С-60- 30-M220, Вега	Канал- ФКП- 60-30- G4	Канал- КВН- 60-30- 2, Вега	Канал-ПКВ- 60-30-4-220, Вега	Канал- ГКП-60- 30, Вега
В4 (3 этаж)	1149	440	-	-	-	-	IRE 50x30F, Арктика	RSA 500x300, Арктика
В5 (1 этаж)	108	120	-	-	-	-	KV 100А, Арктика	-
В6 (подземная автостоянка)	62	90	-	-	-	-	KV 100А, Арктика	-
В7 (подземная автостоянка)	144	70	-	-	-	-	KV 100А, Арктика	-
В8 (подземная автостоянка)	153	130	-	-	-	-	KV 100А, Арктика	-
В9 (подземная автостоянка)	40	110	-	-	-	-	KV 100А, Арктика	-

## 4 СИСТЕМА ДЫМОУДАЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ АВТОПАРКОВКИ

### 4.1 Конструктивные решения по системам дымоудаления автостоянки

Помещение автостоянки представляет собой один пожарный отсек.

При возникновении пожара включается система дымоудаления из автопарковки ВД1, а также открываются ворота автостоянки для обеспечения подпора воздуха.

Вентилятор дымоудаления КРОС 60-100-ДУ600-Н-01100/06-У1 фирмы «Вега» расположен на прилегающей территории с ограждением от посторонних лиц и принят крышного исполнения.

Противопожарный клапан типа Гермик-ДУ фирмы "Вега" с пределом огнестойкости EI90 оснащен электроприводом, располагаемым снаружи клапана, с автоматическим управлением, срабатывающий от датчиков дыма, что повышает оперативность в обнаружении пожара и надежность при аварийной эвакуации людей. Данный клапан установлен в воздуховоде.

Огнестойкость вертикальных воздуховодов, а также воздуховодов в чердаке и в подвале обеспечивается огнезащитной системой «ET VENT», до требуемых пределов по приложению В [19]. Огнестойкий состав «ET VENT» состоит из базальтового огнезащитного рулонного материала МБОР и термостойкого высокоадгезивного клеящего состава «Плазас».

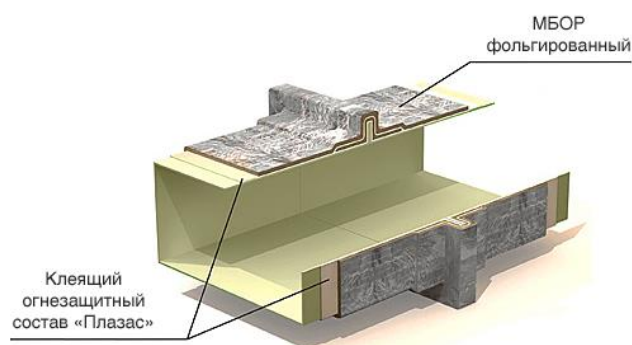


Рисунок 4.1 – Конструктивные слои огнезащитного состава «ET VENT»

Воздуховоды систем дымоудаления выполняются из стали толщиной 1,2 мм класса «В» и покрываются огнезащитным составом «ET VENT» для достижения предела огнестойкости EI 150 за пределами пожарного отсека и EI 60 в пределах пожарного отсека в соответствии с СП 7.13130.2013 [19] и СП 113.13330.2016 [20].

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

## 4.2 Расчет системы дымоудаления подземной автостоянки

Требования, регламентирующие проектирование, эксплуатацию и ремонт систем противодымной защиты зданий и сооружений, содержатся в системе нормативных и методических документов. Требования к исполнению систем противодымной защиты и отдельных ее элементов изложены в СП 7.13130.2013 "Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности" [19].

При возникновении очага пожара над ним образуется восходящий поток, называемый конвективной струей. Поднимающиеся в конвективной струе газы достигают потолка, растекаются по нему и образуют подпотолочный слой продуктов горения. Если площадь очага пожара  $F_{\Gamma}$  ограничена, через определенный промежуток времени величина расхода продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой,  $G_{\kappa}$  стабилизируется во времени. Для того, чтобы высота незадымленной зоны  $Z$  оставалась постоянной, необходимо соблюдение равенства массовых расходов продуктов горения, удаляемых из помещения  $G_{\gamma}$  и поступающих в подпотолочный слой из конвективной струи  $G_{\kappa}$ . Необходимо определить такую площадь проема дымоудаления  $F_{\gamma}$ , при которой соблюдается условие  $G_{\gamma} = G_{\kappa}$  при заданной высоте незадымленной зоны  $Z$ .

### Исходные данные

Требуемая высота незадымленной зоны  $Z=2,0$  м от пола помещения, площадь пола помещения  $F=1628,4$  м<sup>2</sup>, периметр ограждающих конструкций  $L_{ок}=191,6$  м. Тепловая мощность очага пожара  $Q=4500$  кВт. Температура внутреннего воздуха  $t_{в}=25,9^{\circ}\text{C}$ , температура наружного воздуха  $t_{н}=25,9^{\circ}\text{C}$ .

### Порядок расчета

Расчет выполнен на основании методики Р НП АВОК 5.5.1-2015 [21].

Конвективная составляющая мощности очага пожара (часть тепловыделения пожара, идущая на нагрев продуктов горения), кВт, определяемая по формуле

$$Q_{\kappa}=(1-\varphi)\cdot Q_{\pi} \quad (4.1)$$

где  $\varphi$  – доля теплоты, отдаваемой очагом пожара ограждающим конструкциям; при отсутствии данных принимаемая равной 0,4;

$Q_{\pi}$  – тепловая мощность очага пожара, кВт.

$$Q_{\kappa}=(1-0,4)\cdot 4500 = 2700 \text{ кВт}$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						55
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, при расположении очага пожара на полу помещения определяют по формуле

$$G_k = 0,032 Q_k^{3/5} Z, \quad (4.2)$$

$$G_k = 0,032 \cdot 2700^{3/5} \cdot 2,0 = 7,33 \text{ кг/с}$$

Температуру продуктов горения  $T$  определяют по формуле

$$T_{\text{ПГ}} = \frac{Q_k}{c_p G_y + \alpha [F_{\text{пом}} + L_{\text{ок}} \cdot h]} + T_{\text{в}}, \quad (4.3)$$

где  $c_p$  – удельная изобарная теплоемкость воздуха и продуктов горения, кДж/(кг·К); принимают равной 1,09;

$G_y$  – массовый расход удаляемых продуктов горения, кг/с,  $G_y = G_k$ ;

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от продуктов горения к ограждающим конструкциям, кВт/(м<sup>2</sup>·К); принимают равным 0,012;

$h$  – высота помещения от уровня установки сетки до места выброса продуктов горения, м; по проекту  $h = 3,08$  м.

$$T_{\text{ПГ}} = \frac{2700}{1,09 \cdot 7,33 + 0,012 [1628,4 + 191,6 \cdot 3,08]} + 25,9 + 273 = 377 \text{ К}$$

Плотности наружного воздуха и продуктов горения определяют соответственно по формулам 4.4 и 4.5

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{T_{\text{н}}} = \frac{353}{t_{\text{н}} + 273} \quad (4.4)$$

$$\rho_{\text{ПГ}} = \frac{353}{T_{\text{ПГ}}} \quad (4.5)$$

$$\rho_{\text{н}} = \rho_{\text{в}} = \frac{353}{25,9 + 273} = 1,18 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{ПГ}} = \frac{353}{377} = 0,94 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Объемный часовой расход удаляемых продуктов горения  $L_{\text{ПГ}}$  определяют по формуле

$$L_{\text{ПГ}} = \frac{3600 \cdot G_y}{\rho_{\text{ПГ}}} \quad (4.6)$$

$$L_{\text{ПГ}} = \frac{3600 \cdot 7,33}{0,94} = 28168 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

В соответствии с СП 113.13330.2016 [20], на одно дымоприемное устройство не должно приходиться более 1000 м<sup>2</sup> площади помещения, поэтому в подземной автостоянке устанавливаем 2 отдельных дымоприемных устройства.

Скорость продуктов горения в клапане, м/с, определяют по формуле

$$V_{\text{кл}} = \frac{G_{\text{у}}}{F_{\text{кл}} \cdot \rho_{\text{ПГ}}} \quad (4.7)$$

где  $F_{\text{кл}}$  – площадь проходного сечения дымового клапана, м<sup>2</sup>.

В проекте используем пожарный нормально закрытый клапан ГЕРМИК-ДУ-Н-1800х500-2ф-МВ220-СН производителя «Веза», площадь живого сечения данного клапана  $F_{\text{кл}} = 0,704 \text{ м}^2$ .

$$V_{\text{кл}} = \frac{7,33}{0,704 \cdot 0,94} = 11 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Потери давления в дымовом клапане, Па, определяют по формуле

$$\Delta P_{\text{кл}} = \frac{\xi_{\text{кл}} \cdot \rho_{\text{ПГ}} \cdot V_{\text{кл}}^2}{2} \quad (4.8)$$

где  $\xi_{\text{кл}}$  – коэффициент местного сопротивления открытого дымового клапана; принимают равным 4.

$$\Delta P_{\text{кл}} = \frac{4 \cdot 0,94 \cdot 11^2}{2} = 231 \text{ Па}$$

Давление, которое должен обеспечивать вентилятор дымоудаления, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{вент}} = P_{\text{нар}} - P_{\text{ш}} + (\rho_{\text{дг}} - \rho_{\text{в}}) g \cdot h + \Delta P_{\text{сети}} \quad (4.9)$$

где  $P_{\text{нар}}$  – наружное давление воздуха со стороны фасада, Па;

$P_{\text{ш}}$  – давление в шахте дымоудаления на уровне расположения выбросного отверстия вентилятора, Па;

$\Delta P_{\text{сети}}$  – потери давления в сети обвязки вентилятора, Па.

Наружное давление воздуха на уровне выбросного отверстия:

$$P_{\text{нн}} = 0,4 \rho_{\text{н}} V_{\text{в}}^2 \quad (4.10)$$

$V_{\text{в}}$  Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с, принимаемая по таблице 4.1 СП 131.13330.2011 [1];

$$P_{\text{нн}} = 0,4 \cdot 1,18 \cdot 3,2^2 = 5 \text{ Па}$$

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57



Давление в шахте дымоудаления на уровне 1-го обслуживаемого ей этажа (подземной автостоянки):

$$P_{ш1} = P_{нн} - \Delta P_{кл} \quad (4.11)$$

$$P_{ш1} = 5 - 231 = -227 \text{ Па}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне выбросного отверстия вентилятора:

$$P_{ш} = P_{ш1} - \lambda \cdot \frac{h}{d_{эКВ}} \cdot \frac{\rho_{ПГ} \cdot V_{ш}^2}{2} \quad (4.12)$$

где  $P_{ш1}$  – давление в шахте дымоудаления на уровне сеток, Па;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления трения,  $\lambda = 0,02$  - для металла;

$d_{эКВ}$  - эквивалентный диаметр проходного сечения, м; определяют по формуле

$$d_{эКВ} = \frac{2f_{ш}}{a_{ш} + b_{ш}}, \quad (4.13)$$

где  $f_{ш}$  – площадь проходного сечения в шахте дымоудаления, м<sup>2</sup>;

$a_{ш}, b_{ш}$  – длина и ширина шахты дымоудаления соответственно, м.

$$d_{эКВ} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 0,8}{0,8 + 0,8} = 0,8 \text{ м}$$

$V_{ш}$  - скорость в шахте дымоудаления на уровне выбросного отверстия, м/с, определяемая по формуле

$$V_{ш} = \frac{G_y}{a_{ш} \cdot b_{ш} \cdot \rho_{ПГ}} \quad (4.14)$$

$$V_{ш} = \frac{7,33}{0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,94} = 12,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$P_{ш} = -227 - 0,02 \cdot \frac{3,08}{0,8} \cdot \frac{0,94 \cdot 12,2^2}{2} = -237 \text{ Па}$$

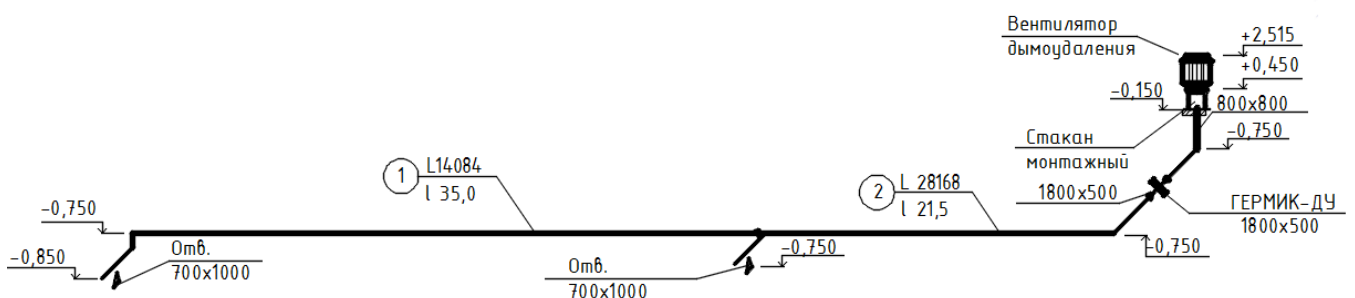


Рисунок 4.2 – Расчетная схема системы ВД1

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

**Пример расчета участка 1 магистрального направления системы дымоудаления ВД1**

Количество удаляемого дыма через дымоприемное отверстие:

$$L_1 = \frac{L_{ПГ}}{2} \quad (4.15)$$

$$L_1 = \frac{28168}{2} = 14084 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Учитывая размеры отверстия 700x1000 мм<sup>2</sup>, принимаем размеры прямоугольного воздуховода равными 1000x300 мм<sup>2</sup>;

Эквивалентный диаметр определяется по формуле (3.14):

$$d_{\text{экв}} = \frac{2 \cdot 1,000 \cdot 0,300}{1,000 + 0,300} = 0,462 \text{ м}$$

Пересчитаем скорость воздуха в воздуховоде по формуле (3.12):

$$v_{\phi} = \frac{14084}{3600 \cdot 1,0 \cdot 0,30} = 13 \text{ м/с}$$

Полученная скорость не превышает максимально допустимую для систем дымоудаления 15 м/с.

Динамическое давление участка 1 по формуле (3.13):

$$P_d = \frac{0,94 \cdot 13^2}{2} = 79,6 \text{ Па}$$

Дальнейший расчет аналогичен аэродинамическому расчету, представленному в п. 3.3. Коэффициенты местных сопротивлений участков магистрального направления ВД1 приведены в таблице 4.1. Расчет участков на основной магистрали системы ВД1 представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.1 – Коэффициенты местных сопротивлений на расчетных участках магистрального направления системы ВД1

Номер уч-ка	Тип местного сопротивления	$\xi$	$\Sigma \xi$
1	Первое боковое отверстие $F_{\text{отв}}/F_{\text{ств}} = (700 \times 1000)/(1000 \times 300) = 2,33$	1,10	1,86
	Отвод 90°, 1000x300, 2 шт.	0,24	
	Диффузор $F_0/F_1 = (1000 \times 300)/(1500 \times 400) = 0,50$ и угол 26°	0,18	
	Среднее отверстие $L_{\text{отв}}/L_{\text{ств}} = 0,5$ и $F_{\text{пр}}/F_{\text{ств}} = (1000 \times 300)/(1500 \times 400) = 0,5$	0,1	
2	Отвод 90, 1500x400, 2 шт.	0,46	1,15
	Диффузор $F_0/F_1 = (1500 \times 400)/(1800 \times 500) = 0,67$ и угол 26°	0,13	
	Пожарный клапан, КМС уже учтен в расчете	-	
	Конфузор $l/d = 690/632 = 1,09$ и угол 24°	0,1	

Таблица 4.2– Аэродинамический расчет магистрального направления 1-4 системы ВД1

N уч-ка	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	a, мм	b, мм	d <sub>3</sub> , мм	v <sub>ф</sub> , м/с	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	Σξ	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P, Па	ΣP, Па
1	14084	35,0	1000	300	462	13	3,43	119,9	1,86	79,6	148,1	268	268
2	28168	21,5	1500	400	632	13	2,32	49,8	1,15	79,6	91,6	141	409

По итогам расчета потери давления в сети дымоудаления до вентилятора  $\Delta P_{\text{сети}} = 409$  Па.

Тогда вентилятор должен обеспечивать следующее давление по формуле (4.9)

$$P_{\text{вент}} = 5 - (-237) + (0,94 - 1,18) \cdot 9,81 \cdot 3,08 + 409 = 659 \text{ Па}$$

Полученные в итоге вычислений параметры используются для конечного определения параметров вентилятора системы, приведенными к стандартным параметрам наружного воздуха в теплый период года

$$P_{\text{вент ст усл}} = \frac{1,2 \cdot P_{\text{вент}}}{\rho_{\text{ПГ}}} \quad (4.16)$$

$$P_{\text{вент ст усл}} = \frac{1,2 \cdot 659}{0,94} = 844 \text{ Па}$$

Воспользуемся программой «VezaFan» для подбора вентилятора.

**КРОС60-100-ДУ600-Н-01100/06-У1**

Задано		Климатическое исп.	У1	Ну, кВт	11
Qв*, куб.м/ч	28168	Температура среды, гр.С	600	КПД, %	67
Pв_сети, Па	844	М, кг	373	Ввых, м/с	0.4
<b>Вентилятор</b>		Заказ	КРОС60-100-ДУ600-Н-01100/06-У1	Лвых, дБ	94
Индекс	КРОС60-100-01100/6	<b>Режим</b>		<b>Мотор</b>	
Обл.прим.	Дымоудаление	Ro, кг/куб.м	1.18	Двигатель	АИР160S6
Вид	Центробежный	n_рк, мин-1	970	Ну, кВт	11
Констр.	Крышный	Qв, куб.м/ч	28483	n, мин-1	970
Схема	схема 1	Pв, Па	863	f, Гц	50
Индекс	КРОС-ДУ	Pvs, Па	863	U, В	220/380
Давление	Статическое	Nп, кВт	10.12	2р	6
Дном, мм	1000	Nп(20°С), кВт	10.32		
Исполнения	Общепромышленный	Ну*, кВт	10.73		

Рисунок 4.3 – Технические характеристики вентилятора дымоудаления

## **5 АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ**

### **5.1 Характеристика объекта регулирования**

Автоматизацию систем вентиляции рассмотрим на примере приточной установки системы П2. Функциональная схема автоматизации приведена в графической части проекта (лист 2).

По ходу движения приточного воздуха в приточной установке П2 располагаются элементы:

1. Воздушный клапан;
2. Фильтр канальный;
3. Воздухонагреватель водяной;
4. Вентилятор;
5. Шумоглушитель.

Подробное описание данных элементов приведено в п. 3.5.

Проектом предусмотрена схема с водяным калорифером. Теплоноситель калорифера – вода с температурой 130-70 °С.

### **5.2 Техническое задание**

Температура наружного воздуха непрерывно изменяется в течении года, поэтому необходимо автоматическое регулирование температуры приточного воздуха, подаваемого в помещения 1 этажа, на заданном уровне в зимний и летний периоды года. Также системой автоматизации производится контроль параметров, блокировка и защита оборудования, аварийная и технологическая сигнализация.

Контролируемые параметры:

- температура наружного воздуха;
- степень засорения фильтра (перепад давлений на нем);
- температура воздуха перед калорифером;
- температура воды в обратном контуре калорифера;
- перепад статического давления воздуха, создаваемого вентилятором;
- температура приточного воздуха в холодный и летний периоды года.

Защита оборудования выполняется от замораживания калорифера, засорения фильтра и защита вентилятора от перегрузки.

Сигнализация предусматривается в блоке управления и автоматизации системы. Она делится на аварийную и технологическую.

- Технологическая сигнализация предназначена для отображения состояния объекта и позволяет следить за параметрами регулирования;

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						61
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- Аварийная сигнализация необходима в случаях, которые могут привести к поломке оборудования. Поэтому аварийная сигнализация снабжена световым индикатором и звуковым сигналом.

### **5.3 Параметры регулирования и их контроль**

При автоматизации приточной системы вентиляции П2, система автоматического управления должна выполнять следующие задачи:

- 1) Регулирование температуры приточного воздуха и поддержание ее на заданном уровне за счет изменения расхода теплоносителя;
- 2) Контроль работы вентилятора и сигнализация при аварии;
- 3) Защита водяного нагревателя от замораживания;
- 4) Контроль степени загрязнения фильтров и сигнализация о необходимости их очистки/замены;
- 5) Автоматическое включение/выключение насоса в контуре нагрева по температуре наружного воздуха в режиме зима-лето.

Для регулирования системы контроль должен проводиться над следующими параметрами:

- Температура приточного воздуха TE (8-1);
- Температура обратного теплоносителя по термостату TS (4-2);
- Температура воздуха перед калорифером по термостату TS (4-1);
- Измерение перепада давления до и после фильтра PDS (3-1);
- Измерение перепада давления до и после вентилятора PDS (7-1).

Учет расхода тепловой и электрической энергии производится соответственно в индивидуальном тепловом пункте и электрощитовой.

### **5.4 Блокировка и защита**

Включение установки производится нажатием кнопки «Пуск» на щите автоматики.

Защита фильтра осуществляется контролем перепада давления PDS (3-1). Если перепад давления на фильтре слишком велик, то на щите загорается индикатор «Засорение фильтра». Допустимое значение указывается в паспорте фильтра и устанавливается при наладке на дифференциальном датчике. Отключение системы при этом не предусмотрено.

В проекте предусмотрена защита калорифера от замораживания. Сигнал формируется при одновременном срабатывании противозамерзающих

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

термостатов TS при снижении температуры воздуха перед калорифером до +5 °С (4-1) и обратного теплоносителя до +30 °С (4-2).

При этом выключается электродвигатель вентилятора, на полную мощность включается электродвигатель насоса, закрывается воздушный клапан, открывается на 100% регулирующий клапан на теплоносителе, на щите загорается индикатор «Авария», включается звуковой сигнал.

Защита вентилятора осуществляется контролем перепада давления PDS (7-1). Если перепад давления на вентиляторе после запуска системы не появляется или в ходе эксплуатации пропадает, то система останавливается. При этом загорается индикатор «Авария», а индикатор «Вентилятор» гаснет.

Датчик температуры приточного воздуха TE (8-1) предназначен для определения температуры воздуха в воздуховоде. Передает электрический сигнал на контроллер, который в свою очередь управляет регулирующим клапаном на теплоносителе калорифера. Если измеренная температура ниже заданной, то клапан открывается, если выше – закрывается, изменяя тем самым температуру теплоносителя через калорифер и, следовательно, нагрев воздуха в системе. Насос обеспечивает циркуляцию в системе.

Таким образом, в результате проектирования системы автоматизации мы получили приточную установку, осуществляющую эффективную и гибкую подготовку наружного воздуха перед подачей в помещения, отвечающую всем требованиям. Установка оборудована системами контроля и защиты уязвимых компонентов, такими как защита калорифера от замораживания, контроль за запыленностью фильтра, оборудованный световым сигналом, который позволяет осуществлять своевременную замену. Также производится контроль работы вентилятора. Электроприводы воздушного клапана, насоса и вентилятора комплектуются приборами, с помощью которых оператор имеет возможность переключиться в ручной режим при срабатывании сигнализации.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были запроектированы системы вентиляции встроенных нежилых помещений и воздушного отопления подземной автостоянки жилого здания.

Запроектированы приточные и вытяжные (механические и естественные) системы вентиляции. Произведен расчет воздухообменов по нормативным кратностям для большинства помещений, а для помещения подземной автостоянки по выделяющимся вредностям, в том числе для удаления выделившихся продуктов сгорания. Выполнен аэродинамический расчет для подбора воздуховодов приточной и вытяжной системы, а также для подбора вентиляционного оборудования.

Подобраны приточные установки систем П1-П4 и вентиляторы для систем В1-В9, а также вентилятор для системы дымоудаления ВД1.

В разделе «Автоматизация» разработано автоматическое регулирование приточной установкой П2.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						64
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменением № 2). - М.: Минрегион России, 2012
- 2 ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Поправкой) - М.: Стандартинформ, 2013
- 3 СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003– М.: Минрегион России, 2012
- 4 ВСН 01-89 «Предприятия по обслуживанию автомобилей». А.А. Маслов, Л.А. Абелевич, Т.М. Медведева, А.А. Ованесян, А.В. Пугин, М.Н. Филатова, Л.Г. Щунский. Москва, 1990 г.
- 5 ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. – М.: Стандартинформ, 2007
- 6 ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные – М.: Стандартинформ, 2007
- 7 Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.1. Отопление/ В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканави и др.; Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990 – 344 с.: ил. – (Справочник проектировщика)
- 8 СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: Минрегион России, 2016
- 9 СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями № 1, 2). – М.: Минрегион России, 2012
- 10 Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.1/ В.Н.Богословский, А.И.Пирумов, В.Н.Посохин и др.; Под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера.-4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
- 11 Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. М.: Термокул, 2004 г. – 373 с.
- 12 СНиП 2.04.05-91 Отопление вентиляция и кондиционирование. – Москва, 1997
- 13 МГСН 5.01-01 Стоянки легковых автомобилей, 2011
- 14 ОНТП-01-91 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта, 2003

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65



15 <https://www.amp-nw.ru/podbor/> Программа подбора диффузоров VS-4 производителя «Hidria»

16 Оборудование для систем вентиляции воздуха «Арктика» - 2016. – Арктика.- 684 с.

17 ГОСТ 14918-80\* Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. М.: Стандартиформ, 2007

18 Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.2/ Б.В.Баркалов, Н.Н.Павлов, С.С.Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера.-4-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1992.- 416 с.

19 СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности – М.: Минрегион России, 2012.

20 СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99– М.: Минстрой России, 2016.

21 Р НП АВОК 5.5.1-2015 Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий.

					13.03.01.2018.256.19 ПЗ ВКР	Лист
						66
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Расчет тепловых потерь подземной автостоянки через наружные ограждающие конструкции

№ пом.	Наименование помещения	Температура в помещении $t_n, ^\circ\text{C}$	Характеристика ограждения						Коэффициент теплопередачи $K, \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$n \cdot (t_n - t_{\text{н}})$	Основные тепловые потери, Вт	Добавочные тепловые потери		Тепловые потери через ограждение, Вт
			Тип ограждения	Ориентация по сторонам света	Размеры, м			Площадь, $\text{м}^2$				на ориентацию	прочие	
					a	x	h							
001	Подземная автостоянка с рампой	5	НС I	ЮВ	-	x	-	26,3	0,16	39	168	0,05	0	177
			НС II	СВ	-	x	-	6,9	0,16	39	44	0,1	0	48
			НС III	ЮВ	-	x	-	25,0	0,16	39	160	0,05	0	168
			НС IV	СВ	-	x	-	65,3	0,16	39	419	0,1	0	461
			НС V	СЗ	-	x	-	30,8	0,16	39	198	0,1	0	217
			НС VI	СВ	-	x	-	3,9	0,16	39	25	0,1	0	28
			НС VII	СЗ	-	x	-	58,2	0,16	39	373	0,1	0	410
			НС VIII	З	-	x	-	2,9	0,16	39	18	0,05	0	19
			НС IX	ЮЗ	-	x	-	12,8	0,16	39	82	0	0	82
			Ворота	СВ	5,10	x	2,15	11,0	1,25	39	535	0,1	3	2192
			ПТ	-	-	-	-	1017,4	0,27	39	10904	0	0	10904
			ПЛ I	-	-	-	-	1757,3	0,18	39	12614	0	0	12614
			ПЛ II	-	-	-	-	294,2	0,13	39	1503	0	0	1503
			ПЛ III	-	-	-	-	330,9	0,08	39	1081	0	0	1081
ПЛ IV	-	-	-	-	1217,4	0,06	39	2708	0	0	2708			
<b>Итого:</b>													<b>32613</b>	
006	Ввод электрокабеля	15	НС I	ЮВ	-	x	-	2,0	0,16	49	16	0,05	0	17
			ПТ	-	-	-	-	16,2	0,27	49	218	0	0	218
			ПЛ I	-	-	-	-	4,8	0,18	49	43	0	0	43
			ПЛ II	-	-	-	-	3,2	0,13	49	21	0	0	21
			ПЛ III	-	-	-	-	4,8	0,08	49	20	0	0	20

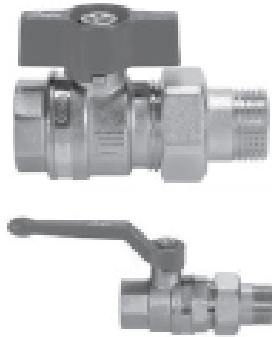
## Окончание приложения А

№ пом.	Наименование помещения	Температура в помещении $t_n, ^\circ\text{C}$	Характеристика ограждения						Коэффициент теплопередачи $K, \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$n \cdot (t_n - t_{н})$	Основные теплопотери, Вт	Добавочные теплопотери		Теплопотери через ограждение, Вт
			Тип ограждения	Ориентация по сторонам света	Размеры, м			Площадь, $\text{м}^2$				на ориентацию	прочие	
					a	x	h							
			ПЛ IV	-	-	-	-	9,0	0,06	49	25	0	0	25
Итого													344	
007	Насосная	5	НС I	ЮВ	-	x	-	3,5	0,16	39	23	0,05	0	24
			ПТ	-	-	-	-	24,4	0,27	39	261	0	0	261
			ПЛ I	-	-	-	-	7,3	0,18	39	52	0	0	52
			ПЛ II	-	-	-	-	4,8	0,13	39	25	0	0	25
			ПЛ III	-	-	-	-	7,9	0,08	39	26	0	0	26
			ПЛ IV	-	-	-	-	14,2	0,06	39	32	0	0	32
			Итого											
009	Охрана	18	НС IV	СВ	-	x	-	4,3	0,16	52	37	0,1	0	40
			ПТ	-	-	-	-	9,0	0,27	52	128	0	0	128
			ПЛ I	-	-	-	-	4,8	0,18	52	46	0	0	46
			ПЛ II	-	-	-	-	4,8	0,13	52	33	0	0	33
			ПЛ III	-	-	-	-	3,9	0,08	52	17	0	0	17
			Итого											
011	КУИ	18	ПТ	-	-	-	-	2,6	0,27	52	38	0	0	38
			ПЛ III	-	-	-	-	0,3	0,08	52	1	0	0	1
			ПЛ IV	-	-	-	-	2,3	0,06	52	7	0	0	7
			Итого											
012	Санузел	18	ПТ	-	-	-	-	2,9	0,27	52	42	0	0	42
			ПЛ III	-	-	-	-	0,3	0,08	52	1	0	0	1
			ПЛ IV	-	-	-	-	2,5	0,06	52	7	0	0	7
			Итого											

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Технические характеристики местных сопротивлений оборудования системы отопления подземной автостоянки

Кран шаровой тип VVR-F полнопроходной с накладной гайкой и ниппелем («американка»), с рукояткой типа «бабочка» для  $D_y = 15-25$  мм и с ручкой для  $D_y = 32$  мм



Условный проход $D_y$ , мм	Кодовый номер	Размер присоединительной резьбы R, дюймы	Условное давление $P_n$ , бар	Температура перемещаемой среды, °C		Условная пропускная способность $K_{vs}$ , м <sup>3</sup> /ч	Допустимая концентрация гликоля, %
				$T_{min}$	$T_{max}$		
15	065V8203	1/2	40	-15	110	14	50
20	065V8204	3/4				26	
25	065V8205	1				36	
32	065V8206	1 1/4				80	

Рисунок Б.1 – Технические характеристики шарового крана VVR-F («американка»), Danfoss

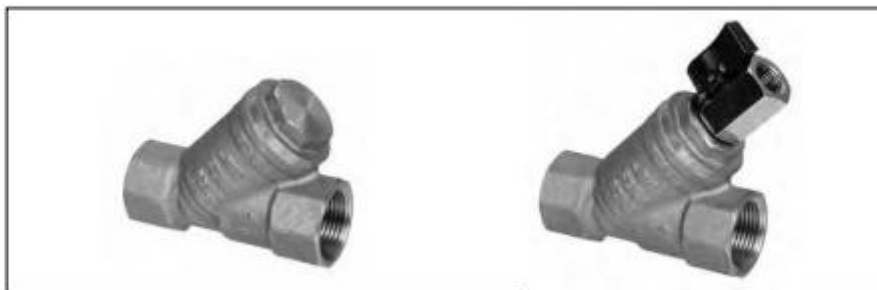
## VOLCANO VR MINI

Параметры - Tz / Tr [°C]																	
		90/70				80/60				70/50				50/30			
Tr1 [°C]	Qp [м³/час]	Pg [кВт]	Tr2 [°C]	Qw [м³/час]	Δp [кПа]	Pg [кВт]	Tr2 [°C]	Qw [м³/час]	Δp [кПа]	Pg [кВт]	Tr2 [°C]	Qw [м³/час]	Δp [кПа]	Pg [кВт]	Tr2 [°C]	Qw [м³/час]	Δp [кПа]
0	2100	20,7	29,5	0,92	13,9	17,9	25,4	0,79	10,7	15,1	21,4	0,66	7,9	9,2	13,1	0,4	3,4
	1650	18,1	32,6	0,8	10,7	15,6	28,2	0,69	8,3	13,1	23,7	0,58	6,1	8	14,6	0,35	2,6
	1100	14,1	38,3	0,63	6,8	12,2	33,2	0,54	5,3	10,3	27,9	0,45	3,9	6,3	17,2	0,28	1,7
5	2100	19,4	32,6	0,86	12,3	16,6	28,6	0,73	9,3	13,7	24,5	0,6	6,6	7,6	16,1	0,34	2,5
	1650	16,9	35,6	0,75	9,5	14,5	31,1	0,64	7,2	12	26,6	0,53	5,2	6,8	17,4	0,3	2
	1100	13,3	40,9	0,59	6	11,3	35,8	0,5	4,6	9,4	30,5	0,41	3,3	5,4	19,6	0,23	1,3
10	2100	18,1	35,7	0,8	10,8	15,3	31,7	0,67	8	12,4	27,6	0,54	5,5	6,4	19,1	0,28	1,7
	1650	15,8	35,5	0,7	8,4	13,3	34,1	0,59	6,2	10,8	29,5	0,47	4,3	5,6	20,1	0,24	1,4
	1100	12,4	43,5	0,55	5,3	10,4	38,3	0,46	3,9	8,5	33	0,37	2,8	4,4	21,9	0,19	0,9
15	2100	16,8	38,8	0,74	9,4	13,9	34,8	0,61	6,7	11	30,7	0,48	4,4	4,9	22	0,22	1,1
	1650	14,6	41,4	0,65	7,3	12,1	37	0,54	5,2	9,6	32,4	0,42	3,5	4,3	22,8	0,19	0,9
	1100	11,5	46,1	0,51	4,6	9,5	40,9	0,42	3,3	7,6	35,5	0,33	2,2	3,3	24,1	0,15	0,5
20	2100	15,5	41,9	0,69	8	12,6	37,9	0,56	5,6	9,7	33,7	0,42	3,5	3,3	24,7	0,14	0,5
	1650	13,5	44,3	0,6	6,2	11	39,8	0,48	4,3	8,4	35,2	0,37	2,7	2,8	25,1	0,12	0,4
	1100	10,6	48,6	0,47	4	8,6	43,4	0,38	2,8	6,6	38	0,29	1,8	1,9	25,2	0,08	0,2

Рисунок Б.2 – Технические характеристики VOLCANO VR mini, VTS

## Фильтры сетчатые FVR, FVR-D

### Описание и область применения



Фильтры латунные сетчатые применяются в системах холодного водоснабжения, отопления и горячего водоснабжения для защиты арматуры. Сетчатые фильтры улавливают инородные включения рабочей среды, такие как обломки шлака или капли от брызг, образованные при сварке, металлическая стружка, песок и т.д. Фильтры должны устанавливаться на систему для защиты ее частей от инородных материалов. Фильтры должны устанавливаться перед чувствительными ее компонентами, такими как измерители, насосы, регулирующие клапаны для их защиты от инородных тел.

### Особенности

- Заменяемая фильтрующая сетка.
- Версия со спускным шаровым краном (FVR-D).

### Основные характеристики:

- Условный проход:  $D_y = 10-50$  мм.
- Присоединение к трубопроводу: резьбовое.
- Условное давление:  $P_y = 25$  бар.
- Условная пропускная способность:  $K_{vs} = 3-36$  м<sup>3</sup>/ч.
- Температур перемещаемой среды:  $T = -10...+130$  °C.
- Рабочая среда: вода, отопительная вода, гликолевые смеси до 50%.
- Минимальная температура хранения и транспортировки:  $-40$  °C.

### Номенклатура и кодовые номера для заказа

Фильтр сетчатый FVR (с пробкой), FVR-D (со спускным краном)

Эскиз	$D_y$ , мм	$K_{vs}$ , м <sup>3</sup> /ч	Кодовый номер для FVR	Кодовый номер для FVR-D
	10	3	065B8234	—
	15	4,5	065B8235	065B8241
	20	7,9	065B8236	065B8242
	25	11,2	065B8237	065B8243
	32	17	065B8238	065B8244
	40	24,5	065B8239	065B8245
	50	36	065B8240	065B8246

Рисунок Б.3 – Технические данные сетчатого фильтра FVR, Danfoss

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Гидравлический расчет ОЦК системы отопления автостоянки**

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	D <sub>y</sub> , мм	D <sub>н</sub> , мм	δ, мм	d <sub>в</sub> , мм	ω, м/с	Re	Re <sub>пр</sub>	λ	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	ξ	Kvs	Z, Па	ΔP <sub>y</sub> , Па	ΔP <sub>Σ</sub> , Па						
1	155222	4757	2,4	65	76	3	70	0,353	73641	198800	0,027	24	57	1,00	-	789	846	846						
																			Отвод 90°, 2 шт.			0,50	-	789
2	98778	3027	22,5	50	57	3	51	0,424	64321	144840	0,029	50	1125	7,50	-	654	1779	2625						
																			Тройник на разветвление: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 50/65 = 0,77; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 3027/4757 = 0,64			4,00	-	349
																			Внезапное сужение			0,50	-	44
																			Отвод 90°, 6 шт.			0,50	-	262
3	84667	2595	6,0	50	57	3	51	0,363	55132	144840	0,029	37	220	0,67	-	43	263	2889						
																			Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 50/50 = 1; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 2595/3027 = 0,86			0,67	-	43
4	70556	2162	8,0	50	57	3	51	0,303	45944	144840	0,030	26	207	0,69	-	31	238	3127						
																			Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 50/50 = 1; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 2162/2592 = 0,83			0,69	-	31
5	56445	1730	8,0	40	48	3,5	41	0,375	45719	116440	0,031	52	413	1,55	-	106	518	3645						
																			Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 40/50 = 0,80; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 1730/2162 = 0,80			1,05	-	72
																			Внезапное сужение			0,50	-	34
6	42333	1297	8,2	40	48	3,5	41	0,281	34290	116440	0,032	30	242	3,05	-	117	359	4004						
																			Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 40/40 = 1; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 1297/1730 = 0,75			3,05	-	117
7	28222	865	12,3	32	42,3	3,2	35,9	0,244	26107	101956	0,033	27	330	2,62	-	76	406	4410						
																			Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 32/40 = 0,8; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 865/1297 = 0,75			1,12	-	32
																			Отвод 90°, 2 шт.			0,50	-	29
																			Внезапное сужение			0,50	-	15
8	14111	432	30,7	25	33,5	3,2	27,1	0,214	17292	76964	0,036	30	909	7,00	47,2	8058	8967	13376						
																			Отвод 90°, 4 шт.			0,50	-	45
																			Внезапное сужение			0,50	-	11
																			Кран шаровой тип BVR-F полнопроходной с накидной гайкой и ниппелем («американка»), 2 шт., Danfoss			-	36	29
																			Клапан с сервоприводом (VA-VEH202TA)			-	4,5	923
																			Калорифер Volcano mini			-	-	6800
																			Фильтр сетчатый типа FVR, Danfoss			-	11,2	149

## Окончание приложения В

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	D <sub>y</sub> , мм	D <sub>н</sub> , мм	δ, мм	d <sub>в</sub> , мм	ω, м/с	Re	Re <sub>пр</sub>	λ	R, Па/м	ΔP <sub>тр</sub> , Па	ξ	Kvs	Z, Па	ΔP <sub>y</sub> , Па	ΔP <sub>Σ</sub> , Па
8	Внезапное расширение													1,00	-	22	8967	13376
	Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 25/32 = 0,78; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 432/865 = 0,50													1,3	-	29		
	Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 25/32 = 0,78; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 432/865 = 0,50													2,2	-	49		
9	28222	865	12,3	32			35,9	0,244	26107	101956	0,033	27	330	4,35	-	112	442	13818
	Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 32/40 = 0,8; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 865/1297 = 0,75													1,85	-	54		
	Отвод 90°, 2 шт.													0,50	-	29		
	Внезапное расширение													1,00	-	29		
10	42333	1297	8,2	40	48	3,5	41	0,281	34290	116440	0,032	30	242	2,30	-	88	330	14148
	Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 40/40 = 1; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 1297/1730 = 0,75													2,3	-	88		
11	56445	1730	8,0	40	48	3,5	41	0,375	45719	116440	0,031	52	413	2,90	-	198	610	14758
	Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 40/50 = 0,80; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 1730/2162 = 0,80													1,9	-	130		
	Внезапное расширение													1,00		68		
12	70556	2162	8,0	50	57	3	51	0,303	45944	144840	0,030	26	207	2,30	-	102	310	15068
	Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 50/50 = 1; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 2162/2595 = 0,83													2,3	-	102		
13	84667	2595	6,0	50	57	3	51	0,363	55132	144840	0,029	37	220	2,30	-	147	368	15436
	Тройник на проход: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 50/50 = 1; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 2595/3027 = 0,86													2,3	-	147		
14	98778	3027	22,5	50	57	3	51	0,424	64321	144840	0,029	50	1125	5,30	-	462	1588	17024
	Тройник на разветвление: d <sub>отв</sub> /d <sub>ств</sub> = 50/65 = 0,77; G <sub>отв</sub> /G <sub>ств</sub> = 3027/4757 = 0,64													1,80	-	157		
	Внезапное сужение													0,50	-	44		
	Отвод 90°, 6 шт.													0,50	-	262		
15	155222	4757	2,4	65	76	3	70	0,353	73641	198800	0,027	24	57	1,00	-	789	846	17870
	Отвод 90°, 2 шт.													0,50	-	789		



**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
**Подбор воздухораспределителей для нежилых встроенных помещений**

Наименование помещения		Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч		Суммарная площадь решеток, м <sup>2</sup>		Минимальное число решеток, шт.		Фактическая площадь решетки, м <sup>2</sup>		Тип и количество воздухораспределителей		Фактическая скорость, м/с	
		Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
<b>1 этаж</b>													
Жилой дом													
103	Консьерж	139	40	0,013	0,004	0,14	0,14	-	0,007	Клапан ВТК 160, 1 шт	ДПУ 100, 1 шт.	-	1,59
104	Санузел персонала	-	50	-	0,005	-	0,06	-	0,008	-	АМН 100x100, 1 шт.	-	1,74
105	КУИ	-	13	-	0,001	-	0,08	-	0,008	-	АМН 100x100, 1 шт.	-	0,46
110	Электрощитовая	-	35	-	0,003	-	0,16	0,036	0,036	АМН 200x200, 1 шт.	АМН 200x200, 1 шт.	0,27	0,27
Парикмахерская													
119	Вестибюль парикмахерской	194	-	0,018	-	0,3	-	0,018	-	ДПУ 160, 1 шт.	-	3,00	-
120	Общий зал на 7 кресел	587	880	0,054	0,081	2,6	2,6	0,018	0,029	ДПУ 160, 3 шт.	ДПУ 200, 3 шт.	3,01	2,81
121	Кабинет	40	40	0,004	0,004	0,3	0,3	0,007	0,007	ДПУ 100, 1 шт.	ДПУ 100, 1 шт.	1,59	1,59
122	Комната персонала (преддушевая)	75	-	0,007	-	0,2	-	0,011	-	ДПУ 125, 1 шт.	-	1,89	-
123	Душевая кабина	-	75	-	0,007	0,1	0,1	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	2,98

Продолжение приложения Г

Наименование помещения		Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч		Суммарная площадь решеток, м <sup>2</sup>		Минимальное число решеток, шт.		Фактическая площадь решетки, м <sup>2</sup>		Тип и количество воздухораспределителей		Фактическая скорость, м/с	
		Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
125	Санузел персонала	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	1,98
126	КУИ	-	10	-	0,001	0,1	0,1	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	0,39
127	Коридор	207	-	0,019	-	1,0	-	0,029	-	ДПУ 200, 1 шт.	-	1,98	-
128	Комната дезинфекции	-	48	-	0,004	-	1,0	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	1,91
Швейное ателье													
129	Комната персонала	98	146	0,009	0,014	0,4	0,4	0,011	0,018	ДПУ 125, 1 шт.	ДПУ 160, 1 шт.	2,47	2,26
130	Приемная ателье	164	-	0,015	-	1,1	-	0,011	-	ДПУ 125, 2 шт.	-	2,07	-
131	Примерочные кабины (2 каб.)	-	39	-	0,004	-	0,2	-	0,007	-	ДПУ 100, 2 шт.	-	0,78
132	Швейный цех на 8 р.м.	531	531	0,049	0,049	2,3	2,3	0,018	0,018	ДПУ 160, 3 шт.	ДПУ 160, 3 шт.	2,73	2,73
133	КУИ	-	26	-	0,002	-	0,2	-	0,008	-	АМН 100x100, 1 шт.	-	0,92
134	Санузел	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,008	-	АМН 100x100, 1 шт.	-	1,74

Продолжение приложения Г

Наименование помещения	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч		Суммарная площадь решеток, м <sup>2</sup>		Минимальное число решеток, шт.		Фактическая площадь решетки, м <sup>2</sup>		Тип и количество воздухораспределителей		Фактическая скорость, м/с		
	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	
<b>2 этаж</b>													
Библиотека													
207	Коридор	279	-	0,026	-	-	-	0,018	-	ДПУ 160, 2 шт.	-	2,15	-
208	Абонемент (1 раб.) и читальный зал	462	462	0,043	0,043	2,0	2,0	0,029	0,029	ДПУ 200, 2 шт.	ДПУ 200, 2 шт.	2,21	2,21
209	Абонемент (1 раб.) и читальный зал	882	882	0,082	0,082	3,9	3,9	0,029	0,029	ДПУ 200, 4 шт.	ДПУ 200, 4 шт.	2,11	2,11
211	Санузел мужской	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,008	-	АМН 100x100, 1 шт.	-	1,74
212	Санузел женский	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,008	-	АМН 100x100, шт.	-	1,74
213	Гардероб	-	22	-	0,002	-	0,2	-	0,008	-	АМН 100x100, 1 шт.	-	0,77
215	Помещение охраны	60	60	0,006	0,006	0,2	0,2	0,007	0,007	ДПУ 100, 1 шт.	ДПУ 100, 1 шт.	2,38	2,38
216	Комната персонала	67	100	0,006	0,009	0,3	0,3	-	0,011	Клапан ВТК 160, 1 шт	ДПУ 125, 1 шт.	-	2,53
217	Санузел персонала	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	1,98
218	КУИ	-	14	-	0,001	-	0,1	-	0,008	-	АМН 100x100, 1 шт.	-	0,48

Продолжение приложения Г

Наименование помещения		Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч		Суммарная площадь решеток, м <sup>2</sup>		Минимальное число решеток, шт.		Фактическая площадь решетки, м <sup>2</sup>		Тип и количество воздухораспределителей		Фактическая скорость, м/с	
		Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
219	Подсобное помещение	-	17	-	0,002	-	0,1	-	0,008	-	АМН 100х100, 1 шт.	-	0,58
220	Переpletная (1 раб.)	86	129	0,008	0,012	0,4	0,4	0,011	0,018	ДПУ 125, 1 шт.	ДПУ 160, 1 шт.	2,16	1,98
221	Кабинет заведующей (1 раб.)	40	-	0,004	-	0,3	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	1,59	-
<b>3 этаж</b>													
Проектно-конструкторская организация													
310	Кабинет	40	40	0,004	0,004	0,3	0,3	0,007	0,007	Клапан ВТК 160, 1 шт	ДПУ 100, 1 шт.	1,59	1,59
311	Коридор	212	-	0,020	-	-	-	0,011	-	ДПУ 125, 2 шт.	-	2,68	-
312	Кабинет руководителя проектно-конструкторской организации	184	184	0,017	0,017	1,3	1,3	0,011	0,011	ДПУ 125, 2 шт.	ДПУ 125, 2 шт.	2,32	2,32
313	Кабинет на 5 раб.	200	200	0,019	0,019	1,3	1,3	0,011	0,011	ДПУ 125, 2 шт.	ДПУ 125, 2 шт.	2,53	2,53
314	Кабинет на 4 раб.	160	160	0,015	0,015	0,8	0,8	0,011	0,011	ДПУ 125, 2 шт.	ДПУ 125, 2 шт.	2,02	2,02
315	Зал совещаний на 15 чел.	300	300	0,028	0,028	1,3	1,3	0,018	0,018	ДПУ 160, 2 шт.	ДПУ 160, 2 шт.	2,31	2,31

## Окончание приложения Г

Наименование помещения		Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч		Суммарная площадь решеток, м <sup>2</sup>		Минимальное число решеток, шт.		Фактическая площадь решетки, м <sup>2</sup>		Тип и количество воздухораспределителей		Фактическая скорость, м/с	
		Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
316	Кабинет на 6 раб.	240	240	0,022	0,022	1,0	1,0	0,018	0,018	ДПУ 160, 1 шт.	ДПУ 160, 1 шт.	3,70	3,70
317	Комната персонала	207	310	0,019	0,029	1,0	1,0	0,029	0,029	ДПУ-К 200, 1 шт.	ДПУ-К 200, 1 шт.	2,35	3,53
318	Санузел мужской	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	1,98
319	Санузел женский	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	1,98
320	КУИ	-	8	-	0,001	-	0,1	-	0,007	-	ДПУ 100, 1 шт.	-	0,33
321	Комната персонала	60	60	0,006	0,006	1,08	1,08	-	0,008	Клапан ВТК 160, 1 шт	АМН 100х100, 1 шт.	-	2,08
<b>Подземная автостоянка</b>													
005	Помещение хранения ртутных ламп	-	23	-	0,002	-	0,2	-	0,008	-	АМН 100х100, 1 шт.	-	0,81
009	Охрана	40	40	0,004	0,004	0,1	0,3	-	0,008	Клапан ВТК 160, 1 шт	АМН 100х100, 1 шт.	-	1,39
011	КУИ	-	12	-	0,001	-	0,1	-	0,008	-	АМН 100х100, 1 шт.	-	0,41
012	Санузел	-	50	-	0,005	-	0,1	-	0,008	-	АМН 100х100, 1 шт.	-	1,74

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
Результаты подбора вентиляционных установок

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

## Бланки подбора вентиляционных установок

### Бланк подбора приточной установки П1



Тел: ; Фак

Проект:

<b>Объект:</b>	<b>Название:</b>	П1
<b>Заказчик:</b>	<b>Производительность:</b>	7816 м <sup>3</sup> /ч
<b>Исполнитель:</b>	<b>Свободный напор:</b>	612 Па

#### Характеристики входящего оборудования

##### 1. Фильтр канальный прямоугольный Канал-ФКП панельный

Индекс: Канал-ФКП-100-50-G4; Класс: G4; dPв=142,5 Па; L=240 мм; m=12,4 кг

##### 2. Вентилятор канальный прямоугольный Канал-ПКВ

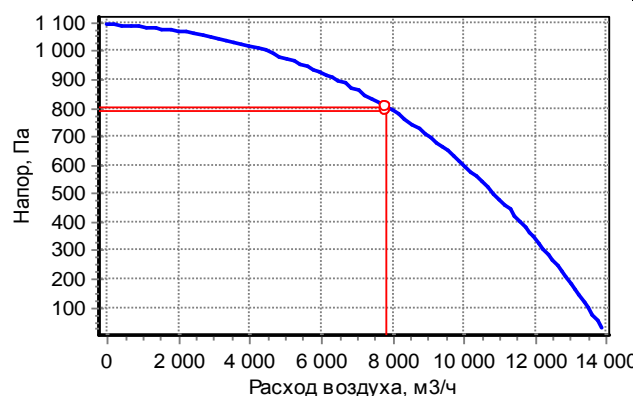
Индекс: Канал-ПКВ-100-50-4-380

Lв=7816 куб.м./ч; Rполн=793 Па; Rсеть=612 Па

Превышение напора вентилятором: dP=10 Па

Эл.двиг: Nu=4,3 кВт; Упит=~380 В; Iпот=6,8 А

L=1210 мм; m=122,0 кг



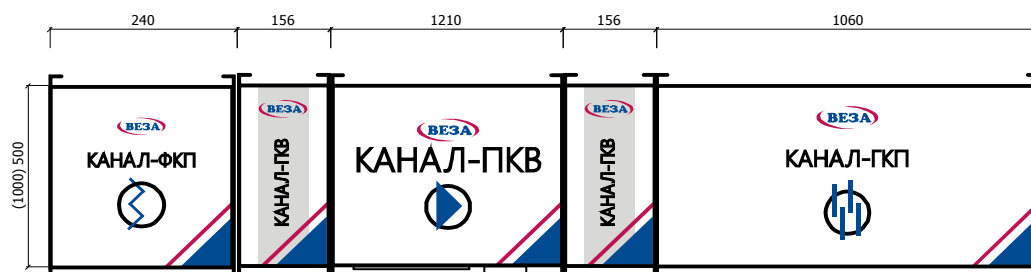
##### 3. Шумоглушитель канальный пластинчатый Канал-ГКП

Индекс: Канал-ГКП-100-50; dPв=38,2 Па; L=1060 мм; m=70,0 кг

#### Спектральные (дБ) и суммарные (дБА) уровни звуковой мощности

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Сумм, дБА
На входе	76	90	82	77	76	70	67	65	81
На выходе	80	87	75	63	44	36	44	47	73
К окружению	75	81	70	64	64	62	61	58	71

#### Габаритная схема



## Бланк подбора приточной установки П2



Тел ; Факс:

Проект:

Объект:	Название:	П2
Заказчик:	Производительность:	1848 м3/ч
Исполнитель:	Свободный напор:	285 Па

### Характеристики входящего оборудования

<p><b>1. Фильтр канальный прямоугольный Канал-ФКП панельный</b>                  Индекс: Канал-ФКП-60-30-G4; Класс: G4; <math>dP_v=75,9</math> Па; <math>L=240</math> мм; <math>m=7,6</math> кг</p>	
<p><b>2. Воздуонагреватель канальный водяной Канал-КВН</b>                  Индекс: Канал-КВН-60-30-2; <math>Q_t=32,6</math> кВт; <math>t_{вн}=-34</math> °С; <math>t_{вк}=19</math> °С; <math>G_{ж}=932,8</math> кг/ч; <math>t_{жн}=100</math> °С; <math>t_{жк}=70</math> °С; <math>dP_{ж}=8,5</math> кПа; <math>dP_v=38,7</math> Па; <math>L=180</math> мм; <math>m=7,4</math> кг</p>	
<p><b>3. Вентилятор канальный прямоугольный Канал-ПКВ</b>                  Индекс: Канал-ПКВ-60-30-4-220  <math>L_v=1848</math> куб.м./ч; <math>R_{полн}=419</math> Па; <math>R_{сеть}=285</math> Па                  Превышение напора вентилятором: <math>dP=50</math> Па                  Эл.двиг: <math>N_y=1,6</math> кВт; <math>U_{пит}\approx 220</math> В; <math>I_{пот}=7,3</math> А  <math>L=642</math> мм; <math>m=28,0</math> кг</p>	
<p><b>4. Шумоглушитель канальный пластинчатый Канал-ГКП</b>                  Индекс: Канал-ГКП-60-30; <math>dP_v=19,2</math> Па; <math>L=1060</math> мм; <math>m=32,0</math> кг</p>	

### Спектральные (дБ) и суммарные (дБА) уровни звуковой мощности

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Сумм, дБА
На входе	68	79	71	66	70	71	68	69	77
На выходе	58	73	61	53	48	44	54	55	62
К окружению	40	62	66	60	63	57	51	48	66

### Габаритная схема





## Бланк подбора приточной установки ПЗ



Тел: ; Факс:

Проект:

Объект:	Название:	ПЗ
Заказчик:	Производительность:	1808 м <sup>3</sup> /ч
Исполнитель:	Свободный напор:	200 Па

### Характеристики входящего оборудования

**1. Решетка канальная нерегулируемая оцинкованная Канал-РКО**

Индекс: Канал-РКО-60-30; dPв=34,2 Па; L=30 мм; m=3,6 кг

**2. Клапан утепленный воздушный Канал-Гермик-С**

Индекс: Канал-Гермик-С-60-30-M220; Привод: M220; dPв=6,0 Па; Нагрев=0,0702 кВт; L=160 мм; m=9,3 кг

**3. Фильтр канальный прямоугольный Канал-ФКП панельный**

Индекс: Канал-ФКП-60-30-G4; Класс: G4; dPв=72,8 Па; L=240 мм; m=7,6 кг

**4. Вентилятор канальный прямоугольный Канал-ПКВ**

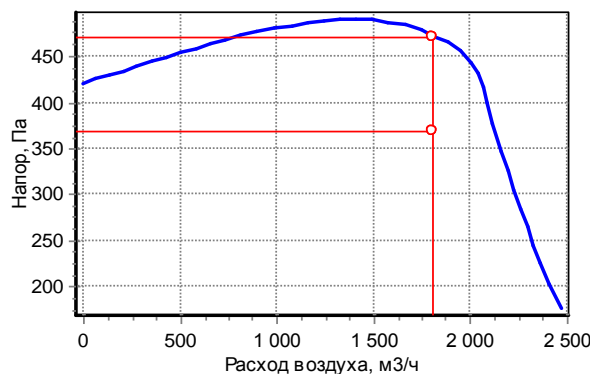
Индекс: Канал-ПКВ-60-30-4-220

Lв=1809 куб.м./ч; Rполн=369 Па; Rсет=200 Па

Превышение напора вентилятором: dP=104 Па

Эл.двиг: Nu=1,6 кВт; Упит=~220 В; Ипот=7,3 А

L=642 мм; m=28,0 кг



**5. Воздуонагреватель канальный водяной Канал-КВН**

Индекс: Канал-КВН-60-30-2; Qt=31,3 кВт; tвн=-34 °C; tвк=18 °C; Gж=895,8 кг/ч; tжн=100 °C; tжк=70 °C; dPж=7,8 кПа; dPв=37,2 Па; L=180 мм; m=7,4 кг

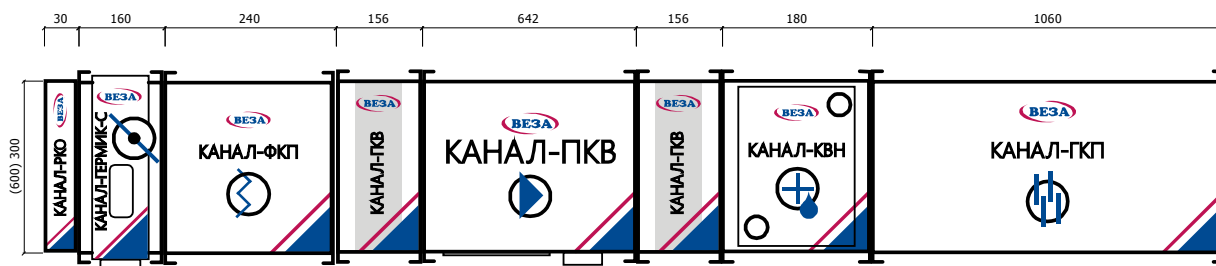
**6. Шумоглушитель канальный пластинчатый Канал-ГКП**

Индекс: Канал-ГКП-60-30; dPв=18,7 Па; L=1060 мм; m=32,0 кг

### Спектральные (дБ) и суммарные (дБА) уровни звуковой мощности

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Сумм, дБА
На входе	68	79	71	66	70	71	68	69	77
На выходе	58	73	61	53	48	44	54	55	62
К окружению	40	62	66	60	63	57	51	48	66

### Габаритная схема



## Бланк подбора приточной установки П4



Тел: ; Факс:

Проект:

Объект:	Название:	П4
Заказчик:	Производительность:	1588 м3/ч
Исполнитель:	Свободный напор:	250 Па

### Характеристики входящего оборудования

<p><b>1. Клапан утепленный воздушный Канал-Гермик-С</b> Индекс: Канал-Гермик-С-60-30-М220; Привод: М220; dPв=5,4 Па; Нагрев=0,0702 кВт; L=160 мм; м=9,3 кг</p>	
<p><b>2. Фильтр канальный прямоугольный Канал-ФКП карманный</b> Индекс: Канал-ФКП-60-30-F5; Класс: F5; dPв=51,1 Па; L=500 мм; м=11,0 кг</p>	
<p><b>3. Воздуонагреватель канальный водяной Канал-КВН</b> Индекс: Канал-КВН-60-30-2; Qt=28,0 кВт; tвн=-34 °С; tвк=19 °С; Gж=801,5 кг/ч; tжн=100 °С; tжк=70 °С; dPж=6,3 кПа; dPв=29,7 Па; L=180 мм; м=7,4 кг</p>	
<p><b>4. Вентилятор канальный прямоугольный Канал-ПКВ</b> Индекс: Канал-ПКВ-60-30-4-220 Lв=1588 куб.м/ч; Rполн=351 Па; Pсетг=250 Па Превышение напора вентилятором: dP=135 Па Эл.двиг: Nu=1,6 кВт; Упит=~220 В; Iпот=7,3 А L=642 мм; м=28,0 кг</p>	
<p><b>5. Шумоглушитель канальный пластинчатый Канал-ГКП</b> Индекс: Канал-ГКП-60-30; dPв=15,2 Па; L=1060 мм; м=32,0 кг</p>	

### Спектральные (дБ) и суммарные (дБА) уровни звуковой мощности

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Сумм,
На входе	68	79	71	66	70	71	68	69	77
На выходе	58	73	61	53	48	44	54	55	62
К окружению	40	62	66	60	63	57	51	48	66

### Габаритная схема



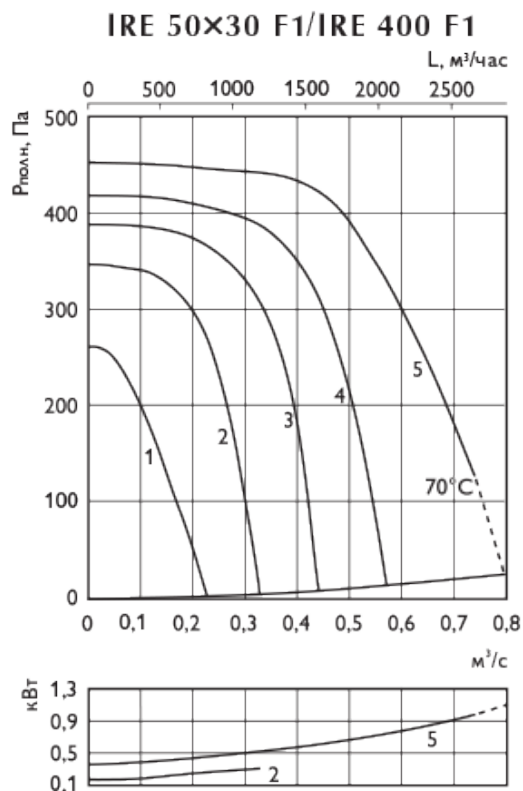


Рисунок Д.1 – Аэродинамические характеристики вентилятора IRE 50x30 F фирмы «Арктика»

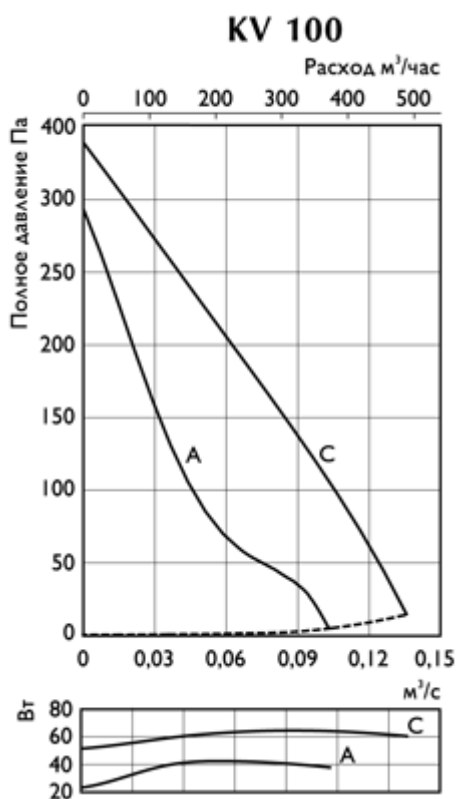


Рисунок Д.2 – Аэродинамические характеристики вентилятора KV 100A фирмы «Арктика»