

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

\_\_\_\_\_  
(наименование института полностью)  
Центр \_\_\_\_\_  
(наименование)  
08.04.01 Строительство  
\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления подготовки)  
Современные системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений  
\_\_\_\_\_  
(направленность (профиль))

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему \_\_\_\_\_  
Обеспечение микроклимата в помещениях делового центра  
с подземной автостоянкой  
\_\_\_\_\_  
в пос. Газопровод, с.п. Сосенское, Московская область  
\_\_\_\_\_

Обучающийся \_\_\_\_\_  
Е.А. Журавлев \_\_\_\_\_  
(инициалы Фамилия) (личная подпись)  
Научный \_\_\_\_\_  
кандидат тех. наук, доцент, Е.В. Чиркова  
руководитель \_\_\_\_\_  
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Содержание

Введение.....	5
1 Исходные данные для проектирования .....	7
1.1 Архитектурно-планировочное описание объекта .....	7
1.2 Расчётные параметры наружного воздуха .....	8
1.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха .....	8
1.4 Источники тепло- и холодоснабжения .....	9
2 Аналитический обзор.....	10
2.1 Нормативные требования, предъявляемые к системам обеспечения микроклимата зданий офисного типа и подземных автостоянок .....	10
2.2 Обзор существующих инженерных решений по проектированию систем обеспечения микроклимата в зданиях офисного типа и подземных автостоянок .....	11
2.2.1 Помещения со свободной планировкой .....	11
2.2.2 Организация системы вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях со свободной планировкой. ....	12
2.2.3 Система с переменным расходом воздуха VAV (Variable Air Volume). ....	15
2.2.4 Система вентиляции подземных автостоянок (паркингов).....	16
2.3 Патентный поиск.....	18
2.3.1 Описание объекта патентного поиска .....	18
2.3.2 Определение и задание программы исследования .....	19
2.3.3 Исследование научно-технической и патентно-технической документации .....	20
2.3.4 Сравнение и оценка технических решений.....	24
2.3.5 Определение тенденций развития .....	24
2.3.6 Выводы, рекомендации и тенденции развития.....	25
3 Тепловая защита здания .....	26
3.1 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций .....	26

3.2	Расчет тепловых потерь помещений.....	32
3.3	Определение теплопоступлений в здание .....	32
3.3.1	Расчет поступлений от солнечной радиации через световой проем .....	32
3.3.2	Расчет поступлений тепла от солнечной радиации через бесчердачное покрытие.....	37
3.3.3	Расчет поступлений тепла от людей .....	38
3.3.4	Расчет поступлений тепла от освещения.....	39
3.3.5	Расчет поступления тепла от оборудования .....	39
3.4	Тепловой баланс.....	42
4	Системы обеспечения микроклимата .....	46
4.1	Отопление .....	46
4.1.1	Конструирование системы отопления .....	46
4.1.2	Гидравлический расчет системы отопления .....	48
4.1.3	Подбор отопительных приборов .....	49
4.1.4	Расчет и подбор оборудования системы отопления.....	50
4.2	Вентиляция и кондиционирование воздуха.....	51
4.2.1	Расчёт воздухообменов помещений делового центра с подземной автостоянкой.....	51
4.2.2	Конструктивные решения систем вентиляции и кондиционирования воздуха.....	53
4.2.3	Расчет воздухораспределительных устройств .....	56
4.2.4	Аэродинамический расчет .....	59
4.2.5	Подбор вентиляционного оборудования.....	60
5	Противодымная вентиляция .....	66
5.1	Конструктивные решения .....	66
5.1.1	Система дымоудаления .....	66
5.1.2	Противодымная приточная вентиляция .....	67
5.1.3	Список систем противодымной вентиляции.....	70
5.2	Расчет системы дымоудаления подземной автостоянки (ДУ1).....	71

5.3 Расчет системы противодымной приточной вентиляции подземной автостоянки.....	78
6 Автоматизация системы вентиляции офисной части делового центра с подземной автостоянкой .....	86
6.1 Описание работы.....	88
6.2 Подбор оборудования для приточной установки.....	89
7 Энергоэффективность применения роторного рекуператора .....	92
Заключение .....	95
Список используемой литературы и используемых источников.....	97
Приложение А Теплотери ограждающих конструкций.....	101
Приложение Б Расчет системы отопления .....	117
Приложение В Расчет системы вентиляции.....	130

## Введение

Человеку, где бы он не находился, дома или на работе, всегда необходимо чувствовать себя комфортно. То есть зимой не должно быть холодно, летом – не жарко, а если есть какие-то вредные вещества в помещении, то свести их влияние на человека к минимуму, так чтобы не представлялась опасность жизни и здоровью. Для всех этих нужд человечество научилось делать системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

У каждой из систем свои цели и задачи. У отопления – это обогрев помещения, компенсация тепловых потерь, создание определенного температурного режима. У вентиляции – приток свежего и удаление загрязненного воздуха. У кондиционирования – создание оптимальных параметров внутреннего микроклимата.

В последнее время большое внимание уделяется теплоэнергосберегающим технологиям. В области отопления и вентиляции – это применение новых материалов, утеплителей, утилизаторов тепловой энергии, автоматизация приточно-вытяжных камер и тепловых пунктов и так далее. Использование новых энергосберегающих технологий позволяет значительно экономить денежные средства, энергоресурсы, а также повышать качество оказываемых услуг.

В таких зданиях, как деловые центры, очень важно, чтобы люди, находящиеся внутри, чувствовали себя комфортно. Следовательно, нужны хорошие системы вентиляции с кондиционированием воздуха и отопления. Удачно запроектированные инженерные системы здания обеспечат прибыль и экономию владельцам деловых центров. Так же необходимо обеспечить безопасность жизни и здоровья людей, то есть: очищать приточный воздух, выполнять требования по противопожарной и противодымной безопасности.

Применение новых технологий, разумное проектирование инженерных коммуникаций, все это должно привести к комфортному и безопасному существованию человека внутри зданий и помещений.

Объектом исследования является деловой центр с подземной автостоянкой, г.о. Москва.

Здание имеет размеры в плане 78,0×23,36 м, 12 надземных этажей и 1 подземный, 87 460 м<sup>3</sup> совокупного строительного объема.

Предметом исследования являются системы жизнеобеспечения в здании делового центра.

Цель исследования: выполнить проект систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также системы противодымной защиты, в деловом центре со свободной планировкой и подземной автостоянкой.

Задачи исследования:

- спроектировать системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, а также системы противодымной защиты для автостоянки и офисной части делового центра;
- провести технико-экономический расчёт с целью установления эффективности работы роторного рекуператора в рамках данного проекта.

## **1 Исходные данные для проектирования**

### **1.1 Архитектурно-планировочное описание объекта**

Назначение здания: деловой центр с подземной автостоянкой.

Район строительства: Московская область, с.п. Сосенское, пос. Газопровод.

Здание имеет размеры в плане 78,0×23,36 м, 12 надземных этажей и 1 подземный, 87 460 м<sup>3</sup> совокупного строительного объема.

Стены подземного этажа выполнены из монолитного железобетона, наружные стены здания выполнены из кирпича толщиной 380 мм.

На -1 и 0 этаже располагаются автостоянка, технические помещения и приточная камера.

С первого по одиннадцатый этажи размещаются помещения со свободной планировкой, предназначенные для офисов. На каждом этаже есть бытовые и технические помещения – серверные, санузлы.

На десятом этаже, на отметке +31.050, располагается венткамера с приточными установками.

На одиннадцатом этаже (+34.500) предусмотрено помещение для котельной.

Район строительства согласно СП 50.13330.2012 [21] относится к нормальной зоне влажности.

Главный вход в здание ориентирован на запад.

## 1.2 Расчётные параметры наружного воздуха

Параметры наружного воздуха приняты по СП 131.13330.2020 [16].  
Данные по наружному воздуху представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры наружного воздуха

Населенный пункт	Географическая широта, °с. ш.	Барометрическое давление, гПа	Период года	Параметры А			Параметры Б		
				t, °С	$I, \frac{кДж}{кг}$	$\vartheta, \frac{м}{с}$	t, °С	$I, \frac{кДж}{кг}$	$\vartheta, \frac{м}{с}$
Москва	55°45'	997	Теплый	23	50	1	–	–	–
			Холодный	–	–	–	-26	-25,6	2,0

Средняя суточная амплитуда температуры:

- теплый период года 9,6 °С;
- холодный период года 6,0 °С;

## 1.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха

Расчетные параметры внутреннего воздуха приняты в соответствии с ГОСТ 30494-2011 [5] и СП 118.13330.2012 [15] и представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Параметры внутреннего воздуха для холодного периода года

Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха $t_{в}$ , °С	Относительная влажность внутреннего воздуха $\phi_{в}$ , %	Подвижность внутреннего воздуха $v$ , м/с
Офисные помещения	20	30-40	0,2
Серверные	20		
Помещения холлов, коридоры, лестницы	16		
Вестибюль после главного входа	16		
Санузлы	18		
Подземная автостоянка	5		
Венткамеры	10		
Сплинkerная	5		
Электрощитовая	5		
Помещение узла ввода	5		

Для теплого периода года применяются следующие параметры:

- температура +22,3÷25,3 °С.
- относительная влажность 40-60 %.
- скорость воздуха не превышает 0,15 м/с.

#### 1.4 Источники тепло- и холодоснабжения

Источником теплоснабжения для нужд отопления, вентиляции и ГВС служит индивидуальная газовая котельная. Теплоносителем является вода. Параметры теплоносителя: 95/70°С.

Источниками холодоснабжения являются чиллеры. Холодоносителем для систем холодоснабжения служит холодная вода с параметрами 7/12°С.

#### Выводы по главе 1

В ходе постановки задачи по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в здании делового центра с подземной автостоянкой, определены параметры наружного и внутреннего воздуха для каждого помещения в холодный и теплый периоды, а также источники тепло- и холодоснабжения здания.

## **2 Аналитический обзор**

### **2.1 Нормативные требования, предъявляемые к системам обеспечения микроклимата зданий офисного типа и подземных автостоянок**

Согласно функциональному назначению, на объекте выполняется легкая работа по ГОСТ 12.1.005-88 [4]. Источниками теплоты служат компьютерное и иное офисное оборудование, освещение. Люди являются источниками как теплоты, так и влаги. Проектирование систем отопления и вентиляции ведется в соответствии с СП 60.13330.2020 [19].

Опасные вещества, такие как оксиды азота и углерода, углеводороды, выделяются автотранспортом в помещениях подземной автостоянки.

В соответствии с СП 300.1325800.2017 [17] в Российской Федерации для подземных автостоянок проектируются системы струйной вентиляции, а системы с воздуховодами проектируются по нормам СП 60.13330.2020 [19], как для склада.

Температура воздуха на подземных парковках в холодный период года должна быть не ниже 5°C, создание более комфортных условий должно согласовываться с заказчиком. Теплый период года не регламентируется.

Помещения автостоянок относятся к категории В по пожароопасности.

При применении системы воздуховодов удаление воздушных масс проектируется из верхней и нижней зон (50/50), а подачу воздуха производят вдоль проездов (согласно СП 113.13330.2016 [14]).

Количество удаляемого (вытяжного) воздуха рассчитывают на разбавление вредных веществ, выделяемых при эксплуатации транспортных средств. Но принимают для проекта не менее 2 крат от объема помещения, при этом должно удаляться воздуха не менее 150 м<sup>3</sup>/ч на одно парковочное место. Количество приточного воздуха предусматривают на 20% меньше, чем вытяжного.

## **2.2 Обзор существующих инженерных решений по проектированию систем обеспечения микроклимата в зданиях офисного типа и подземных автостоянок**

### **2.2.1 Помещения со свободной планировкой**

В настоящее время в России строится большое число объектов жилого и гражданского назначения, с не конкретизированной (свободной) планировкой помещений. На Рисунках 1 и 2 приведены примеры объектов со свободной планировкой.



Рисунок 1 – Пример свободной планировки помещений в жилом здании

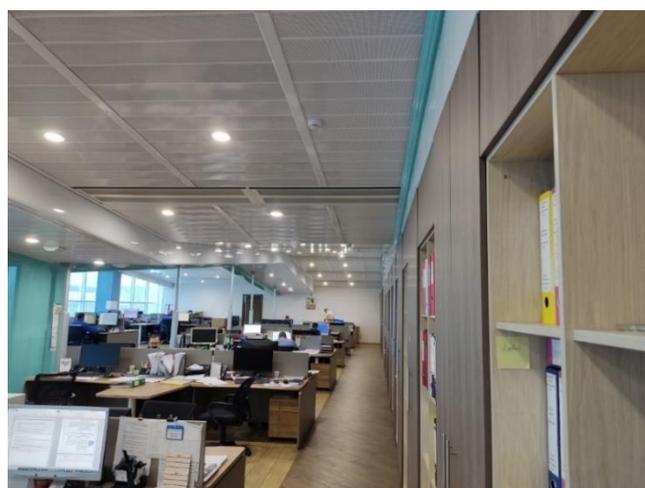


Рисунок 2 – Пример свободной планировки офисного помещения

Свободная планировка помещений применяется на следующих объектах:

- жилые здания с арендуемыми помещениями первых этажей, для ведения коммерческой деятельности;
- жилые здания с квартирами, где выполняются планировки по частным проектам;
- деловые центры и многофункциональные комплексы с офисными помещениями, сдаваемые в аренду;
- торговые центры и многофункциональные комплексы с помещениями, предназначенные для торговых точек;
- многофункциональные комплексы с выделенными площадями для предприятий общественного питания.

### **2.2.2 Организация системы вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях со свободной планировкой.**

При отсутствии указаний конкретного местоположения рабочих мест и оборудования задача по проектированию систем жизнеобеспечения здания становится не выполнимой [7]. Но и с такими трудностями можно справиться при соблюдении ряда условий и обязательного назначения функционала помещения.

Для помещений со свободной планировкой применяют как централизованные, так и децентрализованные системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Централизованная вентиляция подходит для объектов, где параметры воздуха допускаются одинаковые во всех помещениях.

Децентрализованная система необходима тогда, когда в каждом или в некоторых помещениях необходимо соблюдать особые условия параметрам внутреннего воздуха. Применяется система децентрализованной вентиляции например: в ресторанах и кафе, на производственных объектах, в больницах, лабораториях, спортивных объектах, зданиях торгово-складского назначения и др. Пример приточной вентиляционной установки для зоны складирования

продуктов питания, требующих особого температурного режима показан на Рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример приточной установки децентрализованной системы вентиляции

Для делового центра со свободной планировкой офисов при отсутствии указаний конкретного местоположения рабочих мест и оборудования лучше всего подходит централизованная система вентиляции, при этом возможны два варианта проектных решений [7].

В первом варианте рассчитывается необходимое количество воздуха, исходя из возможного количества людей, которое можно разместить в данном помещении. В помещениях прокладываются приточные и вытяжные магистральные воздуховоды, с установкой клапанов регулирования расхода воздуха. Разводка воздуховодов внутри будущих помещений выполняется арендатором при согласовании с проектной организацией.

Во втором варианте так же рассчитывается необходимое количество воздуха, исходя из возможного количества людей, но проектировщик сам условно разбивает помещения на сегменты, в которых назначает оборудование для подачи подготовленного воздуха, например, используя потолочные балки-воздухораспределители со встроенным регулятором расхода воздуха [34], представленные на рисунках 4 и 5. В данном случае арендодатель может сдавать в аренду фиксированные площади, сегментно, обслуживаемые конкретным оборудованием; арендатору не нужно

выполнять проектные и строительно-монтажные работы по устройству вентиляции на арендуемой им площади.



Рисунок 4 – Потолочная балка-воздухораспределитель производства фирмы FlaktGroup, Швеция

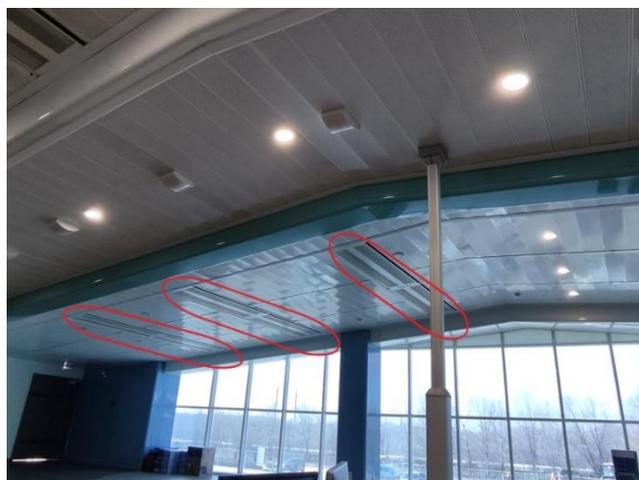


Рисунок 5 – Пример применения потолочных балок в офисном помещении со свободной планировкой. Красным цветом выделены потолочные балки, смонтированные в подвесном потолке.

Такие потолочные балки имеют в своем составе встроенный водяной охладитель воздуха, который можно включать с помощью пульта дистанционного управления при необходимости охлаждения приточного воздуха. Каждая балка оснащена своим пультом управления. Тем самым каждый работник самостоятельно может создавать себе комфортные температурные условия.

При данном варианте арендодатель может сдавать в аренду фиксированные площади, сегментно, обслуживаемые конкретным оборудованием. А арендатору не нужно выполнять проектные и строительно-монтажные работы по устройству вентиляции на арендуемой им площади.

### 2.2.3 Система с переменным расходом воздуха VAV (Variable Air Volume).

Система с переменным расходом воздуха позволяет регулировать воздухообмен в каждом помещении независимо друг от друга.

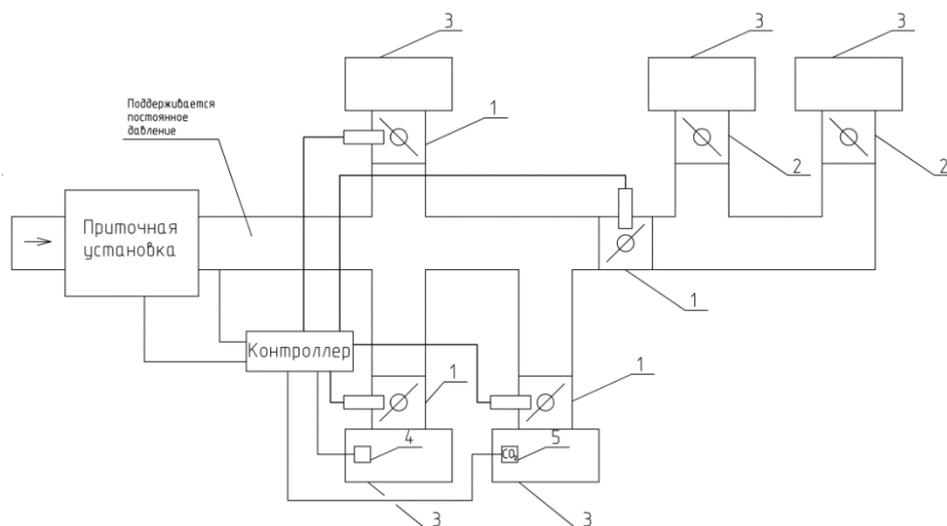
Обслуживаемые помещения (зоны) могут иметь различные типы управления:

- управление через диспетчерскую: расход воздуха в каждой зоне задается централизованно, можно задавать режимы работы;

- смешанное управление: для каждой зоны дополнительно используется местный регулятор, расход воздуха можно задавать непосредственно по месту или централизованно, как в первом варианте;

- управление по уровню CO<sub>2</sub>: используются датчики углекислого газа, расход воздуха регулируется автоматически для поддержания заданной концентрации.

Пример организации централизованной приточной системы вентиляции с клапанами переменного расхода воздуха показан на рисунке 6 [32].



1 – помещение зоны № 1; 2 – помещение зоны № 2; 3 – помещение зоны № 3;  
4-1, 4-2, 4-3 – помещения зоны №4

Рисунок 6 – Пример схемы применения клапанов с переменным расходом воздуха

На рисунке 6 изображены следующие схемы управления подачей воздуха:

– подача постоянного количества воздуха для каждого помещения или группы помещений; при такой системе управления в помещения подается фиксированный объем воздуха, можно задавать режимы работы (например, «день-ночь»); если раздача воздуха ведется на группу помещений, то каждое ответвление вентиляционной сети должно увязываться (дресселироваться);

– подача переменного количества воздуха в конкретное помещение; используется местный регулятор (пульт, панель оператора) для изменения расхода воздуха;

– подача требуемого количества воздуха по датчику уровня CO<sub>2</sub>; в данном случае используются датчики углекислого газа, расход воздуха регулируется автоматически для поддержания заданной концентрации.

#### **2.2.4 Система вентиляции подземных автостоянок (паркингов)**

На данный момент в мире существуют два типа организации вентиляции в подземных автостоянках: приточно-вытяжная система с каскадом струйных вентиляторов (рисунок 7) и централизованная приточно-вытяжная система с воздуховодами (рисунок 8). При этом допускается совмещение функций подачи и удаления воздуха с системами подпора и дымоудаления соответственно.



Рисунок 7 – Пример крытой автостоянки с системой струйных вентиляторов

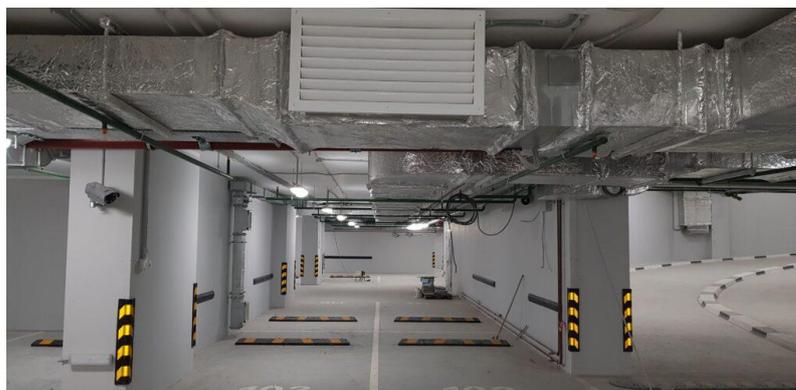
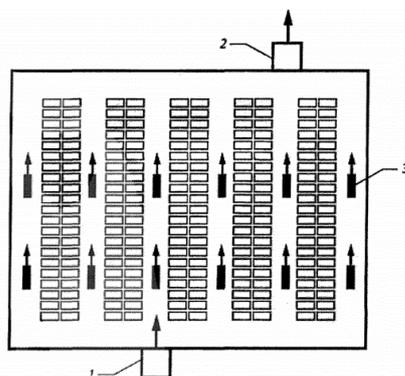


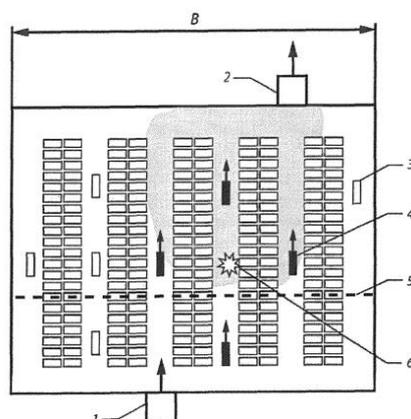
Рисунок 8 – Пример крытой автостоянки с системой воздуховодов

Особо нужно отметить, что системы с рециркуляцией воздуха для подземных автостоянок не применимы. Схема работы струйной вентиляции автостоянок представлены на рисунках 9 и 10.



1 – подача приточного воздуха; 2 – выброс вытяжного воздуха; 3 – струйный вентилятор

Рисунок 9 – Схема струйной вентиляции в нормальном режиме работы



1 – подача приточного воздуха; 2 – выброс вытяжного воздуха;  
3 – выключенный струйный вентилятор; 4 – включенный струйный вентилятор; 5 – незадымленная зоны; 6 – эпицентр пожара.

Рисунок 10 – Схема работы системы струйной вентиляции при пожаре

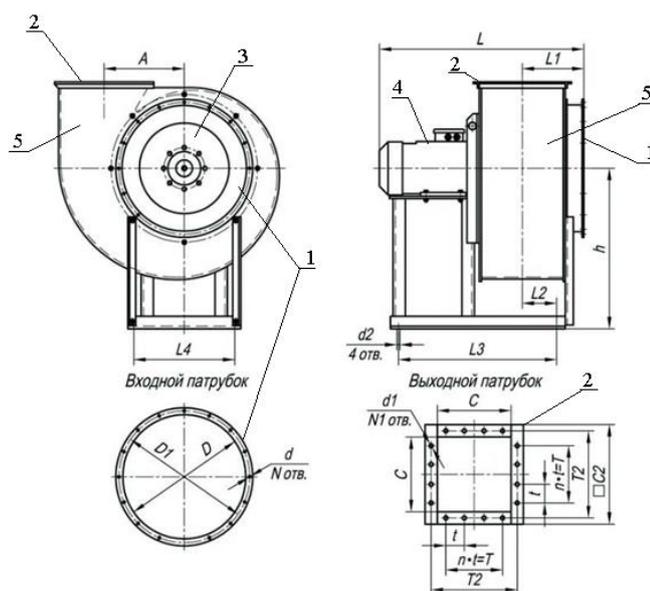
Согласно исследованиям шведского производителя вентиляционного оборудования фирмы FlaktGroup [33] применение струйных вентиляторов в помещениях, предназначенных для хранения и движения автотранспорта, является более технологичным и безопасным в сравнении с традиционной системой с воздуховодами.

Несмотря на все преимущества систем струйных вентиляторов на крытых автостоянках могут применяться вентиляционные системы с воздуховодами. Это обусловлено архитектурно-планировочным решением самой автостоянки. Например, если приточная шахта расположена вблизи вытяжной.

## 2.3 Патентный поиск

### 2.3.1 Описание объекта патентного поиска

В системах вентиляции используются вентиляторы различных конструкций. В качестве исследуемого объекта выбран базовый вариант центробежного вентилятора (Рисунок 11).



1 – входной патрубок; 2 – выходной патрубок; 3 – рабочее колесо; 4 – электродвигатель;  
5 – корпус

Рисунок 11 – Центробежный вентилятор

Вентилятор работает следующим образом: на электродвигатель подается электрическое напряжение, рабочее колесо начинает вращаться по средствам механической передачи от электродвигателя через вал. Поток воздуха устремляется в центр рабочего колеса через входной патрубок. На колесе имеются лопатки, которые придают завихрения потоку, и тот в свою очередь выходит через выходной патрубок.

### **2.3.2 Определение и задание программы исследования**

Целью исследования является установление наиболее прогрессивного технического решения и определение направления развития центробежных вентиляторов.

Центробежный вентилятор состоит из следующих конструктивных элементов:

- лопаточное колесо;
- спиральный корпус;
- электродвигатель;
- вал;
- ступица для насаживания колеса на вал.

По классификатору МПК:

Раздел F – Двигатели и насосы.

Класс F04 – Гидравлические машины...

Подкласс F04D – Насосы и компрессоры не объемного вытеснения...

F04D 17/08 – центробежный вентилятор.

В качестве источников информации приняты источники информационного ресурса сайтов: [www.fips.ru](http://www.fips.ru) [25].

Регламент поиска сведен в таблицу 3.

Таблица 3 – Регламент поиска

Исследуемый объект техники	Территориальное образование	Индекс МПК и УДК	Источник информации
Радиальный (центробежный) вентилятор	Российская Федерация	F04D17/08	Бюллетень изобретений и полезных моделей
	Китайская Народная Республика	38.762.2-02я2	Свидетельства и патенты
	–	–	Сайт: <a href="http://www.fips.ru">www.fips.ru</a>
	–	–	Техническая брошюра завода изготовителя
	–	–	Научно-техническая литература

На основании общего анализа конструкции центробежных вентиляторов видно, что она постоянно совершенствуется на протяжении более 100 лет.

Объект – Центробежный вентилятор.

Вид исследований: Исследование достигнутого уровня развития.

Глубина поиска – 25 лет.

### **2.3.3 Исследование научно-технической и патентно-технической документации**

Цель: изучить достигнутый уровень развития техники «центробежный вентилятор» путем отбора соответствующей документации из базы патентов и технической литературы.

Результаты поиск информация представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Источники информации для анализа тенденции развития вентиляторов

Исследуемый объект техники	Автор(ы), УДК	Наименование	Описание объекта техники
Центробежный вентилятор	Б.М. Торговников, В.Е. Табачников, Е.М. Ефанов. 38.762.2-02я2	Проектирование промышленной вентиляции: Справочник Киев: Будівельник, 1983.	Форма лопаток рабочего колеса (прямые, загнуты вперед, загнуты назад)
	ЛАДА-ФЛЕКТ	Каталог вентиляционного оборудования	Форма лопаток рабочего колеса (загнуты назад), корпус из стали с полимерным покрытием, автоматизация средств регулирования.

Найденные технические описания конструкций вентиляторов представлены в таблице 5.

Таблица 5 –Анализируемая патентная документация

Объект техники	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс	Автор, страна, дата приоритета, дата публикации, название	Описание изобретения
1	2	3	4
1. Центробежный вентилятор	Россия (11) 2309299 (51) F04D17/08	Н.И. Подлевский, Б.С. Хитрук Т.Б. Абдрахманова Б.П. Гарганеев Россия 10.03.2007 27.10.2007 ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР	«Спиральный корпус выполнен составным из толстостенных плит, ориентированных по касательной к дополнительной технологической спирали и к нему изнутри через дистанцирующие продольные ребра, прилегает изогнутый лист, образующий основную рабочую спираль. Спиральная форма листа обеспечивается за счет соприкосновения с дистанцирующими ребрами корпусных плит, закрепления концевых участков рейками и собственных сил упругости. Конструкция технологична в изготовлении и при освоении в серийном производстве не требует применения специального дорогостоящего оборудования» [13].
2. Центробежный вентилятор	Россия (11) 2390657 (51) F04D17/08	Н.В. Макаров, С.В. Белов, В.И. Фомин, В.Н. Макаров, С.А. Волков Россия 10.10.2009 27.05.2010 ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР	«Устройство позволяет регулировать режим работы и эффективно устранять отрывное вихреобразование в зоне покрывного диска рабочего колеса вентилятора. Указанный технический результат достигается в центробежном вентиляторе, содержащем корпус, установленное в его полости рабочее колесо с телескопическим входным патрубком, состоящим из неподвижно закрепленного кольцевого направляющего элемента и подвижного патрубка, которые образуют кольцевой канал с обечайкой, установленной снаружи подвижного патрубка и жестко связанной с ним с помощью спиц с обеспечением их совместного осевого перемещения, причем подвижный патрубок выполнен телескопическим и имеет прямолинейную образующую, подвижную обечайку и тороидальный выходной участок, обечайка установлена в кольцевом канале и имеет входной тороидальный коллектор, выполненный из внутренней и внешней частей с возможностью осевого перемещения во входной коробке» [11].
3. Центробежный вентилятор	Россия (11) 2122656 (51) F04D17/08	В.Г. Караджи, Т.А. Третьюхина Россия 27.11.1998 ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР	«Сущность изобретения: центробежный вентилятор снабжен на наружной стенке всасывающего патрубка направляющим аппаратом в виде изогнутых сегментных пластин. При вращении рабочего колеса в напорной плоскости корпуса создается тороидальное вихревое течение воздуха, которое закручено в сторону вращения. Воздух проходит через зазор пластины, разворачивается и безударно поступает в область покрывного диска. При этом упорядочивается поворот потока, потери от закрутки снижаются посредством согласования входа и выхода лопаток с направлением потока, благодаря чему повышается КПД вентилятора» [11].

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
4. Центробежный вентилятор	Россия (11) 2334128 (51) F04D17/08	Б.С. Хитрук, Н.И. Подлевский, А.В. Сластухин Россия 27.04.2008 20.09.2008 ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР	«Изобретение предназначено для электровентиляторов центробежного типа со спиральным корпусом с повышенными требованиями к виброакустическим характеристикам. Спиральный корпус выполнен составным из толстостенных плит и прилегающего к нему изнутри выгнутого тонкостенного листа с закрепленными концевыми сторонами. В соответствии с изобретением спираль корпуса составлена дугами двух окружностей, центры которых, а также точка сопряжения расположены на прямой, пересекающей ось рабочего колеса вентилятора. Изобретение позволяет упростить конструкцию корпуса за счет сокращения числа окружностей, образующих спираль, и уменьшения количества типоразмеров плит» [13].
5. Центробежный вентилятор	Россия (11) 2132970 (51) F04D17/08, F04D29/44, F04D29/66	В.Г. Караджи Россия 10.07.1999 ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР	«Вентилятор содержит спиральный корпус, рабочее колесо с лопатками и покрывным диском. Всасывающий патрубок с криволинейной образующей образует циркуляционный зазор, формируемый между внешней поверхностью патрубка и внутренней поверхностью диска. Направляющий аппарат выполнен в виде плоской пластины, соединенной с внешней поверхностью патрубка в зоне. Даны оптимальные угловые параметры пластины и зазора. Препятствуя возникновению тороидального течения в циркуляционной камере, пластина способствует формированию струи в зазоре, направленной вдоль внутренней поверхности диска, увеличивающей зону его безотрывного обтекания, что приводит к повышению КПД» [11].
6. Центробежный вентилятор	Китай (11) CN2795511 (51) F04D17/08	Liu Changhe Chen Huimin Китай 12.07.2006 ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР	Полезная модель относится к центробежному мини-шумовому вентилятору с регулируемой частотой, который состоит из опорной рамы 1, глушителя колебаний ветрового патрубка 2, крыльчатки 3, глушителя 4 электродвигателя 5, корпуса шумоглушителя 6, и частотный преобразователь, при этом коробка давления для глушителя воздухозаборника расположена в нижней части центробежного малошумящего вентилятора с регулируемой частотой. Верхняя часть коробки 2 давления глушителя воздухозаборника снабжена кожухом 6 глушителя, а двигатель 5 расположен в верхней части кожуха 6 глушителя. Рабочее колесо 3, которое жестко соединено с валом двигателя, расположено в кожухе 6 глушителя, а внешняя сторона двигателя 5 снабжена глушителем 4 двигателя и крышкой 16 двигателя и закреплена на кожухе 6 глушителя. Опорная рама 1 для гашения вибрации изготовлена из углеродистой стали, рама конструкции и гаситель вибрации, а также корпус 2 глушителя воздуха на входе и корпус 6 глушителя состоят из железной пластины и звукопоглощающего материала 15. Полезная модель имеет преимущества небольшого энергопотребления, небольшого шума, небольшого размера вибрация, удобство установки и обслуживания, плавное регулирование скорости, подходит для вентиляции обычных зданий, а количество ветра и шум можно регулировать и контролировать.
7. Центробежный вентилятор со свободным колесом (бескорпусной)	Патент отсутствует. Производство осуществляется по конструкторской документации завода- изготовителя и ТУ	Изготовитель ЗАО «ЛАДА-ФЛЕКТ», Россия	Вентилятор торговой марки «Центримастер» типа GTLB состоит из рабочего колеса с назад загнутыми лопатками, электродвигателя и вала, соединяющего электродвигатель с рабочим колесом, ступицы и входного конуса. Применяется в приточных установках (промышленных кондиционерах). Электродвигатели применяются с классом энергоэффективности не ниже IE2. При использовании латунных входных конусов вентиляторы применимы к использованию во взрывоопасных средах (с соответствующим двигателем).

Выбран тематический вид поиска, так как исследуемый объект относится к малому числу классификационных рубрик. Произведены выборка и изучение патентной и технической документации.

### 2.3.4 Сравнение и оценка технических решений

Определены критерии, по которым следует оценивать техническое решение по каждому из рассматриваемых образцов. Оценка производится по пятибалльной шкале от 0 до 4.

Оценки по критериям представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Оценки выбранных образцов вентиляторов по критериям

Критерии оценки	Участники исследования						
	Россия патент 2309299	Россия патент 2390657	Россия патент 2122656	Россия патент 2334128	Россия патент 2132970	Китай патент CN2795511	ЗАО «ЛАДА-ФЛЕКТ» GTLB
Бесшумность	0	0	0	1	0	1	0
Простота конструкции	3	2	3	3	3	2	3
КПД	2	3	3	2	3	1	3
Автоматизация устройства	0	3	0	0	0	3	3
Суммарный балл	5	8	6	6	6	7	9

Наибольшую сумму баллов имеет центробежный вентилятор GTLB производства ЗАО «ЛАДА-ФЛЕКТ». В данном изобретение достигнуты наиболее ценные качества вентиляторов: повышение КПД и автоматизация работы устройства. Также имеются и недостатки: во время работы производится относительно много шума.

### 2.3.5 Определение тенденций развития

За всю историю развития науки и техники сделано множество попыток по усовершенствованию конструкции центробежных вентиляторов. Некоторые из них оказались удачными и нашли свое воплощение в промышленном производстве. Тенденция развитие данного оборудования стремится к упрощению конструкции, автоматизации работы и повышению КПД.

### **2.3.6 Выводы, рекомендации и тенденции развития**

Проанализировав выбранную документацию, стало очевидным, что из всех представленных типов и конструкций вентиляторов, именно оборудование производства ЗАО «ЛАДА-ФЛЕКТ» является наиболее прогрессивным, так как данный агрегат автоматизирован и имеет более высокий КПД в сравнении с аналогами.

По результатам исследования можно заключить, что развитие данной техники пойдет в сторону повышения коэффициента полезного действия (КПД), усовершенствованию конструкции, возможно применения новых полимерных материалов и встроенной аппаратуры автоматического управления.

Область применения: центробежный (радиальный) вентилятор применяется для подачи свежего воздуха в помещение, удаления из него загрязнённого воздуха, для удаления продуктов сгорания из котельных, для удаления дыма при пожаре из зданий, для транспортирования взрывоопасных и горючих веществ, а также в качестве составной конструкции аппарата пылеулавливания, холодильных машин и иного оборудования, где требуется подача и удаление воздуха (газообразной среды).

#### **Выводы по главе 2**

В ходе технического обзора изучены современные способы проектирования вентиляции в офисных помещениях со свободной планировкой и в подземных автостоянках. При патентном исследовании определены наиболее перспективные разработки такого объекта техники, как вентилятор и определены его дальнейшие тенденции развития.

### 3 Тепловая защита здания

#### 3.1 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций

Цель: проверка заложенного в проект состава ограждающих конструкций на выполнение требований по тепловой защите.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемого значения:

$$R_0^{\text{пр}} \geq R_0^{\text{тп}}, \quad (1)$$

где  $R_0^{\text{пр}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ;

$R_0^{\text{тп}}$  – требуемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , определяется по градусо-суткам района строительства в соответствии с [18],  $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ .

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП,  $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ , определяются по следующей формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot z_{\text{от}}, \quad (2)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода,  $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ ;

$t_{\text{в}}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха отопительного периода,  $^\circ\text{C}$ ;

$z_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода, сут, [16].

$$\text{ГСОП} = (20 - (-2,2)) \cdot 205 = 4551 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}.$$

Требуемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций,  $R_0^{\text{тп}}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , определенное по [18]:

– для стен, включая стены в грунте  $R_0^{\text{тп}} = 2,56 \text{ } (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ;

- для полов по грунту  $R_0^{TP} = 3,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;
- для окон и наружных дверей  $R_0^{TP} = 0,66 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций находится по формуле:

$$R_0^{пр} = \frac{1}{\alpha_в} + R_{огр} + \frac{1}{\alpha_н}, \quad (3)$$

где  $\alpha_в$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), по [18]

$R_{огр}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт,

$\alpha_н$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), по [18].

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции  $R_{огр}$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, определяется по формуле:

$$R_{огр} = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (4)$$

где  $R_1, R_2, R_n$  – сопротивление теплопередаче отдельных слоев ограждающей конструкции, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт.

Сопротивление теплопередаче  $i$ -го слоя ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (5)$$

где  $\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, м;

$\lambda_i$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·°C).

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле:

$$k = \frac{1}{R_{np}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (6)$$

Теплопотери через полы, лежащие на грунте, и стены в грунте вычисляются по зонам согласно [18].

Приведенное сопротивление теплопередаче пола по грунту рассчитывают по формуле:

$$R_{\text{пол}}^{\text{пр}} = \frac{A_{\text{пол}}}{\frac{A_I}{R_I} + \frac{A_{II}}{R_{II}} + \frac{A_{III}}{R_{III}} + \frac{A_{IV}}{R_{IV}}}, \quad (7)$$

где  $A_{\text{пол}}$  – общая площадь пола по грунту, м<sup>2</sup>;

$A_I, A_{II}, A_{III}, A_{IV}$  – площади первой, второй, третьей и четвертой зон, отсчитываемых от контура здания полосами шириной 2 м вдоль контура здания, м<sup>2</sup>; в четвертую зону относят весь пол, не попавший в остальные три зоны;

$R_I, R_{II}, R_{III}, R_{IV}$  – сопротивления теплопередаче первой, второй, третьей и четвертой зон, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт;

Приведенное сопротивление теплопередаче для каждой зоны определяется по формуле:

$$R_s = R_i + \sum \frac{\delta_{ym}}{\lambda_{ym}}, \quad (8)$$

где  $R_i$  – базовое сопротивление теплопередаче  $i$ -зоны, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт [18];

$\delta_{ym}$  – толщина утепляющего слоя, м;

$\lambda_{ym}$  – коэффициент теплопроводности утепляющего слоя, Вт/(м·°C).

Результаты расчетов с описанием слоев самой конструкции представлены в таблицах 7, 8, 9, 10.

Таблица 7 –Приведенное сопротивление теплопередачи стен

Наименование слоя	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	Наружная стена		Внутренняя стена	
		Толщина, $\delta$ , мм	$R=\delta/\lambda$	Толщина, $\delta$ , мм	$R=\delta/\lambda$
Алюминиевая композитная панель	0,3	6	0,020	-	-
Тепловая изоляция ВЕНТИ БАТТС	0,041	120	2,927	-	-
Керамзитобетонные блоки 190	0,41	190	0,463	150	0,366
R=		3,57 (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт		0,59 (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	

Приведенное сопротивления теплопередачи стен в грунте равно 5,01(м<sup>2</sup>·°С)/Вт.

Приведенное сопротивления теплопередачи стен больше требуемого значения (3,57>2,56, 5,01>3,42).

Таблица 8 – Приведенное сопротивление теплопередачи кровли

Наименование слоя	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	Кровля	
		Толщина, $\delta$ , мм	$R=\delta/\lambda$
Кровельное покрытие "Изопласт" (Покровный и подстилающий слой)	0,03	10	0,333
Стяжка - цементно-песчаный раствор М 150, армированная сеткой -40мм	0,87	50	0,057
Утеплитель-плиты Руффбатс, ПСБ-С, марки 25 ГОСТ 15588-86, $\lambda=0.041$ Вт/МК	0,041	40	0,976
Утеплитель-плиты флорфбатс, ПСБ-С, марки 25 ГОСТ 15588-86, $\lambda=0.041$ Вт/МК	0,041	140	3,415
Пароизоляция-полиэтиленовая пленка на мастике, ГОСТ 10354-82	0,3	1,5	0,005
Монолитная железобетонная плита	2,04	250	0,123
R=		5,07 (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	

Приведенное сопротивления теплопередачи кровли больше требуемого значения (5,07>2,56).

Таблица 9 – Приведенное сопротивление теплопередачи пола по грунту

Наименование слоя	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	Пол -2 этажа	
		Толщина, $\delta$ , мм	$R=\delta/\lambda$
Пароизоляция-полиэтиленовая пленка на мастике, ГОСТ 10354-82	0,3	1,5	0,005
Стяжка - цементно-песчаный раствор М 150, армированная сеткой -40мм	0,87	150	0,172
Слой гранитного щебня	0,21	100	0,476
Слой песчаной подсыпки	0,58	100	0,172
Монолитная железобетонная плита	2,04	300	0,147
Утеплитель-плиты флорфбатс, ПСБ-С, марки 25 ГОСТ 15588-86, $\lambda=0.045$ Вт/МК	0,041	50	1,220
$R=$		5,46 (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	

I зона:  $A_I = 277 \text{ м}^2$ ,  $R_I = 4,29 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;

II зона:  $A_{II} = 398 \text{ м}^2$ ,  $R_{II} = 5,99 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;

III зона:  $A_{III} = 366 \text{ м}^2$ ,  $R_{III} = 7,39 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;

IV зона:  $A_{IV} = 910 \text{ м}^2$ ,  $R_{IV} = 9,89 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ;

Приведенное сопротивления теплопередачи кровли больше требуемого значения ( $5,46 > 3,42$ ).

Таблица 10 – Приведенное сопротивление теплопередачи перекрытия 1 этажа

Наименование слоя	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	Перекрытие 1 этажа	
		Толщина, $\delta$ , мм	$R=\delta/\lambda$
Стяжка - цементно-песчаный раствор М 150, армированная сеткой	0,87	50	0,057
Утеплитель-плиты флорфбатс, ПСБ-С, марки 25 ГОСТ 15588-86, $\lambda=0.045$ Вт/МК	0,041	50	1,220
Пароизоляция-полиэтиленовая пленка ( $b=0.015$ ) на мастике, ГОСТ 10354-82	0,3	1,5	0,005
Монолитная железобетонная плита - 300мм	2,04	300	0,147
$R=$		1,66 (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	

#### Теплотехнический расчет окон

По проекту заложены окна с двухкамерным стеклопакетом в пластиковом переплете.

Приведенное сопротивление теплопередаче таких окон составляет:

$$R_0^{pp} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{с/Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередачи окна больше требуемого значения ( $0,7 > 0,66$ ).

### Теплотехнический расчет наружных дверей

Главный вход оборудован двойными пластиковыми дверями со световым проемом и тамбуром между ними.

Приведенное сопротивление теплопередаче таких дверей составляет:

$$R_0^{\text{пр}} = 0,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Запасные и эвакуационные выходы, а также тамбур-шлюзы для въезжающего автотранспорта оборудованы металлическими дверями и воротами.

Приведенное сопротивление теплопередаче таких дверей и ворот составляет:

$$R_0^{\text{пр}} = 1,25 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Результаты расчета коэффициента теплопередачи представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Теплотехнические характеристики наружных ограждений

Наименование ограждающей конструкции	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{\text{пр}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$	Коэффициент теплопередачи, $k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$
Наружные стены	3,57	0,28
Стены в грунте	5,01	0,20
Внутренние стены	0,59	1,69
Перекрытие первого этажа	1,66	0,60
Кровля	5,07	0,20
Полы по грунту	5,46	0,18
Окно	0,7	1,43
Наружная дверь главного входа	0,7	1,43
Наружная дверь/ворота	1,25	0,80

## 3.2 Расчет тепловых потерь помещений

Расчет потерь тепла от ограждающих конструкций

Потери тепла ограждающей конструкции  $Q$ , Вт, определяются по формуле:

$$Q = k \cdot A \cdot (t_g - t_n) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta), \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$A$  – площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>, для пола по грунту определяется согласно ;

$t_g$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °C;

$t_n$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °C;

$n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$\sum \beta$  – сумма добавочных теплопотерь ограждения.

Расчёт тепловых потерь помещений делового центра с подземной автостоянкой через ограждающие конструкции выполнен в соответствии со Справочником проектировщика по отоплению [22] и представлен в таблице А.1 Приложении А.

## 3.3 Определение теплопоступлений в здание

### 3.3.1 Расчет поступлений от солнечной радиации через световой проем

Поступления тепла от солнечной радиации  $Q_{C.P}$ , Вт, рассчитываются по формуле:

$$Q_{CP} = (q_{II} + q_P) \cdot F_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \beta_{C3} \cdot k_o \cdot k_a, \quad (10)$$

где  $q_{II}, q_P$  – поступление тепла от прямой и рассеянной солнечной радиации [16];

$F_0$  – площадь светового проема, м<sup>2</sup>;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий затенение стекла, [18];

$k_2$  – коэффициент, учитывающий загрязнение стекла, [18];

$\beta_{C3}$  – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств.

$k_o$  – коэффициент, зависящий от типа остекления, [18];

$k_a$  – коэффициент, учитывающий аккумуляцию тепла внутренними ограждающими конструкциями помещения.

Коэффициент, учитывающий аккумуляцию тепла внутренними ограждающими конструкциями помещения, рассчитывается по формуле:

$$k_a = \frac{F_1 \cdot m_1 + F_2 \cdot m_2 + F_3 \cdot m_3 + 0,5 \cdot F_4 \cdot m_4 + 1,5 \cdot F_5 \cdot m_5}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}, \quad (11)$$

где  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$  – площади соответственно трех внутренних стен, потолка и пола помещения, м<sup>2</sup>;

$m_1, m_2, m_3, m_4, m_5$  – коэффициенты, учитывающие аккумуляцию тепла соответственно тремя внутренними стенами, потолком и полом помещения, [16].

Расчет сведен в таблицу 12

Таблица 12 – Расчёт теплоступлений от солнечной радиации

№ помещения	Наименование	Площадь остекления № 1, м <sup>2</sup>	Ориентация	Площадь остекления № 2, м <sup>2</sup>	Ориентация	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Макс.
						9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
<b>0 этаж</b>																				
007	Комната охраны, диспетчерская	15,8	СЗ	8,75	ЮЗ	854	840	859	872	909	1 157	1 542	1 901	2 266	3 021	3 883	4 463	4 567	4 071	<b>4 567</b>
010	Главная входная группа	8,36	СЗ	–	–	389	348	332	314	268	249	233	218	179	538	1 070	1 467	1 586	1 375	<b>1 586</b>
012	Стойка администратора и гардеробная	8,25	ЮЗ	–	–	561	542	487	465	409	651	1 027	1 442	1 795	2 055	2 158	2 101	1 916	1 573	<b>2 158</b>
<b>1 этаж</b>																				
102	Тамбур-холл	18,9	ЮЗ	–	–	1 038	1 073	1 039	1 083	1 052	1 469	2 181	2 960	3 655	4 187	4 407	4 390	4 062	3 500	<b>4 407</b>
107	Блок офисных помещений свободной планировки	9,45	СЗ	46	СВ	5 475	7 148	7 857	7 142	5 010	3 478	2 864	2 408	1 962	1 693	1 607	1 402	1 234	1 260	<b>7 857</b>
108	Блок офисных помещений свободной планировки	46,2	СВ	–	–	5 476	7 153	7 857	7 126	4 967	3 408	2 770	2 290	1 822	1 534	1 435	1 221	1 049	1 079	<b>7 857</b>
109	Выставочный зал образцов	30,2	СВ	29,9	ЮВ	7 020	9 119	10 552	10 659	9 684	8 598	7 734	6 717	5 342	4 325	3 795	3 323	2 902	2 757	<b>10 659</b>
111	Блок офисных помещений свободной планировки	31,2	ЮЗ	14,5	СЗ	2 006	2 083	2 114	2 241	2 298	2 848	4 003	5 080	6 170	7 281	8 464	8 955	8 738	7 793	<b>8 955</b>
112	Блок офисных помещений свободной планировки	39,4	ЮЗ	–	–	2 102	2 238	2 240	2 409	2 422	3 052	4 447	5 808	7 131	7 940	8 545	8 480	7 905	6 982	<b>8 545</b>
122	Блок офисных помещений свободной планировки	47,3	ЮЗ	31,5	СЗ	3 235	3 347	3 432	3 746	3 785	4 677	6 485	8 245	9 836	11 523	13 572	14 569	14 282	12 910	<b>14 569</b>
123	Серверные №1	7,6	СВ	–	–	900	1 177	1 293	1 172	818	561	455	376	300	252	236	201	173	178	<b>1 293</b>
124	Серверные №2	7,6	СВ	–	–	900	1 177	1 293	1 172	818	561	455	376	300	252	236	201	173	178	<b>1 293</b>
128	Коридор	9,45	ЮЗ	–	–	502	535	535	577	580	733	1 067	1 394	1 712	1 906	2 051	2 035	1 897	1 676	<b>2 051</b>
<b>2 – 9 этажи</b>																				
207	Блок офисных помещений свободной планировки	9,45	СЗ	28,4	СВ	4 001	5 317	5 668	4 867	3 104	2 100	1 666	1 428	1 194	1 065	1 043	940	944	867	<b>5 668</b>

Продолжение Таблицы 12

1	2	3	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
208	Блок офисных помещений свободной планировки	31,5	СВ	–	–	3 694	4 836	5 320	4 833	3 379	2 339	1 931	1 631	1 340	1 168	1 123	991	884	906	<b>5 320</b>
209	Блок офисных помещений свободной планировки	18,9	СВ	32,5	ЮВ	6 388	8 352	9 637	9 726	9 013	8 252	7 458	6 517	5 182	4 176	3 642	3 203	2 862	2 629	<b>9 726</b>
210	Административное помещение	9,45	ЮЗ	2,25	ЮВ	774	887	948	1 023	1 021	1 314	1 723	2 127	2 430	2 673	2 771	2 678	2 450	2 030	<b>2 771</b>
211	Блок офисных помещений свободной планировки	12,6	ЮЗ	–	СЗ	955	951	890	873	802	1 032	1 459	1 939	2 369	2 703	2 840	2 833	2 630	2 284	<b>2 840</b>
212	Блок офисных помещений свободной планировки	51,6	ЮЗ	–	–	2 520	2 669	2 637	2 823	2 803	4 006	6 009	8 183	10 109	11 575	12 168	12 096	11 158	9 568	<b>12 168</b>
223	Серверная №1	3,15	СВ	–	–	439	585	622	534	337	225	176	149	124	109	107	96	97	89	<b>622</b>
224	Серверная №2	6,3	СВ	–	–	740	970	1 065	968	677	467	385	323	264	229	219	192	170	173	<b>1 065</b>
225	Коридор	6,3	ЮЗ	–	–	337	350	341	358	349	490	730	992	1 225	1 403	1 477	1 470	1 358	1 169	<b>1 477</b>
226	Блок офисных помещений свободной планировки	18,9	СЗ	22,1	ЮЗ	1 835	1 815	1 787	1 796	1 785	2 307	3 174	4 060	4 906	6 129	7 300	7 994	7 935	7 021	<b>7 994</b>
<b>10 этаж</b>																				
1001	Коридор	4,5	ЮЗ	–	–	249	258	250	259	252	350	520	706	872	999	1 052	1 047	969	835	<b>1 052</b>
1007	Блок офисных помещений свободной планировки	13,5	СЗ	28,4	СВ	4 326	5 608	5 974	5 147	3 408	2 429	2 019	1 757	1 544	1 837	2 457	2 852	3 080	2 812	<b>5 608</b>
1008	Блок офисных помещений свободной планировки	31,5	СВ	–	–	3 693	4 835	5 320	4 833	3 379	2 340	1 932	1 632	1 342	1 170	1 125	993	886	908	<b>5 320</b>
1009	Технические помещения (венткамеры и т.д.)	28,4	СВ	11,2	ЮВ	5 310	7 078	7 824	7 315	5 657	4 615	3 958	3 358	2 587	2 102	1 909	1 689	1 586	1 461	<b>7 824</b>
1010	Блок офисных помещений свободной планировки	18,8	ЮЗ	–	–	1 037	1 072	1 037	1 078	1 047	1 461	2 168	2 943	3 633	4 162	4 381	4 365	4 039	3 482	<b>4 381</b>
1011	Блок офисных помещений свободной планировки	12,9	ЮЗ	9,45	ЮВ	1 910	2 400	2 760	3 059	3 117	3 451	3 839	4 090	4 127	4 232	4 275	4 058	3 711	3 109	<b>4 275</b>
1012	Блок офисных помещений свободной планировки	0	ЮЗ	–	–	866	723	558	379	201	35	-107	-217	-285	-309	-285	-217	-107	35	<b>1 068</b>
1022	Серверная №1	3,15	СВ	–	–	369	483	531	483	338	234	193	163	136	119	114	102	91	93	<b>531</b>
1023	Серверная №2	6,3	СВ	–	–	737	966	1 062	966	676	469	389	330	273	241	232	207	186	190	<b>1 062</b>
1029	Блок офисных помещений свободной планировки	20,5	СЗ	36,3	ЮЗ	2 572	2 588	2 552	2 609	2 598	3 456	4 884	6 369	7 751	9 435	10 848	11 586	11 296	9 921	<b>11 586</b>

Продолжение Таблицы 12

1	2	3	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<b>11 этаж</b>																				
1106	Коридор	6,3	ЮЗ	–	–	343	355	345	361	351	490	730	990	1 223	1 401	1 475	1 468	1 358	1 169	<b>1 475</b>
1107	Блок офисных помещений свободной планировки	16,4	СЗ	51,9	СВ	6 571	8 410	9 229	8 399	6 032	4 347	3 699	3 172	2 711	2 937	3 634	4 022	4 110	3 913	<b>9 229</b>
1108	Блок офисных помещений свободной планировки	64,7	СВ	–	–	7 617	9 964	10 954	9 945	6 946	4 790	3 929	3 290	2 668	2 296	2 182	1 901	1 671	1 716	<b>10 954</b>
1110	Блок офисных помещений свободной планировки	25,6	ЮЗ	–	–	1 393	1 443	1 401	1 464	1 426	1 995	2 966	4 027	4 972	5 697	5 994	5 970	5 522	4 756	<b>5 994</b>
1111	Блок офисных помещений свободной планировки	17,9	ЮЗ	–	ЮВ	966	976	930	969	949	1 365	2 069	2 845	3 545	4 094	4 346	4 370	4 092	3 584	<b>4 370</b>
1112	Блок офисных помещений свободной планировки	62,2	ЮЗ	–	–	3 381	3 504	3 398	3 552	3 457	4 841	7 196	9 771	12 064	13 822	14 545	14 485	13 399	11 540	<b>14 545</b>
1123	Серверная №1	5,04	СВ	–	–	593	776	854	774	541	373	306	256	207	179	170	148	130	134	<b>854</b>
1124	Блок офисных помещений свободной планировки	25,8	СВ	–	–	3 042	3 979	4 375	3 972	2 774	1 914	1 569	1 314	1 066	916	870	759	668	686	<b>4 375</b>
1131	Блок офисных помещений свободной планировки	26,3	СЗ	51	ЮЗ	3 517	3 550	3 503	3 592	3 578	4 781	6 786	8 879	10 818	13 100	14 960	15 896	15 441	13 538	<b>15 896</b>

Результаты расчета включены в таблицу 13.

### 3.3.2 Расчет поступлений тепла от солнечной радиации через бесчердачное покрытие

«Поступление тепла в помещение в теплый период года через покрытие здания определяется по формуле:

$$Q = \left( \frac{1}{R_0} \cdot (t_n + R_n \cdot \rho \cdot I_{cp} - t_g) + \beta \cdot k \cdot \frac{A \tau_g}{R_g} \right) \cdot F, \quad (12)$$

где  $R_0$  – сопротивление теплопередачи покрытия,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ;

$t_n$  – среднемесячная температура наружного воздуха за июль,  $^\circ\text{C}$ ;

$R_n$  – термическое сопротивление при теплообмене между наружным воздухом и внешней поверхностью покрытия,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ;

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности покрытия;

$I_{cp}$  – среднесуточная суммарная солнечная радиация, падающая на горизонтальную поверхность,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;

$t_g$  – расчетная температура внутреннего воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$\beta$  – коэффициент для определения гармонически изменяющихся величин теплого потока в различные часы суток;

$k$  – коэффициент для воздушных прослоек, равен 1;

$A \tau_g$  – амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций,  $^\circ\text{C}$ ;

$R_g$  – термическое сопротивление при теплообмене между внутренней поверхностью покрытия и воздухом помещения,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ;

$F$  – площадь покрытия,  $\text{м}^2$ » [18].

$$A \tau_g = \left( \frac{1}{\nu} (0,5 A t_n + R_n \rho (I_{\text{макс}} - I_{cp})) \right), \quad (13)$$

где  $\nu$  – величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции,  $^\circ\text{C}$ ;

$At_n$  – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, [16], °С;

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности покрытия;

$I_{cp}, I_{макс}$  – соответственно максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации, [16], Вт/ м<sup>2</sup>.

$$\nu = 2^D \cdot (0,83 + 3,5 \cdot \frac{R_{\kappa}}{D})(0,85 + 0,15 \cdot \frac{S_{ym}}{S_n}), \quad (14)$$

где  $S_{ym}, S_n$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно теплоизоляционного и наружного слоев, (м<sup>2</sup>·°С)/Вт;

$D$  – суммарная тепловая инерция ограждающей конструкции;

Тепловая инерция,  $D_i$ , каждого слоя определяется по формуле:

$$D_i = R_i \cdot S_i, \quad (15)$$

где  $S_i$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимается по [18].

Весь расчет сведен в таблицу 13.

### 3.3.3 Расчет поступлений тепла от людей

Теплопоступления от людей  $Q_{л}$ , Вт, определяются по следующей формуле:

$$Q_{л} = q \cdot n, \quad (16)$$

где  $q$  – удельные теплопоступления, выделяемые одним человеком, Вт, [23];

$n$  – число людей.

Принято, что офисные работники и обслуживающий персонал здания выполняют легкую работу, Количество человек принято согласно [4]. Расчет сведен в таблицу 13.

### 3.3.4 Расчет поступлений тепла от освещения

Теплопоступления от освещения  $Q_{осв}$ , Вт:

$$Q_{осв} = E \cdot F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, \quad (17)$$

где  $E$  – нормируемая освещенность помещения, Лк, [23];

$F$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;

$q_{осв}$  – удельные тепловыделения от ламп,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot Лк}$ , [23];

$\eta_{осв}$  – доля тепла, поступающего в помещение.

Расчет сведен в таблицу 13.

### 3.3.5 Расчет поступления тепла от оборудования

Теплопоступления от компьютеров  $Q_{ком}$ , Вт, определяются по следующей формуле:

$$Q_{об} = q' m, \quad (18)$$

где  $q'$  – удельные теплопоступления, выделяемые одним компьютером, Вт, принимается равным 300 Вт;

$m$  – количество компьютеров.

Расчет сведен в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчёт общих теплопритоков для делового центра с подземной автостоянкой

№ помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Температура, °С	Количество человек	Теплопритоки от людей, х.п., Вт	Теплопритоки от людей, т.п., Вт	Теплопритоки от освещения, Вт	Теплопритоки от техники, Вт	Теплопритоки от солнечной радиации, Вт	Теплопритоки через кровлю, Вт	Суммарные теплопритоки, х.п., Вт	Суммарные теплопритоки, т.п., Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	6	10	11	12
<b>0 этаж</b>												
007	Комната охраны, диспетчерская	25,1	20	2	174	140	377	600	4 567	–	1 151	5 307
010	Главная входная группа	27,6	16	–	–	–	414	–	1 586	–	414	1 586
012	Стойка администратора и гардеробная	29,5	16	2	220	140	443	600	2 158	–	1 263	2 898
016	Вестибюль	226	16	30	3 300	2 100	3 390	9 000	0	–	15 690	11 100
<b>1 этаж</b>												
107	Блок офисных помещений свободной планировки	188,6	20	30	2 610	2 100	2 829	9 000	7 857	–	14 439	18 957
108	Блок офисных помещений свободной планировки	178,6	20	29	2 523	2 030	2 679	8 700	7 857	–	13 902	18 587
109	Выставочный зал образцов	180	20	30	2 610	2 100	2 700	9 000	10 659	–	14 310	21 759
111	Блок офисных помещений свободной планировки	156,3	20	25	2 175	1 750	2 345	7 500	8 955	–	12 020	18 205
112	Блок офисных помещений свободной планировки	99,2	20	16	1 392	1 120	1 488	4 800	8 545	–	7 680	14 465
122	Блок офисных помещений свободной планировки	149,1	20	10	870	700	2 237	3 000	14 569	–	6 107	18 269
123	Серверные №1	23,9	20	–	–	–	359	3 000	1 293	–	3 359	4 293
124	Серверные №2	23,9	20	–	–	–	359	3 000	1 293	–	3 359	4 293
<b>2 – 9 этажи</b>												
207	Блок офисных помещений свободной планировки	191	20	18	1 566	1 260	2 865	5 400	5 668	–	9 831	12 328
208	Блок офисных помещений свободной планировки	178,6	20	16	1 392	1 120	2 679	4 800	5 320	–	8 871	11 240
209	Блок офисных помещений свободной планировки	180	20	17	1 479	1 190	2 700	5 100	9 726	–	9 279	16 016
210	Административное помещение	40,1	20	5	435	350	602	1 500	2 771	–	2 537	4 621
211	Блок офисных помещений свободной планировки	156,3	20	15	1 305	1 050	2 345	4 500	2 840	–	8 150	8 390

Продолжение Таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	6	10	11	12
212	Блок офисных помещений свободной планировки	176,9	20	16	1 392	1 120	2 654	4 800	12 168	–	8 846	18 088
223	Серверная №1	23,9	20	–	–	–	359	3 000	622	–	3 359	3 622
224	Серверная №2	23,9	20	–	–	–	359	3 000	1 065	–	3 359	4 065
226	Блок офисных помещений свободной планировки	188,8	20	18	1 566	1 260	2 832	5 400	7 994	–	9 798	14 654
<b>10 этаж</b>												
1007	Блок офисных помещений свободной планировки	190,9	20	17	1 479	1 190	2 864	5 100	5 608	–	9 443	11 898
1008	Блок офисных помещений свободной планировки	178,6	20	16	1 392	1 120	2 679	4 800	5 320	–	8 871	11 240
1009	Технические помещения (венткамеры и т.д.)	186,7	10	–	–	–	2 801	0	7 824	–	2 801	7 824
1010	Блок офисных помещений свободной планировки	171,1	20	15	1 305	1 050	2 567	4 500	4 381	–	8 372	9 931
1011	Блок офисных помещений свободной планировки	85,1	20	8	696	560	1 277	2 400	4 275	–	4 373	7 235
1012	Блок офисных помещений свободной планировки	299	20	26	2 262	1 820	4 485	7 800	1 068	–	14 547	10 688
1022	Серверная №1	23,9	20	–	–	–	359	3 000	531	–	3 359	3 531
1023	Серверная №2	23,9	20	–	–	–	359	3 000	1 062	–	3 359	4 062
1029	Блок офисных помещений свободной планировки	202,4	20	18	1 566	1 260	3 036	5 400	11 586	–	10 002	18 246
<b>11 этаж</b>												
1107	Блок офисных помещений свободной планировки	190,9	20	16	1 392	1 120	2 864	4 800	9 229	2 673	9 056	17 822
1108	Блок офисных помещений свободной планировки	217,6	20	18	1 566	1 260	3 264	5 400	10 954	3 046	10 230	20 660
1110	Блок офисных помещений свободной планировки	163,9	20	13	1 131	910	2 459	3 900	5 994	2 295	7 490	13 099
1111	Блок офисных помещений свободной планировки	43,6	20	4	348	280	654	1 200	4 370	610	2 202	6 460
1112	Блок офисных помещений свободной планировки	299	20	24	2 088	1 680	4 485	7 200	14 545	4 186	13 773	27 611
1123	Серверная №1	20,6	20	–	–	–	309	3 000	854	288	3 309	4 142
1124	Блок офисных помещений свободной планировки	95,4	20	8	696	560	1 431	2 400	4 375	1 336	4 527	8 671
1131	Блок офисных помещений свободной планировки	204,2	20	17	1 479	1 190	3 063	5 100	15 896	2 859	9 642	25 045
–						47 530	117 906	233 700	342 239	17 293	411 415	<b>640 762</b>

Суммарные нагрузки на систему холодоснабжения составляют 640 762 Вт.

### 3.4 Тепловой баланс

По результатам расчетов теплопотерь и теплопритоков составлен тепловой баланс по помещениям. Тепловой баланс представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Тепловой баланс

№ помещения	Наименование	Суммарные теплопритоки х.п., Вт	Суммарные теплопотери., Вт	Недостатки тепла, Вт	Суммарные теплопритоки т.п., Вт
1	2	3	4	5	6
<b>-1 этаж</b>					
-001	Венткамера	–	1347	1 347	–
-003	Л/клетка эвакуационная на улицу	–	319	319	–
-004	Л/клетка эвакуационная на улицу	–	185	185	–
-005	Зависимая автостоянка на 51 м/место	–	16783	16 783	–
-011	Венткамера	–	1230	1 230	–
-012	Венткамера	–	1620	1 620	–
<b>0 этаж</b>					
001	Зависимая автостоянка на 27 м/место	–	6455	6 455	–
003	Л/клетка эвакуационная на улицу	–	84	84	–
004	Л/клетка эвакуационная на улицу	–	370	370	–
006	Сплинкерная	–	730	730	–
007	Комната охраны, диспетчерская	1 151	2 165	1 014	5 307
008	Санузел	–	198	198	–
009	Незадымляемая л\клетка тип Н1 с 1 по 11 этажи	–	189	189	–
010	Главная входная группа	414	1 043	629	1 586
011	Узел ввода	–	–	–	–
012	Стойка администратора и гардеробная	1 263	552	-711	2 898
016	Вестибюль	15 690	2 138	-13 552	11 100
<b>1 этаж</b>					
101	Коридор	–	280	280	–
102	Тамбур-холл	–	2 566	2 566	–
103	Л/клетка с -1,-2 этажей на 1 этаж	–	1 502	1 502	–
104	Л/клетка с 1,-1,-2 этажей на улицу	–	465	465	–
106	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	–	946	946	–
107	Блок офисных помещений свободной планировки	14 439	6 172	-8 267	18 957
108	Блок офисных помещений свободной планировки	13 902	5 125	-8 777	18 587
109	Выставочный зал образцов	14 310	6 242	-8 068	21 759
110	Электрощитовая	–	1 607	1 607	–

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6
111	Блок офисных помещений свободной планировки	12 020	4 356	-7 664	18 205
112	Блок офисных помещений свободной планировки	7 680	3 449	-4 231	14 465
114	Санузел мужской	–	519	519	–
116	Уборочный инвентарь	–	539	539	–
117	Санузел мужской	–	254	254	–
118	Санузел женский с комнатой гигиены	–	212	212	–
122	Блок офисных помещений свободной планировки	6 107	5 667	-440	18 269
123	Серверные №1	3 359	808	-2 551	4 293
124	Серверные №2	3 359	808	-2 551	4 293
125	Коридор		124	124	
<b>2 – 9 этажи</b>					
202	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	–	1 104	1 104	–
203	Санузел мужской	–	116	116	–
204	Санузел женский с комнатой гигиены	–	112	112	–
206	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	–	357	357	–
207	Блок офисных помещений свободной планировки	9 831	3 919	-5 912	12 328
208	Блок офисных помещений свободной планировки	8 871	3 100	-5 771	11 240
209	Блок офисных помещений свободной планировки	9 279	4 561	-4 718	16 016
210	Административное помещение	2 537	1 455	-1 082	4 621
211	Блок офисных помещений свободной планировки	8 150	1 615	-6 535	8 390
212	Блок офисных помещений свободной планировки	8 846	3 977	-4 869	18 088
214	Санузел мужской	–	382	382	–
216	Уборочный инвентарь	–	405	405	–
223	Серверная №1	3 359	358	-3 001	3 622
224	Серверная №2	3 359	600	-2 759	4 065
226	Блок офисных помещений свободной планировки	9 798	3 982	-5 816	14 654
<b>10 этаж</b>					
1001	Коридор	–	344	344	–
1002	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	–	160	160	–
1004	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	–	367	367	–
1007	Блок офисных помещений свободной планировки	9 443	4 160	-5 283	11 898
1008	Блок офисных помещений свободной планировки	8 871	3 104	-5 767	11 240
1009	Технические помещения (венткамеры и т.д.)	2 801	2 988	187	7 824

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6
1010	Блок офисных помещений свободной планировки	8 372	1 706	-6 666	9 931
1011	Блок офисных помещений свободной планировки	4 373	2 597	-1 776	7 235
1012	Блок офисных помещений свободной планировки	14 547	4 871	-9 676	10 688
1022	Серверная №1	3 359	325	-3 034	3 531
1023	Серверная №2	3 359	634	-2 725	4 062
1026	Санузел мужской	–	116	116	–
1028	Уборочный инвентарь	–	117	117	–
1029	Блок офисных помещений свободной планировки	10 002	5 013	-4 989	18 246
<b>11 этаж</b>					
1101	Коридор	–	1 572	1 572	–
1102	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	–	441	441	–
1104	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	–	698	698	–
1106	Коридор	–	816	816	–
1107	Блок офисных помещений свободной планировки	9 056	8 159	-897	17 822
1108	Блок офисных помещений свободной планировки	10 230	7 559	-2 671	20 660
1109	Котельная		3 282	3 282	
1110	Блок офисных помещений свободной планировки	7 490	3 827	-3 663	13 099
1111	Блок офисных помещений свободной планировки	2 202	2 578	376	6 460
1112	Блок офисных помещений свободной планировки	13 773	8 208	-5 565	27 611
1123	Серверная №1	3 309	772	-2 537	4 142
1124	Блок офисных помещений свободной планировки	4 527	3 288	-1 239	8 671
1125	Коридор	–	312	312	–
1127	Санузел мужской	–	320	320	–
1129	Уборочный инвентарь	–	211	211	–
1131	Блок офисных помещений свободной планировки	9 642	8 706	-936	25 045

Определены суммарные теплотери для расчета системы отопления по каждому этажу и сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Суммарные тепловые потери помещений делового центра

Этаж	Кол-во теплотерь, Вт	Этаж	Кол-во теплотерь, Вт
-1 этаж	21 485	6 этаж	26 044
0 этаж	14 918	7 этаж	26 044
1 этаж	41 814	8 этаж	26 044
2 этаж	26 044	9 этаж	26 044
3 этаж	26 044	10 этаж	26 504
4 этаж	26 044	11 этаж	50 748
5 этаж	26 044		
		<b>Итого</b>	<b>363 821</b>

Итого общая мощность: **363 821 Вт.**

Выводы по главе 3

По результатам теплотехнического расчета подтвердилось выполнение условий соответствия ограждающих конструкций требованиям СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий». Рассчитаны теплотери помещений на каждом этаже для определения мощности системы отопления. Рассчитаны теплопритоки по каждому помещению. Составлен тепловой баланс по помещениям для всего здания.

## **4 Системы обеспечения микроклимата**

### **4.1 Отопление**

#### **4.1.1 Конструирование системы отопления**

Источник теплоснабжения – котельная, расположенная на 11 этаже проектируемого делового центра. Точка подключения – тепловой узел, расположенный на отм. 35.500 (пом.1109). Параметры теплоносителя в системе теплоснабжения вентиляции 95-70 °С. Температура воды меняется в зависимости от температуры наружного воздуха.

В здании делового центра запроектирована зависимая двухтрубная тупиковая система отопления с верхней разводкой магистралей. В качестве нагревательных приборов в административных помещениях приняты конвекторы «Элегант» производства завода КЗТО «Радиатор». Для помещений первого этажа предусмотрены низкие по высоте приборы «Элегант-мини». Для бытовых помещений и лестничных клеток предусмотрены конвекторы производства «Сантехпром» типа «Универсал (ТБ)». В помещениях подземной автостоянки приняты стальные гладкоствольные регистры. В помещении электрощитовой проектом предусмотрен регистр из гладких труб, запорно-регулирующая арматура располагается вне помещения. В помещении узла ввода предусмотрен регистр из гладких труб.

Для более эффективного снижения теплопотерь и нагрева воздуха отопительные приборы располагаются под оконными проемами или у наружных стен при отсутствии окон. Трубопроводы вне обслуживаемых зон помещений (коридоры) теплоизолированы материалом "Термофлекс ФРЗ" б=13мм. Перед изоляцией стальные трубопроводы покрываются антикоррозийной покраской.

Для магистралей и стояков системы отопления приняты по ГОСТ 3262-75\* стальные трубы черные водогазопроводные, электросварные по ГОСТ 10704-91.

Подающий трубопровод системы отопления подключается к гидравлическому распределителю в помещении котельной, после чего прокладываются под потолком 11 этажа по периметру здания. Для подключения отопительных приборов к основной магистрали предусмотрены стояки от 11 до 1 этажа. Для лестничных клеток предусмотрены отдельные стояки. При подключении каждого стояка к магистрали устанавливается запорная и балансировочная арматура фирмы «Danfoss». Уклон основной магистрали выполняется в сторону котельной.

На каждый конвектор и регистр устанавливается запорная арматура для возможности его замены. Для качественного регулирования температуры и балансировки системы отопления на отопительных приборах предусмотрены термостатические вентили. Запорные вентили, установленные на обратном трубопроводе, имеют функцию спускного крана.

Воздух удаляется из системы отопления через автоматические воздухоотводчики, установленные в высшей точке магистрали верхнего этажа и краны «Маевского» на отопительных приборах.

Слив воды из магистрали осуществляется в помещении котельной, а также через местные спускные краны. Для слива воды из нагревательных приборов предусмотрен спускной кран.

Для защиты наружной поверхности труб от коррозии используется синтетическая масляная краска в два слоя по грунтовке ГФ-021 в один слой.

При пересечении ограждающих конструкций трубы прокладываются в гильзах, зазоры в гильзах заполняются негорючим материалом.

Заделку зазоров и отверстий в местах прокладки трубопроводов следует предусматривать негорючими материалами, обеспечивая нормируемый предел огнестойкости ограждений.

#### 4.1.2 Гидравлический расчет системы отопления

Общие потери давления находятся по формуле:

$$\Delta P = R \cdot l + z, \text{ Па}, \quad (19)$$

где  $R$  – удельные потери давления по длине, Па/м, [22];

$l$  – длина участка, м;

$z$  – потери давления на местных сопротивлениях, Па.

Потери давления на местных сопротивлениях определяются по формуле:

$$Z = \sum \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}, \text{ Па}, \quad (20)$$

где  $\sum \zeta$  – сумма коэффициентов местного сопротивления на участке, [22];

$\rho$  – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>, принимается 990 кг/м<sup>3</sup>;

$w$  – скорость движения теплоносителя на участке, м/с.

Расход воды на участке определяется по формуле:

$$G = \frac{0,86 \cdot Q_{уч}}{c \cdot (t_1 - t_2)}, \text{ кг/ч}, \quad (21)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воды;

$Q_{уч}$  – расход теплоты на участке, Вт;

$t_1, t_2$  – температуры прямой и обратной воды в системе отопления, °С.

Результаты гидравлических расчетов систем отопления представлены в таблицах Б.1 и Б.2 Приложении Б.

Расчеты в таблицах приведены для наиболее нагруженных веток систем. Остальные ветки рассчитаны аналогичным способом.

### 4.1.3 Подбор отопительных приборов

Подбор конвекторов для офисной части здания произведен по требуемой потребности в тепловой энергии и в соответствии с данными каталога изготовителя [8].

Подбор диаметров и длин гладкотрубных регистров для автостоянок, вентиляционных камер и электрощитовой произведен в зависимости от требуемого количества теплоты в помещении и нормируемой теплоотдачи стенки стальной трубы, определяемой по [22]

Теплоотдача гладкотрубного регистра определяется по формуле:

$$Q_{\text{тр}} = k \cdot 3,14 \cdot D \cdot l_{\text{тр}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}, \text{ Вт}, \quad (22)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи стенки трубы, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), [22];

$D$  – диаметр трубы, м;

$l_{\text{тр}}$  – длина открыто проложенного участка трубы, м;

$\Delta t_{\text{ср}}$  – температурный напор отопительного прибора, °С.

Температурный напор отопительного прибора определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{в}}, \text{ °С}, \quad (23)$$

где  $t_{\text{вх}}$  и  $t_{\text{вых}}$  – температура воды соответственно входящей и выходящей из прибора, °С.

Результаты теплового расчета и подбора приборов отопления представлены в таблице Б.3 в Приложении Б.

#### 4.1.4 Расчет и подбор оборудования системы отопления

##### *Подбор циркуляционных насосов*

Требуемый производительность насоса по воде:

$$G = \frac{1,1 \cdot G_{c.o.}}{\rho}, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (24)$$

где  $G_{c.o.}$  – расчетный расход воды в системе отопления,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;

$\rho$  – плотность теплоносителя,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Рабочее давление насоса определяется по формуле:

$$\Delta P = 1,15 \cdot \Delta P_{c.o.}, \text{ кПа}, \quad (25)$$

где  $\Delta P_{c.o.}$  – расчетные потери давления в системе отопления, Па.

Рабочие параметры насоса для системы отопления с 1 по 11 этажи здания:

$$G_1 = 13,1, \text{ м}^3/\text{час}.$$

$$\Delta P_1 = 14,17, \text{ кПа}.$$

Рабочие параметры насоса для системы отопления с -1 по 0 этажи здания:

$$G_2 = 1,38, \text{ м}^3/\text{час}.$$

$$\Delta P_2 = 9,75, \text{ кПа}.$$

По данным техническим характеристикам используя электронный каталог [30] подобраны следующие насосы:

– для системы отопления с 1 по 11 этажи: WILO IPL 50/105-0,12/4;

– для системы отопления с -1 по 0 этажи: WILO TOP-S 30/5 EM.

## 4.2 Вентиляция и кондиционирование воздуха

### 4.2.1 Расчёт воздухообменов помещений делового центра с подземной автостоянкой

Расчёт воздухообмена двухэтажной автостоянки делового центра

Исходные данные для расчета

Стоянка размещается на одном подземном и одном надземном этажах. Количество машин на -1 этаже 51, количество машин на 0 этаже 27. Стоянка – закрытого типа. Объем стоянки на нижнем этаже 4660,8 м<sup>3</sup>, на верхнем этаже 3872,19 м<sup>3</sup>.

Воздухообмен в рабочей зоне автостоянки определён при условии разбавления до величины ПДК окиси углерода, выделяющейся при работе двигателей автомобилей. Согласно ОНТП-01-91 [9] величина ПДК для СО равна  $C_{\text{ПДК}} = 20 \text{ мг/м}^3$ .

Расчёт произведён согласно [9] и [24].

Максимальные секундные выбросы СО определяются по формуле:

$$M_{\text{CO}} = 10^{-3} \frac{q \cdot L \cdot A_{\text{Э(ТО)}} \cdot K_C}{t_{\text{В(ТО)}} \cdot 3,6}, \text{ г/с}, \quad (26)$$

где  $A_{\text{Э(ТО)}}$  – эксплуатационное количество автомобилей на стоянках с учетом коэффициента выпуска, количество автомобилей, поступающих в зону стоянки;

$q$  – удельный выброс окиси углерода одним автомобилем с учетом возраста и технического состояния парка на рассматриваемый год, г/км;

$L$  – условный пробег одного автомобиля за цикл на территории предприятия с учетом времени запуска двигателя, движения по территории предприятия, работы в зонах стоянки ТО и ТР;

$K_C$  – коэффициент, учитывающей влияние режима движения (скорости) автомобиля на выброс загрязняющего вещества;

$t_{B(TO)}$  – время выпуска или возврата автомобилей (поступающих в зону стоянки); принимаем  $t_{B(TO)} = 1$  час.

Количество въездов и выездов в час «пик» по техническим данным составляет 10% (2% въездов и 8% выездов) от общего числа автомобилей.

Согласно [9] приток воздуха в помещениях автостоянки должен быть на 20% меньше объёма вытяжки, при этом количество удаляемого воздуха должно быть не менее 2 крат от объёма помещений и не менее 150 м<sup>3</sup>/ч на один автомобиль.

Расчёт количества удаляемого воздуха на этаже  $L_B$ , м<sup>3</sup>/ч, производится по формуле:

$$L_B = \frac{M_{CO} \cdot 1000 \cdot 3600}{C_{ПДК} - C_H}, \quad (27)$$

где  $M_{CO}$  – масса выброса окиси углерода, г/с;

$C_{ПДК}$  – величина ПДК для CO, равна 20 мг/м<sup>3</sup>;

$C_H$  – средняя концентрация CO в наружном воздухе, равна 6 мг/м<sup>3</sup>.

Определение количества удаляемого воздуха на -1 этаже.

$A_{Э(TO)}$  – принимаем равным на этаже 5 автомобилям, как 10% от общего доступного места для стоянки на этаже;

$q$  – если принять, что средний возраст автомобилей 5 лет, а 40% из них имеют нейтрализаторы заводского изготовления; тогда  $q_{cp} = 18$  г/км;

$L$  – принимаем 0,95 км;

$K_C = 1,4$ ;

$t_{B(TO)} = 1$  час.

Тогда:

$M_{CO} = 0,0333$ , г/с;

$L_B = 8570$ , м<sup>3</sup>/ч.

Кратность воздухообмена при этом равна 1,84.

Кратность меньше рекомендуемой, поэтому принимаем кратность воздухообмена равной 2. Количество вытяжного и приточного воздуха на -1 этаже равны соответственно 9320 м<sup>3</sup>/ч и 7480 м<sup>3</sup>/ч. При этом расход воздуха на одну машину составит 183 м<sup>3</sup>/ч.

Определение количества удаляемого воздуха на 0 этаже.

$A_{Э(ТО)}$ ,  $q$ ,  $L$ ,  $K_C$ ,  $t_{B(ТО)}$  – приняты, как в предыдущем расчете.

Тогда:

$M_{CO} = 0,02$ , г/с;

$L_B = 5142$ , м<sup>3</sup>/ч.

Кратность воздухообмена при этом равна 1,33.

Кратность меньше рекомендуемой, поэтому принимаем кратность воздухообмена 2. Тогда расход вытяжки и притока на 0 этаже равен соответственно 7740 м<sup>3</sup>/ч и 6110 м<sup>3</sup>/ч. При этом расход на одну машину составит 287 м<sup>3</sup>/ч.

Расчет воздухообмена помещений офисной части здания

Расчет остальных помещений делового центра произведен по [15] и сведен в таблицу В.1 Приложения В.

По результатам расчетов составлен воздушный баланс и определены требуемые количества приточного и вытяжного воздуха. Результаты расчетов представлены в таблице В.1.

#### **4.2.2 Конструктивные решения систем вентиляции и кондиционирования воздуха**

Для помещений административного назначения (офисы, серверные и т.д.) запроектирована отдельная приточно-вытяжная система вентиляции с механическим побуждением. Для экономии энергии в холодный период года в приточной установке предусмотрена установка роторного рекуператора.

По техническому заданию в блоках офисных помещений свободной планировки и серверных не осуществляется разведение коммуникаций системы вентиляции. Проектом предусмотрено только заведение воздуховодов систем вентиляции непосредственно в помещения и установка

регулирующих клапанов. Дальнейшее разведение коммуникаций предполагается силами арендатора. Количество приточного и вытяжного воздуха для офисных помещений определено при норме 60 м<sup>3</sup>/ч на человека. В офисных помещениях соблюдается баланс между приточным и вытяжным воздухом.

Для вентиляции коридоров и лифтовых холлов предусмотрена подача воздуха непосредственно в данные помещения. Вытяжка из лифтовых холлов осуществляется непосредственно из холлов, а вытяжка из коридоров перетоком через санузлы. При этом для санузлов проектом предусматривается отдельная вытяжная система вентиляции с механическим побуждением с выбросом выше кровли.

Для вестибюля, расположенного на 0 этаже, запроектирована приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением. Количество воздуха рассчитано исходя из 2-х кратного воздухообмена. Часть воздуха из вестибюля удаляется через санузел, имеющий выход в вестибюль, и гардеробную. Для экономии энергии в холодный период года над входными дверями вестибюля предусмотрены воздушные тепловые завесы.

В помещении подземной автостоянки предусмотрена отдельная приточно-вытяжная система вентиляции с механическим побуждением раздельная для каждого этажа. Для экономии энергии в холодный период года в приточной установке предусмотрена установка роторного рекуператора. Воздухообмен рассчитан по методике ОНТП 01-91. Приточный воздух подается вдоль проездов. Удаление воздуха происходит в местах непосредственной стоянки автомобилей из нижней и верхней зоны поровну. Поскольку въездные ramпы открытого типа, то вентиляции ramп не предусмотрено.

Для помещений венткамер общеобменной вентиляции проектом предусматривается воздухообмен в размере 1 крат в час. Приток и вытяжка воздуха осуществляются непосредственно из систем, которые данные установки обслуживают.

Для помещения электрощитовой и узла ввода запроектированы отдельные приточно-вытяжные системы вентиляции с естественным побуждением.

Для помещения сплинкерной запроектирована приточно-вытяжная система вентиляции с механическим побуждением. При этом приток воздуха осуществляется через переточную решетку в двери, отделяющую сплинкерную от автомобильной стоянки. Вытяжка осуществляется отдельной вытяжной системой непосредственно на улицу.

Список систем:

- система П1: Административные помещения левого крыла с 0 по 5 этажи;
- система В1: Административные помещения левого крыла с 0 по 5 этажи;
- система П2: Административные помещения левого крыла с 6 по 11 этажи;
- система В2: Административные помещения левого крыла с 6 по 11 этажи;
- система П3: Автомобильная стоянка на отм. -7.550 (-1 этаж);
- система В3: Автомобильная стоянка на отм. -7.550 (-1 этаж);
- система П4: Автомобильная стоянка на отм. -4.250 (0 этаж);
- система В4: Автомобильная стоянка на отм. -4.250 (0 этаж);
- система П5: Административные помещения правого крыла с -1 по 5 этажи;
- система В5: Административные помещения правого крыла с -1 по 5 этажи;
- система П6: Административные помещения правого крыла с 6 по 11 этажи;
- система В6: Административные помещения правого крыла с 6 по 11 этажи;
- система В7: Санузлы левое крыло;

- система В8: Санузлы правое крыло;
- система В9: Сплинкерная.

Воздуховоды приточных и вытяжных вентиляционных систем выполнены из оцинкованной стали. Уклон трассы обеспечен вверх к вентилятору.

На всех воздуховодах системы вентиляции предусмотрены лючки (в местах, доступных для обслуживания) для возможности очистки воздуховодов.

Воздуховоды в коридорах прокладываются скрыто, за подвесным потолком.

В качестве приточных и вытяжных вентиляционных устройств приняты круглые диффузоры с регулируемым сечением из оцинкованной стали фирмы «Арктика» и приточно-вытяжные решетки с регулируемыми жалюзи и с встроенным регулятором расходы воздуха фирмы «Арктика».

#### **4.2.3 Расчет воздухораспределительных устройств**

Представлен расчет воздухораспределителей в холле делового центра. Потолочный диффузор ДКУ-315 имеет следующие характеристики:  $m = 2,2$ ,  $n = 1,6$ .

Расход воздуха через одну решетку определяется по формуле:

$$L_o = \frac{L}{N}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (28)$$

где  $L$  – расчетный воздухообмен помещения,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

$N$  – количество решеток в помещении, штук;

$$L_o = 2412 / 4 = 603, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Скорость воздуха на выходе из воздухораспределителя:

$$v_o = \frac{L_o}{3600 \cdot F_o}, \text{ м/с}, \quad (29)$$

где  $F_o$  – площадь живого сечения решетки,  $\text{м}^2$ .

$$v_0 = 603 / (3600 \cdot 0,078) = 2,14, \text{ м/с.}$$

Скорость воздуха в рабочей зоне рассчитывается по формуле:

$$v_x = \frac{m \cdot v_o \cdot \sqrt{F_o}}{x} \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_H, \text{ м/с,} \quad (30)$$

где  $x$  – расстояние от воздухораспределителя до рабочей зоны по оси струи, м;

$k_C$  – коэффициент стеснения струи;

$k_B$  – коэффициент взаимодействия струй;

$k_H$  – коэффициент неизотермичности струи.

Геометрическая характеристика струи вычисляется по формуле:

$$H = 5,45 \cdot \frac{m \cdot v_o \cdot \sqrt[4]{F_o}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_o}}, \text{ м,} \quad (31)$$

где  $\Delta t_o$  – разница между внутренней температурой и температурой воздуха в струе воздухораспределителя,  $^{\circ}\text{C}$ :

Разница между внутренней температурой и температурой воздуха в струе определяется по формуле:

$$\Delta t_o = t_B - t_{II}, \text{ } ^{\circ}\text{C.} \quad (32)$$

$$\Delta t_o = 20 - 19 = 1, \text{ } ^{\circ}\text{C.}$$

$$H = 5,45 \cdot \frac{2,2 \cdot 2,14 \cdot \sqrt[4]{0,078}}{\sqrt{1,6 \cdot 1}} = 1,1, \text{ м.}$$

Коэффициент  $k_C$  для веерных струй по [10].

$$k_C = 0,9.$$

Коэффициент  $k_B$  для параллельных струй, направленных в одну сторону, определяется по [10].

Для скорости:  $k_B = 1$ .

Для температуры:  $k_B = 1$ .

Коэффициент  $k_H$  для веерных струй по формуле:

$$k_H = \sqrt[3]{1 + \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^2}. \quad (33)$$

$$k_H = \sqrt[3]{1 + \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{8,2}{1,1}\right)^2} = 1,52.$$

$$v_x = \frac{2,2 \cdot 2,1 \cdot \sqrt{0,078}}{8,2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,52 = 0,24, \text{ м/с.}$$

Полученное значение  $v_x$  сравнивается с нормируемой величиной:

$$v_x \leq k \cdot v, \text{ м/с,} \quad (34)$$

где  $k$  – коэффициент отклонения скорости от нормируемой;

$v$  – допустимая скорость воздуха в помещении, м/с.

$$0,24 = 1,2 \cdot 0,2, \text{ м/с.}$$

Определяется максимальная разность температур в рабочей зоне:

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_o \cdot \sqrt{F_o}}{x} \cdot \frac{k_B}{k_C \cdot k_H} \cdot \text{°C.} \quad (35)$$

$$\Delta t_x = \frac{1,6 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,078}}{8,2} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1,52} = 0,035, \text{ °C.}$$

Полученное значение  $\Delta t_x$  сравнивается с нормируемой  $\Delta t_H$ , принимаемой по [19]:

$$\Delta t_x \leq \Delta t_H, \text{ °C.} \quad (36)$$

$$0,035 < 2, \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Скорость и разность температур струи воздуха на выходе из воздухораспределителя не превышает допустимых нормируемых значений.

#### 4.2.4 Аэродинамический расчет

Скорость воздуха на участке воздуховода определяется по формуле:

$$v = \frac{L}{3600 \cdot F}, \text{ м/с}, \quad (37)$$

где  $L$  – расход на данном участке воздуховода, м<sup>3</sup>/ч;

$F$  – площадь поперечного сечения воздуховода, м<sup>2</sup>.

Потери давления в местных сопротивлениях определяются по формуле:

$$Z = \sum \xi \cdot P_d, \text{ Па}, \quad (38)$$

где  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления, по [10];

$P_d$  – динамическое давление на участке, Па.

Суммарные потери давления на участке:

$$P_{\text{уч}} = R \cdot l + Z, \text{ Па}, \quad (39)$$

где  $R$  – удельные потери давления по длине, по [1], Па/м;

$l$  – длина расчетного участка, м.

Невязка потерь давления в ответвлениях и на магистрали не должна превышать 15%:

$$\frac{\Delta P_M - \Delta P_{\text{отв}}}{\Delta P_M} \cdot 100 \% \leq 15 \% . \quad (40)$$

Если невязка больше 15%, то на ответвлении устанавливается дроссель-клапан.

В пояснительной записке в таблице В.2 приведен расчет системы П1, обслуживающая помещения с -1 по 5 этажи, как наиболее показательной.

Расчетная схема представлена в Приложении В.

#### **4.2.5 Подбор вентиляционного оборудования**

Устанавливаемое оборудование:

- приточные и вытяжные установки фирмы «ЛАДА-ФЛЕКТ»;
- вытяжные установки фирмы «ЛАДА-ФЛЕКТ»;
- вытяжной вентилятор сплинкерной фирмы «Веза»;
- огнезадерживающие клапаны фирмы «ЛАДА-ФЛЕКТ»;
- воздухозаборные и приточные решетки, диффузоры фирмы «Арктика»;
- воздушные тепловые завесы фирмы «OLEFINI».

Приточные установки оснащены следующими элементами:

- приемная секция с гибкой вставкой, клапаном и электроприводом;
- секция предварительной фильтрации (G4);
- секция фильтрации (M5);
- роторный рекуператор;
- вентиляторная секция;
- секция воздухонагревателя;
- секция воздухоохладителя;
- шумоглушитель.

Вытяжные установки оснащены следующими элементами:

- приемная секция с гибкой вставкой, клапаном и электроприводом;
- секция предварительной фильтрации (G4);
- шумоглушитель;
- вентиляторная секция;
- роторный рекуператор.

Вытяжные установки крышного исполнения оснащены следующими элементами:

- шумоглушитель;
- обратный клапан;
- вентиляторная секция.

Результаты подбора для системы ПВ1 приведены на Рисунках 12 – 17.

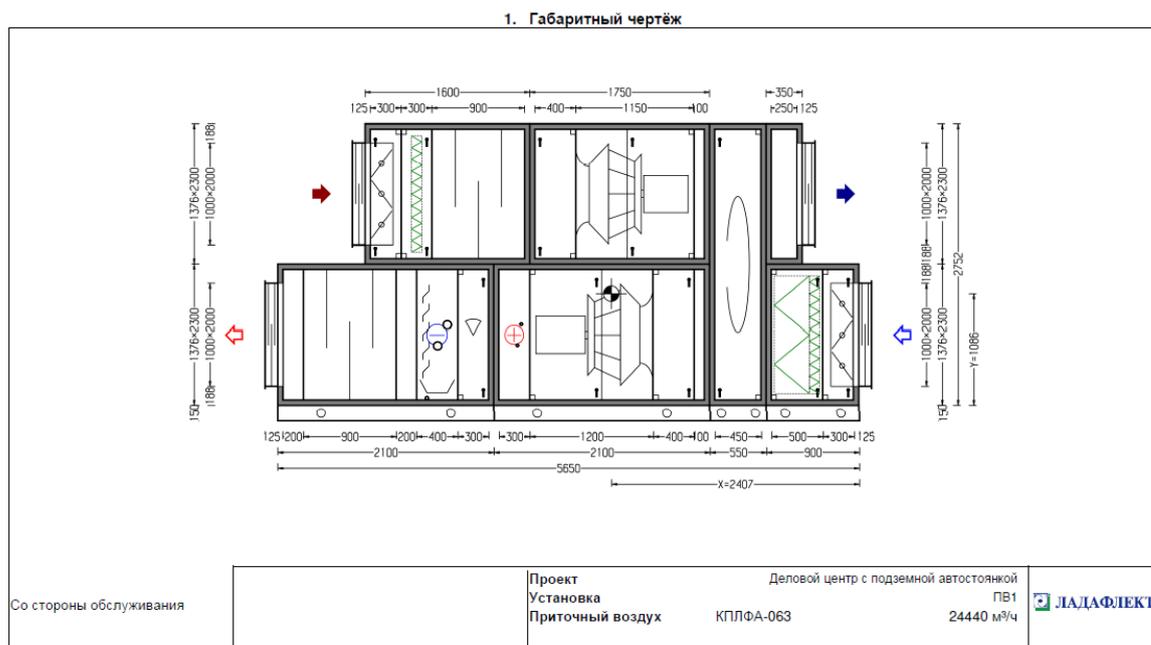


Рисунок 12 – Результат подбора ПВ1. Вид со стороны обслуживания

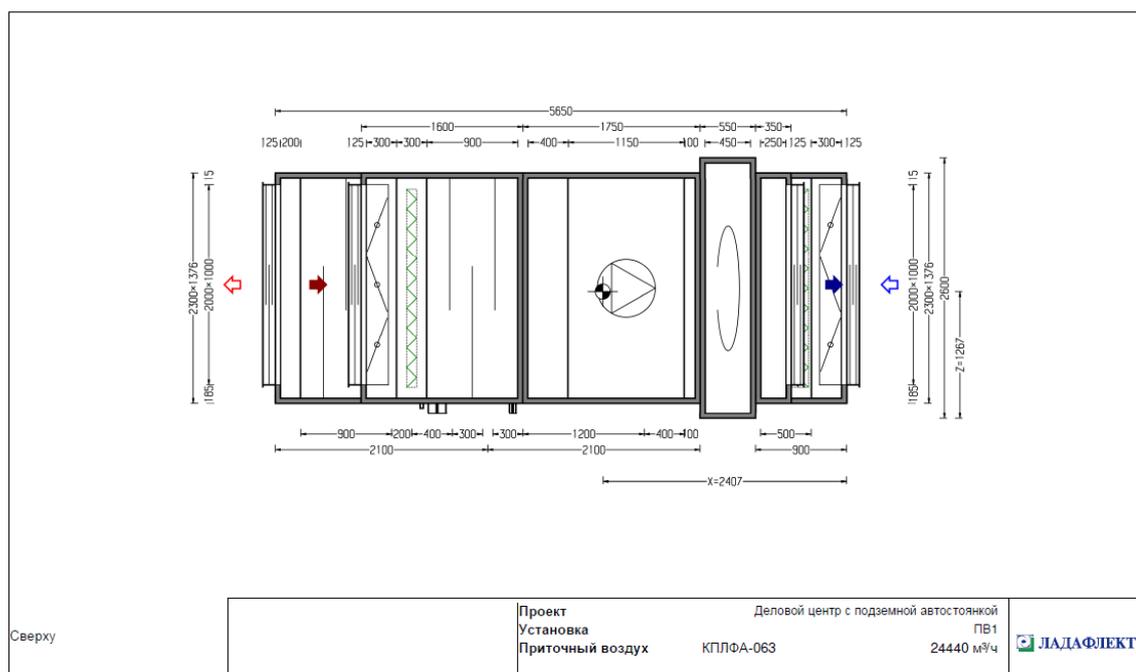


Рисунок 13 – Результат подбора ПВ1. Вид сверху

Страна обслуживания	слева		
Страна подключения	слева		
Расход приточного воздуха		24440 м <sup>3</sup> /ч	
Внешнее статическое давление		600 Па	
Электрич. напряж.		3 x 380В + N, 50 Гц Вес	3560 кг
Климатическое исполнение: УХЛ			
Категория размещения: 4			
Материал: Углеродистая сталь с полимерным покрытием			

## 2. Технические данные

(компоненты перечислены в порядке движения воздушного потока)

### Секция воздухозабора

Перепад давления	6 Па
Кожух торцевой	
Клапан	
Привод клапана	
Гибкое соединение	
Ширина: 200	
Высота: 100	
Тип подсоединения: Фланцевое соединение	

### Фильтр

#### Filter selection

Фильтр грубой очистки: M5	
Фильтр грубой очистки: G4	
Количество фильтров	4x592x592, 4x287x592, 1x287x287 L=380
Перепад давления, начальное	106 Па
Перепад давления, определение размеров	181 Па
Перепад давления, конечное	256 Па
Площадь лобового сечения	2,5 м <sup>2</sup>
Фронтальная скорость	2,7 м/с
Мониторинг фильтра	

### Роторный рекуператор

Эффективность фактическая		68,9	%
Приточный воздух	Лето	Зима	
Перепад давления	146	119	Pa
Температура воздуха	26,4 / 24,9	-26 / 7,9	°C
Относительная влажность	56 / 61,2	75,9 / 21,7	%
Снижение мощности	12	281	kW
Перераспределение воздушного потока	1298	1298	м <sup>3</sup> /ч
Фронтальная скорость	3,0	2,8	м/с
Вытяжной воздух	Лето	Зима	
Перепад давления	123	109	Pa
Температура воздуха	24,2 / 25,9	23,1 / -14,1	°C
Относительная влажность	51,3 / 46,3	18,7 / 100	%
Дополнительное регулирование расхода	0	0	Pa
Фронтальная скорость	2,6	2,6	м/с

### Промежуточная секция

Длина: 040

Рисунок 14 – Результат подбора ПВ1. Технические характеристики секций проточно-вытяжной установки

**Вентилятор со свободным колесом**

Скорость	1795	Rpm
Макс. скорость	2025	Rpm
КПД вентилятора	72,9	%
Общая производительность	64,0	%
Увеличение давления	1135	Pa
Мощность на валу вентилятора	10,1	kW
Мощность электрической сети	11,5	kW
Повышение температуры	1,5	°C
<b>Мотор</b>		
Производительность	87,8	%
Скорость	1470	Rpm
Мощность двигателя	15	kW
Электрический ток	28,0	A
Кол-во Полюсов	4	
Рабочая частота при регулировании частоты	61,1	Hz
Макс. частота при регулировании частоты	68,9	Hz
Макс. скорость на регуляторе частоты	2025	Rpm
Запас мощности, минимум	10	%
<b>Частотный преобразователь</b>		

**Нагреватель воздуха на горячей воде**

Материал, змеевик: медь/алюминий		
Номинальный размер трубы	25	
Объем жидкости	12,6	l
Перепад давления	17	Pa
Мощность на выходе	83,2	kW
Температура воздуха	9,2 / 20	°C
Фронтальная скорость	2,0	m/s
Принцип управления водным нагревателем	регулятор потока	
Температура воды	95 / 70	°C
Расход воды	0,82	l/s
Скорость воды	1,1	m/s
Перепад давления воды	16,0	kPa
<b>Автоматический воздуховыпускной клапан</b>		

**Технологическая секция**

Длина: 300 mm

**Охладитель воздуха на холодной воде**

Каплеотделитель: с		
Материал, змеевик: медь/алюминий		
Номинальный размер трубы	80	
Объем жидкости	29,3	l
Перепад давления	77	Pa
Мощность на выходе	61,8	kW
Температура воздуха	26,4 / 20	°C
Относительная влажность	56,1 / 78,2	%
Фронтальная скорость	2,8	m/s
Температура воды	7 / 12	°C
Расход воды	2,94	l/s
Скорость воды	0,7	m/s
Перепад давления воды	3,7	kPa
<b>Водоотделитель</b>		
<b>Автоматический воздуховыпускной клапан</b>		
<b>Фланец для змеевика, 1 соединение</b>		

**Промежуточная секция**

 Размер установки : 063  
 Длина: 020  
 Сторона обслуживания : левая

**Шумоглушитель**

Длина: 900 мм		
Перепад давления	32	Pa
Вносимые потери, включая возобновляемые шумы (EN ISO 11691)	2,8,19,22,23,17,14,13	dB

Рисунок 15 – Результат подбора ПВ1. Технические характеристики секций проточно-вытяжной установки

**Промежуточная секция**

Длина: 020

**Торцевое соединение рамы**

Перепад давления, определение размеров	2	Pa
<b>Кожух торцевой</b>		
<b>Гибкое соединение</b>		
Ширина: 200		
Высота: 100		
Тип подсоединения: Фланцевое соединение		
Материал: оцинкованная листовая сталь/алюмоцинк		

**ВЫТЯЖНОЙ ВОЗДУХ**
**Секция воздухозабора**

Перепад давления, определение размеров	4	Pa
<b>Кожух торцевой</b>		
<b>Клапан</b>		
<b>Привод клапана</b>		
<b>Гибкое соединение</b>		

**Фильтр**

Класс очистки: G4			
Количество фильтров	6x592x592, 2x287x592		
Перепад давления, начальное	47	Pa	
Перепад давления, определение размеров	72	Pa	
Перепад давления, конечное	97	Pa	
Площадь лобового сечения	2.5	m <sup>2</sup>	
Фронтальная скорость	2.2	m/s	
<b>Мониторинг фильтра</b>			

**Шумоглушитель**

Длина: 900 мм		
Перепад давления, определение размеров	24	Pa
Вносимые потери, включая возобновляемые шумы (EN ISO 11691)	2,8,19,22,23,17,14,13	dB

**Промежуточная секция**

Длина: 040

Рисунок 16 – Результат подбора ПВ1. Технические характеристики секций проточно-вытяжной установки

**Промежуточная секция**

 Размер установки : 063  
 Длина: 025  
 Сторона обслуживания : правая

**Вентилятор со свободным колесом**

Скорость	1566	Rpm
Макс. скорость	2025	Rpm
КПД вентилятора	73,3	%
Общая производительность	64,0	%
Увеличение давления	892	Pa
Мощность на валу вентилятора	6,76	kW
Мощность электрической сети	7,74	kW
Повышение температуры	1,2	°C
<b>Мотор</b>		
Производительность	87,3	%
Скорость	1460	Rpm
Мощность двигателя	7,5	kW
Электрический ток	14,6	A
Кол-во Полюсов	4	
Рабочая частота при регулировании частоты	53,6	Hz
Макс. частота при регулировании частоты	55,4	Hz
Макс. скорость на регуляторе частоты	1618	Rpm
<b>Частотный преобразователь</b>		

**Промежуточная секция**

Длина: 025

**Торцевое соединение рамы**

Перепад давления	1	Pa
<b>Кожух торцевой</b>		
<b>Гибкое соединение</b>		

Рисунок 17 – Результат подбора ПВ1. Технические характеристики секций проточно-вытяжной установки

## Выводы по главе 4

Выполнено конструирование систем отопления и вентиляции воздуха, выбраны принципиальные проектные решения. Рассчитаны воздухообмены по каждому помещению здания, составлен воздушный баланс.

Произведены гидравлические и аэродинамические расчеты систем отопления и вентиляции воздуха, определены диаметры трубопроводов и размеры воздухопроводов, рассчитаны потери давления в каждой системе.

Подобраны и рассчитаны приборы отопления, подобраны циркуляционные насосы для систем отопления.

Рассчитаны воздухораспределители. Произведен расчет и подбор оборудования систем вентиляции воздуха.

## **5 Противодымная вентиляция**

### **5.1 Конструктивные решения**

#### **5.1.1 Система дымоудаления**

##### Дымоудаление из подземной автостоянки

Согласно расчету, каждый этаж подземной автостоянки менее 1600 м<sup>2</sup>, поэтому каждый этаж является одной дымовой зоной. Каждая дымовая зона разбивается на два резервуара дыма. Таким образом, на двух этажах подземной автостоянки всего 4 резервуара дыма. Поскольку одна система дымоудаления может обслуживать до 4 резервуаров дыма, проектом предусмотрена одна система дымоудаления с ответвлениями на каждый этаж и установкой дымовых канальных клапанов. Для эффективного использования емкости резервуара дыма в верхней части вытяжного воздуховода, прокладываемого внутри резервуара, предусматриваются дымоприемные отверстия - по одному на каждые 200 м<sup>2</sup> площади резервуара. Площадь отверстия определяется массовой скоростью всасывания не больше 10 кг/(с·м<sup>2</sup>). При этом каждый дымовой клапан отделяет дымовой резервуар от другого. В случае возгорания в дальнем резервуаре открываются оба клапана, в ближнем – только клапан рядом с шахтой. При пожаре по сигналу от датчика включается вытяжной вентилятор и открываются дымовые клапаны. Предполагается, что забор воздуха происходит от систем противодымной приточной вентиляции лифтов, тамбуров-шлюзов, а также через открытые ворота рампы открытого типа. Выброс воздуха производится по шахте дымоудаления в осях 10-Б выше кровли с помощью крышного вентилятора. Прокладка воздуховодов выполнена открыто. На воздуховоды, прокладываемые открытым способом, наносится огнезащитное покрытие.

##### Дымоудаление из вестибюля

Поскольку вестибюль является местом с массовым скоплением людей, проектом предусмотрено дымоудаление из вестибюля на 0 этаже. Система

оснащается противопожарным дымовым клапаном, который устанавливается под потолком. Клапан комплектуется декоративной решеткой. При пожаре по сигналу от датчика включается вытяжной вентилятор и открывается противопожарный клапан. Предполагается, что забор воздуха происходит от систем противодымной приточной вентиляции лифтов, а также через открытые входные двери центрального входа. Выброс воздуха производится по шахте дымоудаления в осях 4-Г выше кровли с помощью крышного вентилятора.

#### Дымоудаление из коридора

Коридор в административной части здания состоит из двух частей длинами 60 и 15 метров. Таким образом, проектом предусматривается две системы дымоудаления. Тем самым выполняется условие о максимальной длине обслуживаемого коридора в 60 метров одной системой дымоудаления, а также максимальной длине коридора 45 метров, обслуживаемого одним дымовым клапаном. Системы дымоудаления коридора оснащаются противопожарными дымовыми клапанами, которые устанавливаются под потолком. Клапан комплектуется декоративной решеткой. При пожаре по сигналу от датчика включаются вытяжные вентиляторы и открываются противопожарные клапаны. Предполагается, что забор воздуха происходит от систем противодымной приточной вентиляции лифтов, лестничной клетки третьего типа. Выброс воздуха производится по шахтам дымоудаления в осях 6-Г и 9-Г выше кровли с помощью крышных вентиляторов.

#### **5.1.2 Противодымная приточная вентиляция**

Системы противодымной приточной вентиляции предусмотрены для тамбуров-шлюзов лифтов и лестниц подземной автостоянки, лестничной клетки типа НЗ, а также отдельные системы для пассажирских и пожарного лифтов.

Таким образом, защита путей эвакуации производится следующим образом. На этажах с 1 по 11 эвакуация происходит с помощью лестниц типа Н1 и НЗ. Для этого в тамбур-шлюз лестницы типа НЗ и лифтовые шахты

подается воздух с избыточным давлением. Из коридоров происходит удаление дымовых газов. На этажах подземной автостоянки в тамбур-шлюзы при лифтах и лестницах, ведущих на -1 и 1 этажи, где есть выход на улицу, подается воздух под давлением. Непосредственно из помещений автостоянки производится удаление дыма.

### Противодымная приточная вентиляция лестничной клетки типа НЗ

Система противодымной приточной вентиляции лестничной клетки предусмотрена для возможности эвакуации посетителей из здания. По условию баланса притока и вытяжки на этаже пожара расход приточного воздуха системы противодымной вентиляции через открытую дверь на этаже пожара должен быть равен количеству воздуха, удаляемому через дымовые клапаны системы дымоудаления из коридора. Поскольку в коридоре две системы дымоудаления, то принимается, что двери тамбур-шлюза лестничной клетки типа Н1 закрыты и притока воздуха не происходит. Тогда приточная вентиляция незадымляемой лестничной клетки (типа НЗ) должна компенсировать количество воздуха, удаляемого одной системой дымоудаления коридора. Для компенсации воздуха, удаляемого второй системой дымоудаления коридора, служат две системы приточной противодымной вентиляции лифтов. Кроме этого, скорость воздуха в проеме открытой двери тамбур шлюза должна быть более 1,3 м/с [20] и общий расход воздуха в системе учитывает подсос воздуха через закрытые клапаны на других этажах и подсос воздуха через сеть. Для подачи воздуха принимается радиальный вентилятор, установленный на кровле здания. При пожаре по сигналу датчика включается вентилятор и нагнетает воздух в тамбур-шлюзы при лестничной клетке через стеновые противопожарные клапаны по шахте в осях 5-В. Клапаны устанавливаются под потолком и комплектуются декоративными решетками. Все двери тамбуров-шлюзов незадымляемой лестничной клетки должны иметь автоматические устройства для их закрывания. В качестве таковых устройств использованы дверные доводчики. Таким образом, избыточное давление, поддерживаемое

дверью с доводчиком в закрытом тамбуре-шлюзе выше минимального избыточного давления 20 Па для тамбуров-шлюзов незадымляемых лестничных клеток, нормируемого согласно п. 7.16 (б) СП 7.13130.2013 [20].

#### Противодымная приточная вентиляция лифтов

Система противодымной приточной вентиляции предусматривает подачу воздуха под давлением в шахты лифтов, тем самым препятствуя задымлению. В здании имеются 4 лифта – 2 пассажирских с 0 по 11 этаж, 1 пассажирский лифт с -1 на 0 этаж и один пожарный с -1 по 11 этаж. Системы противодымной приточной вентиляции для пожарного и пассажирских лифтов выполнены отдельными. По условиям баланса количество воздуха, поступающих в лифтовые шахты, компенсируется удалением воздуха через систему дымоудаления коридора, а также потерями через неплотности лифтовой шахты и вентиляционные решетки лифтовой кабины. При пожаре по сигналу датчика включается вентилятор и нагнетает воздух в шахту лифта. Проектом предусмотрена установка осевого вентилятора на кровле здания.

#### Противодымная приточная вентиляция тамбур-шлюзов в подземной автостоянке

Система противодымной приточной вентиляции предусматривает подачу воздуха под давлением в тамбур-шлюзы при лифтах и лестничных клетках подземной автостоянки для возможности эвакуации посетителей через центральные входные двери вестибюля на 0 этаже или входные двери на лестничные клетки на 1 этаже. Расход воздуха рассчитан исходя из ассимиляции воздуха, удаляемого системой дымоудаления подземной автостоянки, но не менее 1,3 м/с через открытый проем [20]. Все двери тамбуров-шлюзов должны иметь автоматические устройства для их закрывания. В качестве таковых устройств использованы дверные доводчики. Таким образом, избыточное давление, поддерживаемое дверью с доводчиком в закрытом тамбуре-шлюзе выше минимального избыточного давления 20 Па для тамбуров-шлюзов, нормируемого согласно п. 7.16 (б) СП

7.13130.2013 [20]. Проектом предусмотрено четыре системы приточной вентиляции для каждого из тамбур-шлюзов. Нагнетание воздуха осуществляется с помощью осевых вентиляторов и через стеновой противопожарный дымовой клапан подается непосредственно в тамбур-шлюз. Клапан устанавливается под потолком и комплектуется декоративной решеткой.

### **5.1.3 Список систем противодымной вентиляции**

Системы противодымной вентиляции здания делового центра:

- противодымная приточная вентиляция лестничной клетки типа НЗ, система ПД1;
- противодымная приточная вентиляция пассажирских лифтов, система ПД2;
- противодымная приточная вентиляция пожарного лифта, система ПД3;
- противодымная приточная вентиляция тамбур-шлюза при пожарном лифте, система ПД4;
- противодымная приточная вентиляция тамбур-шлюза при пассажирском лифте, система ПД5;
- противодымная приточная вентиляция тамбур-шлюза лестничной клетки в оси 6, система ПД6;
- противодымная приточная вентиляция тамбур-шлюза лестничной клетки в оси 10, система ПД7;
- противодымная вытяжная вентиляция подземной автостоянки, система ДУ1;
- противодымная вытяжная вентиляция вестибюля на 0 этаже, система ДУ2;
- противодымная вытяжная вентиляция коридора с 1 по 11 этаж, система ДУ3;
- противодымная вытяжная вентиляция коридора с 1 по 11 этаж, система ДУ4.

## 5.2 Расчет системы дымоудаления подземной автостоянки (ДУ1)

Под офисным зданием предусмотрена двухэтажная подземная автостоянка на 78 машиномест. Отметки уровней -7.550 и -4.250. Площадь нижнего этажа автостоянки 1557,5 м<sup>2</sup>. Площадь верхнего этажа автостоянки 967,2 м<sup>2</sup>. Высота нижнего этажа 3м, высота верхнего этажа 3,95м. На стоянке предусмотрен один пассажирский лифт для подъема посетителей с -1 на 0 этаж. С 0 этажа предусмотрены два лифта для подъема посетителей на верхние офисные этажи. Проектом предусмотрен лифт для подъема пожарных с -1 до 11 этажа. На 0 этаже выходы из лифтовых кабин организованы в общий вестибюль, имеющий выход из здания. На -1 этаже лифт для поднятия пожарных и пассажирский лифты имеют тамбур-шлюз. На каждом этаже располагаются три лестницы. Первая (ось 4) имеет выход в вестибюль на 0 этаже, имеющий выход на улицу. Вторая (ось 6) имеет выход в тамбур-холл на 1 этаже и тамбуры-шлюзы на -1 и 0 этажах. При этом тамбур-холл имеет выход непосредственно на улицу. Третья лестница так же имеет выход непосредственно на улицу на 1 этаже, при этом является лестницей типа НЗ и имеет тамбур-шлюзы на каждом этаже. Автостоянка на каждом этаже имеет односторонний пандус, оснащенный тамбур-шлюзом.

Расход дыма, кг/ч, удаляемого из резервуара дыма над загоревшимся автомобилем, рассчитывается по формуле:

$$G_{д.1} = 676,8 \cdot P_n \cdot U \cdot 1,5 \cdot K_s, \quad (41)$$

где  $P_n$  – периметр очага пожара, не более 12 м, как для одного автомобиля;

$U$  – расчетный средний уровень стояния дыма от пола помещения, принимается равным 2,5 м;

$K_s$  – коэффициент равный 1 для вытяжных систем с искусственным побуждением.

Максимальный расход дыма, для стоянок легковых автомобилей равен:

$$G_{д,1} = 676,8 \cdot 12 \cdot 2,5 \cdot 1,5 \cdot 1 = 32103 \text{ кг/ч, или } 8,92 \text{ кг/с.}$$

Время заполнения резервуара дымом рассчитывается по формуле:

$$t = 6,39 \cdot A \cdot (Y - 0,5 - H - 0,5) / \Pi_n, \quad (42)$$

где  $A$  – площадь резервуара дыма,  $\text{м}^2$ ;

$Y$  – средний уровень стояния дыма от пола помещения, 2,5 метра;

$H$  – высота помещения, равна 3 метра.

При относительно малой плотности потока эвакуирующихся ( $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ) скорость людей по ГОСТ 12.1.004-91 [3] равна 1,7 м/с. Нормативные 40 м расстояния до ближайшего эвакуационного выхода люди пройдут за 24 секунды ( $40 / 1,7 = 24 \text{ с}$ )

Таким образом, решая обратную задачу, площадь резервуара дыма находится по формуле:

$$A = t \cdot \Pi_n / (6,39 \cdot (Y - 0,5 - H - 0,5)). \quad (43)$$

$$A = 817,9, \text{ м}^2.$$

На каждом этаже принята одна дымовая зона. Каждая дымовая зона разбивается на два резервуара дыма. Таким образом, за системой дымоудаления закреплено четыре резервуара дыма.

Для эффективного использования емкости резервуара дыма вытяжного воздуховода, прокладываемого внутри резервуара, предусматриваются дымоприемные отверстия - по одному на каждые  $200 \text{ м}^2$  площади резервуара. Площадь отверстия определяется массовой скоростью всасывания не больше  $10 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ . Расстояние любого дымоприемного отверстия от края резервуара не должно превышать 10 м. В торце каждого резервуара дыма на вытяжном воздуховоде предусмотрен дымовой клапан типа КПУ-ЛФ-Д, с электроприводом Velimo 220В [28] и пределом огнестойкости EI 120 и сечением: 1200x800.

$$\text{Площадь сечения клапана } A_k = 0,94 \text{ м}^2;$$

Площадь сечения воздуховода,  $A_g = 0,96 \text{ м}^2$ ;

Массовая скорость дыма в клапане  $V_{\rho\kappa} = 9,50 \text{ кг/с}\cdot\text{м}^2$ ;

Массовая скорость дыма на первом участке  $V_{\rho\delta 1} = 9,29 \text{ кг/с}\cdot\text{м}^2$ ;

Определяем потери давления в дымовом клапане на 1-м участке по формуле:

$$\Delta P_1 = (\zeta_1 + \zeta_2) \cdot (V_{\rho\kappa}) \cdot 2 / (2 \cdot \rho), \text{ Па}, \quad (44)$$

где  $\zeta_1$  – коэффициент сопротивления входа в дымовой клапан, 1,03;

$\zeta_2$  – коэффициент сопротивления присоединения дымового клапана к шахте, 0,5;

$\rho$  – плотность дыма коридоров и холлов,  $0,51 \text{ кг/м}^3$ .

$$\Delta P_1 = (1,03 + 0,5) \cdot (9,5) \cdot 2 / 2 \cdot 0,51 = 135,3, \text{ Па}.$$

Определяем потери на трение на 2-м участке вентсети до объединения через второй тройник с ответвлением, идущим от второго резервуара дыма рассматриваемой дымовой зоны, по формуле:

$$\Delta P_2 = KT \cdot \Sigma \zeta \cdot (V_{\rho}) \cdot 2 / (2 \cdot \rho) + K_{mp} \cdot H \cdot K_c \cdot l, \quad (45)$$

где  $KT$  – поправочный коэффициент для коэффициентов местных сопротивлений  $\zeta$ , являющийся отношением плотности газа (дыма) к плотности стандартного воздуха, в данном случае равный  $0,51 / 1,2 = 0,425$ ; для дыма при пожаре принимается дополнительная поправка на загрязненность дыма – 1,3, тогда  $K_T = 0,425 \cdot 1,3 = 0,55$ ;

$\Sigma \zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке сети от первого резервуара дыма до соединения с ответвлением к второму резервуару дыма с закрытым дымовым клапаном (допускается непосредственно до вентилятора), принимается 2,5;

$K_{mp}$  – для дыма с температурой  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ , с учетом перевода давлений в Па, принимать 10,8;

$H$  – потери давления на трение принимаются по справочнику [1],  $0,09 \text{ кг/м}^2$ ;

$K_c$  – коэффициент для воздуховодов из строительных материалов принимается равным 1 по справочнику [1];

$L$  – длина участков воздуховода, 80 м.

$$P_2 = 0,55 \cdot 2,5 \cdot 9,292 / 2 \cdot 0,51 + 10,8 \cdot 0,09 \cdot 1 \cdot 80 = 108 \text{ Па.}$$

Определяем подсос воздуха через неплотности закрытых дымовых клапанов у соседнего дымового резервуара на текущем этаже, и выше на -1-м этаже подземной автостоянки по формуле:

$$G_B = a \cdot 0,0112 \cdot (A_k \cdot \Delta P_0) \cdot 0,5, \text{ кг/с,} \quad (46)$$

где  $A_k$  – площадь проходного сечения клапана,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta P_0$  – потери давления на закрытом клапане (принимается  $P_1 + P_2$ ),

Па.

$a$  – количество закрытых клапанов, шт.

$$G_B = 3 \cdot 0,0112 \cdot (0,94 \cdot 143,3) \cdot 0,5 = 0,67 \text{ кг/с.}$$

Определяется плотность газо-воздушной смеси,  $\text{кг/м}^3$ , по формуле:

$$\rho = (G_{д,1} + G_B) / (G_{д,1} / 0,51 + G_B / 1,2), \quad (47)$$

где  $G_{д,1}$ ,  $G_B$  – расход дыма и расход воздуха,  $\text{кг/с}$ .

$$\rho = (8,92 + 0,67) / (8,92 / 0,51 + 0,67 / 1,2) = 0,53 \text{ кг/м}^3.$$

Определяется подсос воздуха через неплотности всей сети воздуховодов от дымовых клапанов до вентилятора на основании разрежения перед вентилятором  $\Delta P_0$ , по формуле:

$$G_{B,1} = G_{п.с.} \cdot \Sigma(n, l), \quad (48)$$

где  $G_{п.с.}$  – удельный подсос воздуха через неплотности воздуховодов,  $0,0006$ ,  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;

$\Sigma(n, l)$  – развернутая площадь всего воздуховода, как произведение периметра каждого участка системы на его длину, кроме участков, находящихся внутри резервуаров дыма,  $570 \text{ м}^2$ .

$$G_{B,1} = 570 \cdot 0,0006 = 0,34 \text{ кг/с.}$$

Определяем подсосы воздуха через неплотности шахты и воздуховоды, присоединяющие дымовую шахту к вентилятору по формуле:

$$G_{B,2} = G_{П.С.} \cdot P_c \cdot l_c, \quad (49)$$

где  $P_c$  – периметр внутреннего поперечного сечения участка, м;

$l_c$  – длина участка, м.

$$G_{B,2} = 0,0006 \cdot 4,4 \cdot 45 = 0,12 \text{ кг/с.}$$

Общий расход газов перед вентилятором, кг/с:

$$G_{СУМ} = G_{Д,1} + G_B + G_{B,1} + G_{B,2} \quad (50)$$

$$G_{СУМ} = 8,92 + 0,67 + 0,34 + 0,12 = 10,05 \text{ кг/с.}$$

Определяем плотность газов по формуле:

$$\rho_{СУМ} = G_{СУМ} / [G_{Д,1} / 0,51 + (G_B + G_{B,1} + G_{B,2}) / 1,2], \text{ кг/м}^3, \quad (51)$$

$$\rho_{СУМ} = 10,05 / [8,92 / 0,51 + (0,67 + 0,34 + 0,12) / 1,2] = 0,55, \text{ кг/м}^3.$$

Площадь сечения шахты  $A_{ш} = 0,96 \text{ м}^2$ ;

Массовая скорость дыма в устье шахты  $V_{рш} = 10,5 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$ ;

Скоростное давление в устье шахты, 48,02 Па.

Определяем коэффициент сопротивления всей шахты по формуле:

$$\zeta_y = 9,6 \cdot H_{ш} \cdot K_m \cdot l / h_{Ду} + 0,3 \cdot K_T \cdot (N - 1), \quad (52)$$

где  $H_{ш}$  – потери давления на трение в шахте, 0,16 кг/м<sup>3</sup>;

$K_m$  – коэффициент для воздуховодов из строительных материалов, равен 1;

$l$  – длина шахты, 45 м;

$h_{dy}$  – динамическое давление в устье шахты, 100,76 Па;

$K_m$  – коэффициент учитывающий снижение температуры и увеличение плотности газа, 0,75;

$N$  – число этажей в здании, 13 шт.

$$\zeta_y = 9,6 \cdot 0,16 \cdot 1 \cdot 45 / 100,76 + 0,3 \cdot 0,75 \cdot (13 - 1) = 3,39$$

Определяем потери давления всей шахты по формуле:

$$P_{ui} = 0,5 \cdot (h_{d1} + h_{dy}) \cdot \zeta_y, \quad (53)$$

где  $h_{d1}$  – динамическое давление на первом участке, 44,94 Па.

$$P_{ui} = 0,5 \cdot (44,94 + 100,76) \cdot 3,39 = 246,7 \text{ Па.}$$

Для присоединения шахты к вентилятору принят монтажный стакан FTDZ-47-ДУ с обратным клапаном производства фирмы "ЛАДА-ФЛЕКТ". Согласно данным производителя потери давления в узле прохода и на обратном клапане составляют,  $P_{cm}$ , 51 Па.

Потери давления в воздуховодах, присоединяющих дымовую шахту к вентилятору, определяются по формуле:

$$P_{sc} = 9,6 \cdot H_g \cdot K_g \cdot l_g + S\zeta \cdot K_T \cdot h_{D2} + P_{cm}, \quad (54)$$

где  $H_g$  – потери давления на трение в шахте, 0,16 кг/м<sup>3</sup>;

$K_g$  – коэффициент для воздуховодов из строительных материалов, равен 1;

$l_g$  – длина шахты, 45 м;

$S\zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений до вентилятора, 0,45;

$K_m$  – коэффициент, учитывающий снижение температуры и увеличение плотности газа, 0,75;

$h_{Д2}$  – динамическое давление на втором участке, 100,76 Па.

$$P_{вс} = 9,6 \cdot 0,16 \cdot 1,45 + 0,45 \cdot 0,75 \cdot 100,76 + 51 = 154,1 \text{ Па.}$$

Выше был определен возросший суммарный расход газовой смеси  $G_{сум}$ . Поскольку первоначальный расход был меньше, то находим во сколько раз новый расход возрос по сравнению с первоначальным.

$$K = G_{сум}/G_{Д,1}. \quad (55)$$

$$K = 10,05 / 8,92 = 1,13.$$

Определяем возросшие потери давления по формуле:

$$P_{сум} = (P_1 + P_2) \cdot (l + K_2)/2 + P_{ш} + P_{вс}, \text{ Па.} \quad (56)$$

$$P_{сум} = (135,3 + 108) \cdot (1 + 1,132)/2 + 246,7 + 154,1 = 677,8 \text{ Па.}$$

Определяем естественное давление за счет разности удельных весов наружного воздуха и газов по формуле:

$$P_e = h \cdot (\gamma_H - \gamma_C) + h_e \cdot (\gamma_H - \gamma_C), \text{ Па,} \quad (57)$$

где  $h$  – высота от оси открытого дымового клапана на первом этаже до оси вентилятора, 45 м;

$h_e$  – расстояние по вертикали от оси вентилятора до выпуска газов в атмосферу, 1 м;

$$\gamma_H = 3463 / (273 + t_H) \text{ – удельный вес наружного воздуха, Н/м}^3;$$

$t_H$  – температура наружного воздуха в теплый период года (параметры Б), 28,5 °С;

$$\gamma_C = (\gamma_2 + 5) / 2 \text{ – средний удельный вес газов до вентилятора, Н/м}^3;$$

$$\gamma_2 = 9,81 \cdot \rho_{сум} \text{ – удельный вес газов до вентилятора, Н/м}^3.$$

$$\gamma_H = 3463 / (273 + 28,5) = 11,49 \text{ Н/м}^3;$$

$$\gamma_C = (5,36 + 5) / 2 = 5,18 \text{ Н/м}^3;$$

$$\gamma_{\Gamma} = 9,81 \cdot 0,55 = 5,36 \text{ Н/м}^3;$$

$$P_e = 45 \cdot (11,49 - 5,18) + 1 \cdot (11,49 - 5,36) = 290,1 \text{ Па.}$$

Потери давления, на которые должна быть рассчитана мощность, потребляемая вентилятором, Па:

$$P_B = P_{\text{СУМ}} - P_e, \text{ Па} \quad (58)$$

$$P_B = 677,8 - 290,1 = 387,7 \text{ Па.}$$

Потери давления, Па, приведенные к плотности воздуха при температуре 20 °С, для подбора вентилятора, определяется по формуле:

$$P_{yc} = 1,2 \cdot P_e / \rho_{\text{СУМ}}, \text{ Па} \quad (59)$$

$$P_{yc} = 1,2 \cdot 387,8 / 0,55 = 846 \text{ Па.}$$

Производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле:

$$L_B = 3600 \cdot G_{\text{СУМ}} / \rho_{\text{СУМ}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (60)$$

$$L_B = 3600 \cdot 10,05 / 0,55 = 65\,401 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

По данным параметрам подобран вентилятор ВРКУ-112-ДУ с электродвигателем W22, мощностью 37 кВт и 980 об/мин.

Расчет системы дымоудаления из коридоров делового центра выполнен аналогичным образом.

### **5.3 Расчет системы противодымной приточной вентиляции подземной автостоянки**

На 0 и -1 этаже подземной автостоянки имеются по 2 лестничных клетки, оснащенные тамбур-шлюзами. Кроме того, на -1 этаже имеются пассажирский лифт и пожарный лифт с -1 на 11 этаж, также оснащенные тамбур-шлюзами.

В рассматриваемой схеме противодымной приточной вентиляции исходим из условия равенства давления на уровне -7.550 стоянки всех систем подпора. За вычетом потерь давления в вентиляционной сети и потерь на всасывании вентиляторов, в объёме -1-го этажа стоянки можно принять баланс давления систем подпора в каждом тамбур-шлюзе. В соответствие с принятой расчётной моделью, состоянием дверей и ворот при пожаре, с учётом баланса притока и вытяжки на этаже пожара и рекомендаций производительность систем противодымной защиты тамбуров-шлюзов при пожаре равна сумме:

- общего количества воздуха, подаваемого во все четыре тамбура-шлюза подземной стоянки автомобилей одновременно, на этаже пожара с одной открытой дверью в каждом тамбуре-шлюзе, что, в свою очередь, равно расходу воздуха, удаляемому из системы дымоудаления автостоянки, в сумме с количеством воздуха, вытесняемого в общеобменную вентиляцию, при условии, что средняя скорость истечения воздуха через открытый дверной проем при совместном действии вытяжной противодымной вентиляции - не менее 1,3 м/с;

- расхода воздуха в остальные тамбуры-шлюзы 0 этажа подземной стоянки автомобилей с закрытыми клапанами вертикальных коллекторов систем подпора;

- утечек воздуха через неплотности воздухопроводов вентсети систем подпора.

По условию баланса притока и вытяжки на этаже пожара расход приточного воздуха системы ПД равен  $G_d$  (кг/с) суммарному притоку систем подпора на этаже пожара и равен количеству  $G_{d1}$  (кг/с) воздуха, удаляемому через дымовые клапаны системы дымоудаления, подсос воздуха через неплотности одной пары закрытых клапанов в соседнем резервуаре дыма на том же этаже  $G_e$ ,  $G_{ov}$  вытеснение приточного воздуха систем подпора в вентсеть общеобменной вентиляции.

$$G_{нодн} = 4 \cdot G_0 = G_{dl} + G_в + G_{ос}, \text{ кг/с.} \quad (61)$$

В таблице 16 представлены исходные данные для расчета приточной системы противодымной вентиляции.

Таблица 16 – Исходные данные для расчета

Обозначение	Наименование	Величина
$B$	Ширина большей из открываемых створок, м	0,90
$H_0$	Высота двери, м	2,20
$h$	Высота этажа, м	3,00
$\rho_в$	Плотность воздуха при температуре -26С, кг/м <sup>3</sup>	1,43
$G_{dl}$	Расход дыма через систему дымоудаления, кг/с	8,92
$G_в$	Подсос воздуха через неплотности закрытых клапанов в соседнем резервуаре дыма, кг/с	0,67

Вытеснение воздуха через неплотности закрытых клапанов вентсети общеобменной вентиляции подземной автостоянки, кг/с, определяется по формуле:

$$G_{ос} = a \cdot 0,0112 \cdot (A \cdot P) \cdot 0,5, \quad (62)$$

где  $a$  – количество закрытых клапанов, 6 шт.;

$A$  – площадь проходного сечения клапана, 0,3 м<sup>2</sup>;

$P$  – избыточное давление в объеме этажа пожара, Па.

Определяем избыточное давление в объеме этажа пожара, Па, по формуле:

$$P = 0,7 \cdot V \cdot \rho + 20, \quad (63)$$

где  $V$  – скорость ветра для холодного периода (параметры Б), 2 м/с;

$\rho$  – плотность воздуха при температуре -26°С, 1,43 кг/м<sup>3</sup>.

$$P = 0,7 \cdot 22 \cdot 1,43 + 20 = 24 \text{ Па.}$$

$$G_{в} = 6 \cdot 0,0112 \cdot (0,3 \cdot 24) \cdot 0,5 = 0,18 \text{ кг/с.}$$

$$G_{\text{нодн}} = 8,92 + 0,67 + 0,18 = 9,77 \text{ кг/с.}$$

Расход воздуха через дверь одного тамбур-шлюза,  $2,44 \text{ кг/с} = 1,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Определяем скорость в проёме открытой двери тамбура-шлюза на этаже пожара по формуле, м/с:

$$V = G_{\text{д}} / (B \cdot H_{\text{д}}). \quad (64)$$

$$V = 1,7 / (0,9 \cdot 2,2) = 0,86 \text{ м/с.}$$

Полученная скорость меньше минимальной скорости  $V_{\text{min}} = 1,3 \text{ м/с}$ , нормируемой в п. 7.15 (в) СП 7.13130.2013 [20]. Поэтому сделаем пересчет расхода воздуха на выполнение условия минимальной скорости.

$$G_{\text{д}} = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 2,2 = 2,57 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Пересчитываем расход через все двери тамбуров шлюзов:

$$G_{\text{nv}} = 4 \cdot 2,57 \cdot 1,43 = 14,7 \text{ кг/с.}$$

Принимаем, что излишки воздуха, подаваемые через систему подпора удаляются через открытые въездные ворота.

В тамбурах-шлюзах в качестве приточного клапана системы подпора на каждом этаже со -1-го по 0 на стене устанавливается дымовой клапан с вертикальной ориентацией наибольшей стороны, «стенowego» типа КПУ-ЛФ-Д с решёткой сечением 600x600. Клапан устанавливается непосредственно на вертикальном канале из листовой стали. Клапан применяется с электроприводом Belimo 220В.

$$\text{Площадь сечения клапана } A_{\text{к}} = 0,35 \text{ м}^2.$$

$$\text{Площадь сечения дымовой шахты, } A_{\text{ш}} = 0,36 \text{ м}^2.$$

$$\text{Массовая скорость воздуха в клапане, } V_{\text{к.р.}} = 10,59 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2.$$

Все двери тамбуров-шлюзов должны иметь автоматические устройства для их закрывания. В качестве таковых устройств использованы дверные доводчики. Доводчик оснащается пружиной с моментом усилия закрывания двери не менее 25 Н·м. Таким образом, избыточное давление, Па,

поддерживаемое дверью с доводчиком в закрытом тамбуре-шлюзе, вычисляется по формуле:

$$P_{изб} = 2 \cdot M / (H \cdot B_2), \quad (65)$$

где  $M$  – момент усилия закрытия двери доводчиком, 25 Н·м.

$$P_{изб} = 2 \cdot 25 / (2,2 \cdot 0,92) = 28,06 \text{ Па.}$$

Полученное давление выше минимального избыточного давления 20 Па для тамбуров-шлюзов, нормируемого согласно СП 7.13130.2013 [20]. Таким образом, если во все тамбуры-шлюзы с закрытыми клапанами подавать воздух в количестве, достаточном для компенсации утечек через неплотности закрытых дверей, то в них будет поддерживаться избыточное давление величиной не менее требуемого минимального 20 Па.

Расход приточного воздуха через неплотности закрытых дверей тамбура-шлюза определяем по формуле, кг/ч:

$$G_{Д,В} = G_y \cdot l_{Д,В} \cdot P_{изб} \cdot 0,5, \quad (66)$$

где  $G_y$  – удельный расход воздуха на 1 м длины притвора закрытой двери, 24 кг/(м·ч);

$l_{Д,В}$  – длина притвора двери, 6,2 м.

$$G_{Д,В} = 24 \cdot 6,2 \cdot 28,06 \cdot 0,5 = 788,2 \text{ кг/ч} = 0,22 \text{ кг/с.}$$

Определяем потери давления в открытом приточном дымовом клапане системы ПД на конечном участке по формуле, Па:

$$PI = (\zeta_1 + \zeta_2) \cdot V_{к.р.} / (2 \cdot \rho), \quad (67)$$

где  $\zeta_1$  – коэффициент сопротивления в месте врезки приточного дымового клапана в воздуховод, 2,5;

$\zeta_2$  – коэффициент сопротивления решетки и в месте присоединения клапана к воздуховоду, 0,3;

$V_{к.р.}$  – массовая скорость воздуха в сечении клапана, 10,59 кг/(с·м<sup>2</sup>);

$\rho$  – плотность воздуха при температуре -26 °С, 1,43 кг/м<sup>3</sup>.

$$P_1 = (2,5 + 0,3) \cdot 10,592 / (2 \cdot 1,43) = 109,8 \text{ Па.}$$

Определяем потери давления на трение и местные сопротивления от вентилятора до нижнего открытого клапана в воздуховодах из листовой стали системы ПД по формуле, Па:

$$P_2 = R_{mp} \cdot K_c \cdot l + E \cdot V_{u.p.} / 2\rho, \quad (68)$$

где  $R_{mp}$  – потери давления на трение, 0,13 Па/м;

$K_c$  – коэффициент для воздуховодов из строительных материалов, равен 1.

$l$  – длина воздуховодов, 18 м;

$E$  – сумма местных сопротивлений, 1,2;

$V_{u.p.}$  – усредненная массовая скорость приточного воздуха в воздуховодах, кг/(с·м<sup>2</sup>).

Усредненную массовую скорость приточного воздуха в воздуховодах определяется по формуле, кг/(с·м<sup>2</sup>):

$$V_{u.p.} = (G_d + G_{об} \cdot 0,6 \cdot (N - 1)) / S_{cp}, \quad (69)$$

где  $N$  – количество тамбур-шлюзов, 4 шт.;

$S_{cp}$  – усредненная площадь поперечного сечения воздуховода, 0,38 м<sup>2</sup>.

$$V_{u.p.} = (3,67 + 0,22 \cdot 0,6 \cdot (4 - 1)) / 0,38 = 10,7 \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

$$P_2 = 0,13 \cdot 1 \cdot 18 + 1,2 \cdot 10,72 / (2 \cdot 1,43) = 50,4 \text{ Па.}$$

Определяем давление, создаваемое вентилятором системы подпора по формуле:

$$P_{вен.к.} = P_c + P_1 + P_2 + E \cdot \rho \cdot V_2 / 2 + N \cdot h \cdot (\gamma_n - \gamma_w), \quad (70)$$

где  $P_c$  – потери давления в вентсети после вентилятора, Па, определяется в соответствии с п. 2.2;

$E$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

$\gamma_n - \gamma_{ш}$  – разность удельных весов наружного воздуха и воздуха в лестничной клетке, Н/м<sup>3</sup>;

$h$  – высота шахты, м.

$$P_{вен.к.} = 65 + 109,8 + 50,4 + 1,7 \cdot 1,43 \cdot 1,32 / 2 + 4 \cdot 9,5 \cdot 1,2 = 272 \text{ Па.}$$

Определяем производительность системы подпора ПД как сумму расхода воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз на этаже пожара, расхода воздуха в остальные тамбуры-шлюзы с закрытыми клапанами и утечки воздуха через неплотности воздуховодов по формуле, кг/с:

$$G_{сум} = G_{\partial} + G_{закр} + G_n, \quad (71)$$

где  $G_{\partial}$  – сумма расхода воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз на этаже пожара, кг/с;

$G_{закр}$  – расход через все приточные клапаны системы ПД тамбуров-шлюзов с закрытыми дверями, кг/с;

$G_n$  – утечки воздуха через неплотности воздуховодов вентсети при найденном давлении после вентилятора, кг/с.

$$G_{закр} = G_{\partial в} \cdot (N-1), \quad (72)$$

$$G_n = (G_1 \cdot \Pi_1 \cdot l_1) + (G_2 \cdot \Pi_2 \cdot l_2), \quad (73)$$

где  $G_1, G_2$  – удельный расход воздуха на 1 м<sup>2</sup> поверхности воздуховода, кг/(с·м<sup>2</sup>);

$\Pi_1, \Pi_2$  – периметры сечения воздуховодов всасывающего участка, м;

$l_1, l_2$  – длина всасывающего участка, м.

$$G_n = (0,0009 \cdot 2,4 \cdot 18) + (0,0009 \cdot 2,4 \cdot 5) = 0,05 \text{ кг/с.}$$

$$G_{закр} = 0,22 \cdot (4-1) = 0,66 \text{ кг/с.}$$

$$G_{сум} = 3,67 + 0,66 + 0,05 = 4,38 \text{ кг/с.}$$

Требуемое давление для подбора вентилятора с учетом запаса 20 % и плотностью воздуха при 20 °С равно 273 Па.

Требуемая производительность по воздуху для подбора вентилятора равна 13 140 м<sup>3</sup>/ч.

По данным параметрам подобран вентилятор FTDA-050-2-28 с электродвигателем W22, мощностью 3 кВт и 970 об/мин.

Расчет системы противодымной приточной вентиляции для лифтовых шахт и лестничной клетки типа НЗ выполнен аналогичным образом.

### Выводы по главе 5

Выпилено конструирование систем противодымной вентиляции офисной части делового центра и подземной автостоянки, выбраны принципиальные проектные решения. Рассчитаны количества удаляемого дыма по каждому дымовому резервуару здания, определены количества приточного воздуха для каждой системы подпора.

Произведены аэродинамические расчеты и определены размеры воздуховодов

Произведен расчет и подбор оборудования систем противодымной вентиляции.

## **6 Автоматизация системы вентиляции офисной части делового центра с подземной автостоянкой**

Системы вентиляции оснащаются средствами автоматического регулирования температуры и расхода воздуха, дистанционного управления и контроля.

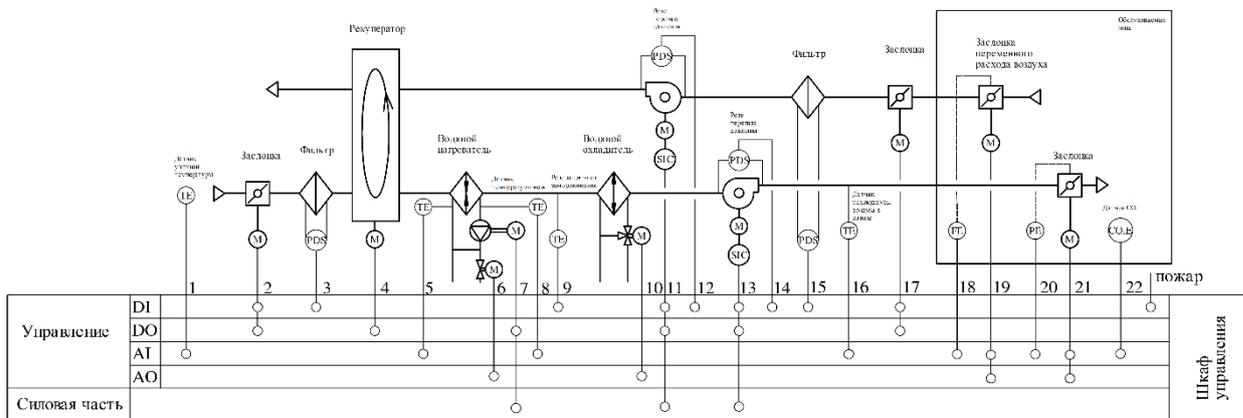
Основные функции, которые выполняются средствами автоматики:

- экономия энергетических ресурсов;
- поддержание стабильного режима и требуемых параметров;
- защита водяных воздухонагревателей от замораживания;
- регулирование температуры;
- регулирование расхода теплоносителя через воздухонагреватели и воздухоохладители приточных установок по датчику температуры воздуха в приточном канале;
- регулирование расхода воздуха через клапаны переменного расхода по датчикам CO<sub>2</sub>.

В приточно-вытяжных вентиляционных установках предусмотрено следующее:

- частотное регулирование производительности приточной и вытяжных вентиляционных установок;
- централизованный пуск и остановка систем вентиляции на щитах управления с дублированием запуска и остановки с пульта диспетчера;
- сигнализация неисправности по реле перепада давления на вентиляторе;
- сигнализация неисправности по концевым выключателям в приводе воздушной заслонки;
- сигнализация запыленности фильтра;
- ручное и автоматическое переключение холодного и теплого периодов года;
- мониторинг расхода воздуха на каждом потребителе.

На рисунке 18 представлена принципиальная схема автоматизации приточной установки. В таблице 17 приведен список элементов автоматики.



Типы сигналов для контроллеров:

- DI – дискретный вход
- DO – дискретный выход
- AI – аналоговый вход
- AO – аналоговый выход

Обозначения:

- М – электропривод, электродвигатель
- ТЕ – датчик температуры
- PDS – реле перепада давления
- SIC – частотный преобразователь
- FE – датчик расхода
- PE – датчик давления
- CO2E – датчик CO2

Рисунок 18 – Принципиальная схема автоматизации приточно-вытяжной вентиляционной установки офисной части здания.

Таблица 17 – Список элементов автоматики приточной установки

Номер на схеме	Элемент системы автоматики	Номер на схеме	Элемент системы автоматики
1	Датчик уличной температуры	12	Реле перепада давления на вентиляторе
2	Привод воздушной заслонки	13	Электродвигатель вентилятора с частотным преобразователем
3	Реле перепада давления на фильтре	14	Реле перепада давления на вентиляторе
4	Электродвигатель на роторном рекуператоре	15	Реле перепада давления на фильтре
5	Датчик температуры на подающем трубопроводе теплоснабжения	16	Датчик температуры приточного воздуха в канале
6	Привод двухходового клапана	17	Привод воздушной заслонки
7	Двигатель насоса	18	Датчик расхода воздуха
8	Датчик температуры на подающем трубопроводе теплоснабжения	19	Привод клапана переменного расхода воздуха
9	Термостат воздушонагревателя	20	Датчик давления воздуха
10	Привод трехходового клапана	21	Привод клапана переменного расхода воздуха
11	Электродвигатель вентилятора с частотным преобразователем	22	Датчик уровня углекислого газа

## 6.1 Описание работы

Воздух проходит через приемную секцию с заслонкой, очищаясь от пыли в секции фильтра, попадает в рекуператор, где происходит теплообмен с удаляемым воздухом. После этого воздух перемещается в секции воздушнонагревателя и воздухоохладителя. В зависимости от периода года и уличной температуры воздух нагревается или охлаждается в соответствующих секциях, далее под действием вентилятора воздух подается в систему воздуховодов к потребителям.

Потребитель представляет собой помещения со свободной планировкой. Подача и удаление воздуха регулируется в зависимости от показаний датчика CO<sub>2</sub> с помощью клапанов переменного расхода воздуха. Система регулирования и мониторинга устанавливается для каждого потребителя. Под изменяющуюся потребность в расходе воздуха подстраиваются вентиляторы в приточно-вытяжной установке, изменяя свою производительность с помощью частотного преобразователя.

От потребителей воздух поступает в вытяжную вентиляционную установку, предварительно очищаясь от пыли в фильтровальной секции, а затем под действием вентилятора, проходя через рекуператор и отдавая свое тепло поступающему приточному воздуху, выбрасывается наружу.

Приточная установка поддерживает температуру воздуха в канале по заданной уставке, для воздушнонагревателя 19 °С, Воздухоохладителя 21°С.

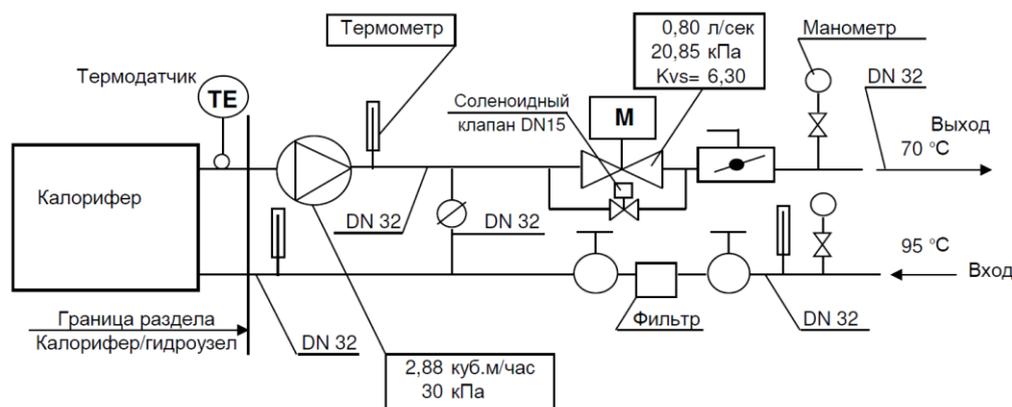
На узле воздушнонагревателя установлен циркуляционный насос [30] для поддержания постоянного расхода теплоносителя через теплообменник и двухходовой клапан [29] с переключкой для осуществления качественного регулирования теплопроизводительности.

На узле воздухоохладителя осуществляется качественное регулирование с помощью трехходового клапана. Циркуляцию холодоносителя осуществляется с помощью насосов [30], располагающихся в гидромодуле холодильной машины.

## 6.2 Подбор оборудования для приточной установки

По результатам расчета системы вентиляции выполнены подборы оборудования гидравлических узлов для воздухонагревателей и воздухоохладителей. Результаты расчетов для системы ПВ1 приведены на рисунках 19 и 20. Расчет гидравлических узлов для остальных приточно-вытяжных установок выполнен аналогичным способом.

Параметры компонентов обвязки калорифера системы		22 870 м <sup>3</sup> /час	
Расход воздуха (объемный)	6,35 м <sup>3</sup> /сек		
Расход воздуха (массовый)	7,62 кг/сек	Тепловая мощность, макс. из двух	
T° воздуха до калорифера	9,2 °С	Расчетная	Из программы EU-2000
T° воздуха после калорифера	20 °С	83,6	83,2 кВт
Теплопроизводительность	83,6 кВт		
T° воды тепловых линий	95 °С		
T° воды, подходящей к кал-ру	95 °С		
T° обратной воды	70 °С		
Удельная теплоемкость воды	4,1868 кДж/кг/°С		
Расход приточной воды	0,80 л/сек	2,88 куб.м/час	
Размер трубы тепловой линии	DN 32		
Расход воды в калорифере	0,80 л/сек	2,88 куб.м/час	
Размер трубы, подсоединяемой к калориферу	DN 32		
Падение давления на регулирующем клапане	16 кПа	Kv= 7,19	
Тип регулирующего клапана	VVG44.20-6.3	Kvs= 6,3	Δp= 21
Сопротивление калорифера	16 кПа	30 кПа	
Расход воды в калорифере	0,82 л/сек		



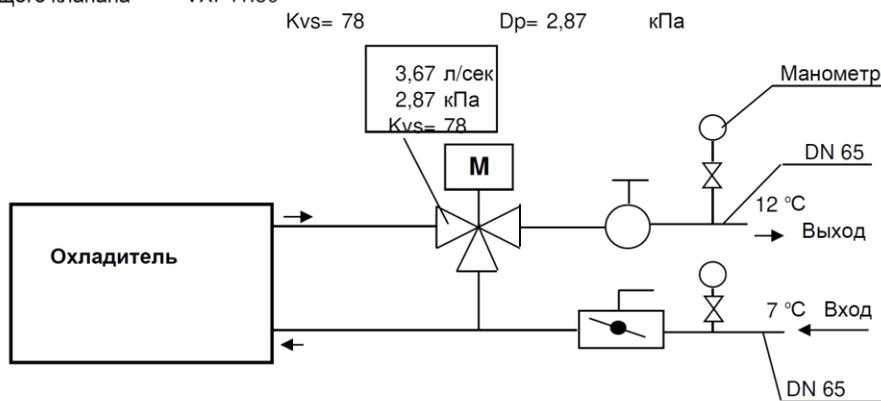
Наименование	Тип/размер	Кол-во
Насос	WILO TOP-S 25/5	1
Шаровый кран	DN 32 Ballomax	2
Фильтр-грязевик	DN 32 Danfoss	1
Балансировочный клапан	DN 32 Ballorex	1
Обратный клапан	DN 32 Danfoss	1
Термометры водяные		3
Манометр		2
Управляющий клапан	VVG44.20-6.3 L&S	1
Привод управляющего клапана	SQS65 L&S	1

Рисунок 19 – Результат расчета гидроузла воздухонагревателя в программе EU-2000

**Обязка охладителя системы**

22 870 м3/час

Холодопроизводительность	76,9 кВт	
T° входящей воды	7 °С	
T° выходящей воды	12 °С	
Содержание антифриза в %	0 %	
Удельная теплоемкость охлаждающей жидкости	4,19 кДж/кг/°С	
Расход охладж. жидкости	3,669 л/сек	13,21 куб.м/час
Размер трубы	DN 65	
Размер трубы, подсоединяемой к охладителю	<b>DN 80</b>	
Падение давления на регулирующем клапане	2,6 кПа	
Kv регулирующего клапана	81,91	
Тип регулирующего клапана	VXF41.80	



Наименование	Тип/размер	Кол-во
Кран шаровый	DN 65 Ballomax	1
Управляющий клапан	VXF41.80 L&S	1
Привод управляющего клапана	SKC62 L&S	1
Балансировочный кран	DN 65 Ballorex	1

Рисунок 20 – Результат расчета гидроузла воздухоохладителя в программе EU-2000

Список элементов автоматики, участвующих в регулировании работы приточно-вытяжной установки, приведен в таблице 18. Элементы автоматики подобраны по электронным каталогам фирм Belimo [28], Siemens [29] и ОВЕН [31].

Для каждого помещения подобраны клапаны переменного расхода воздуха типов ULSA [27] со встроенным измерителем расхода воздуха для вытяжных воздуховодов и ЕМРА [26] со встроенным измерителем давления для приточных воздуховодов, производства фирмы FlaktGroup (Швеция).

Таблица 18 – Элементы автоматики приточно-вытяжной установки ПВ1

Наименование	Тип	Изготовитель	Количество
Привод воздушной заслонки	SFA-S2	Belimo (Швейцария)	2
Реле перепада давления фильтра	РД30-ДД200	ОВЕН (Россия)	2
Реле перепада давления вентилятора	РД30-ДД1000	ОВЕН (Россия)	2
Датчик температуры канальный	ДТС3015- Pt100.B3.200	ОВЕН (Россия)	1
Датчик температуры уличный	ДТС125Л- Pt100.B3.60	ОВЕН (Россия)	1
Датчик температуры горячей воды	КДТС105- Pt100.B4.60	ОВЕН (Россия)	2
Термостат калорифера	QAF81.6	Siemens (Германия)	1
Управляющий клапан воздуонагревателя	VVG44.20-6.3	Siemens (Германия)	1
Привод клапана воздуонагревателя	SQS65	Siemens (Германия)	1
Управляющий клапан воздуоохладителя	VXF41.80	Siemens (Германия)	1
Привод клапана воздуоохладителя	SKC62	Siemens (Германия)	1
Насос узла воздуонагревателя	TOP-S 25/5	WILO (Германия)	1

### Выводы по главе 6

Запроектирована система управления и регулирования приточно-вытяжными установками. Приведена принципиальная схема автоматизации приточно-вытяжных установок для делового центра. Составлено описание работы элементов автоматики. Подобраны оборудование и элементы автоматики для систем вентиляции.

## 7 Энергоэффективность применения роторного рекуператора

Рекуператоры тепла используются как для подогрева, так и охлаждения приточного воздуха удаляемым, позволяя снизить мощность нагревающего и охлаждающего контуров приточной установки. [6].

В рекуператорах охлаждаемая и нагреваемая среды не смешиваются. В роторных рекуператорах допускается смешение сред в количестве не более 3% из-за особенности конструкции и принципа действия [19].

В проекте применены приточно-вытяжные системы с роторными рекуператорами, как наиболее предпочтительными с точки зрения эффективности утилизации тепловой энергии удаляемого воздуха, так и конструктивных особенностей.

Ниже приведен расчет энергосберегающего эффекта от применения роторного рекуператора в системе ПВ1 общеобменной вентиляции, как наиболее показательной.

Исходные данные:

- теплоступления в обслуживаемых помещений  $Q_{\text{я}} = 466$  кВт;
- теплотери в обслуживаемых помещений  $Q_{\text{пот}} = 143,3$  кВт;
- расходы приточного воздуха  $G_{\text{п}} = G_{\text{в}} = 6,35$  кг/с, принято равным для показательной оценки;
- влагосодержание приточного и наружного воздуха  $d_{\text{п}} = d_{\text{н1}} = 0,3$  г/кг;
- эффективность теплообменника утилизатора при равном расходе воздуха принято  $\varepsilon = 0,78$ , согласно данным производителя.
- расчетная температура наружного воздуха  $t_{\text{н}} = -26$  °С;
- расчетная температура наружного воздуха с учетом нагрева в вентиляторной секции:  $t_{\text{н1}} = -24,9$  °С;
- температура притока составляет  $t_{\text{п}} = 19$  °С.

Схема вентиляции с рекуператором представлена на рисунке 21.

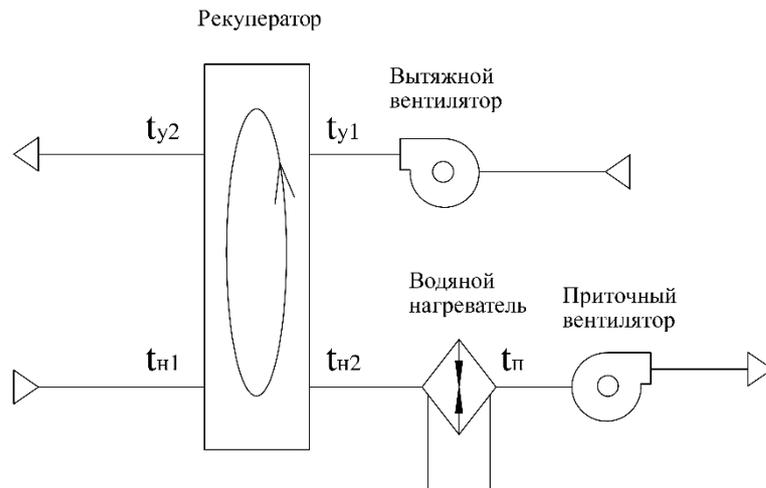


Рисунок 21 – Принципиальная схема системы вентиляции с рекуператором.

Уравнения тепловых балансов для рекуператора:

$$Q_{\text{ту}} = G_{\text{п}}(I_{\text{п}} - I_{\text{н}}) = G_{\text{у}}(I_{\text{у1}} - I_{\text{у2}}), \text{ кВт.} \quad (74)$$

$$G = (I_{\text{п}} - I_{\text{у1}}) + Q = 0;$$

$$-G = (I_{\text{у2}} - I_{\text{н1}}) + Q = 0.$$

Избыточная тепловая мощность в помещениях определяется по формуле:

$$\Delta Q = Q_{\text{я}} - Q_{\text{пот}}, \text{ кВт.} \quad (75)$$

$$\Delta Q = 466 - 143,3 = 322,7 \text{ кВт.}$$

Рассчитываются энтальпии влажного воздуха  $I_{\text{н1}}$ ,  $I_{\text{п}}$ ,  $I_{\text{у1}}$ .

$$I_{\text{н1}} = C_{\text{в}} t_{\text{н1}} + d_{\text{н}}(r_0 + C_{\text{п}} t_{\text{н1}}), \text{ кДж/кг с.в.} \quad (76)$$

где  $C$  – удельная теплоемкость воздуха кДж/ кг °С.

$$I_{\text{н1}} = 1,005 \cdot (-24,9) + 0,3 \cdot 10^{-3} (2500 + 1,807 \cdot (-24,9)) = -24,3 \text{ кДж/кг с.в.}$$

$$I_{\Pi} = C_{\text{В}} t_{\Pi} + d_{\Pi} (r_0 + C_{\Pi} t_{\Pi}), \text{ кДж/кг.} \quad (77)$$

$$I_{\Pi} = 1,005 \cdot 19 + 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot (2500 + 1,807 \cdot 19) = 19,85 \text{ кДж/кг.}$$

$$I_{y1} = \left( \frac{\Delta Q}{G} \right) + I_{\text{Н1}}, \text{ кДж/кг.} \quad (78)$$

$$I_{y1} = \left( \frac{322,7}{6,35} \right) + (-24,9) = 25,9 \text{ кДж/кг.}$$

Энергосберегающий эффект от применения рекуператора определяется по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{Э}} = G_{\Pi} \cdot \varepsilon (I_{y1} - I_{\text{Н1}}), \text{ кВт.} \quad (79)$$

$$\Sigma Q_{\text{Э}} = 6,35 \cdot 0,78 \cdot (25,9 - (-24,3)) = 248,64 \text{ кВт.}$$

Общий максимальный расход теплоты на вентиляцию определяется по формуле:

$$Q_{\text{В}} = 0,278 G c_{\text{В}} (t_{\text{К}} - t_{\text{Н}}) = \text{кВт } ^\circ\text{С}, \quad (80)$$

где  $t_{\text{К}}$ ,  $t_{\text{Н}}$  – соответственно конечная и начальная температуры воздуха.

$$Q_{\text{В}} = \frac{0,278 \cdot 1,2 \cdot 6,36 \cdot 1000 \cdot 1,005 \cdot (28 - (-33))}{1000} = 345 \text{ кВт } ^\circ\text{С.}$$

Выводы по главе 7

По результатам расчёта энергосберегающий эффект от применения рекуператора воздуха составляет 96,36 кВт, что равняется 28% от общей нагрузки на приточную установку. Таким образом применение рекуператора в системах вентиляции делового центра с подземной автостоянкой позволяет значительно экономить тепловую энергию на нагреве приточного воздуха.

## Заключение

При исследовании практики проектирования систем вентиляции для помещений офисов со свободной планировкой, стало очевидным, что применение клапанов переменного расхода воздуха становится вынужденной необходимостью для автоматического уравнивания давлений на ответвлениях у потребителей. В качестве повышения комфорта на рабочем месте возможно применение оборудования типа ChillBeam, охлаждающая балка, производства фирмы FlaktGroup, в котором сочетаются качества воздухораспределителя и охладителя воздуха. Одно помещение могут обслуживать несколько таких балок, при этом температура приточного воздуха может дополнительно охлаждаться во встроенных теплообменниках в балках, если необходимо.

В ходе патентного исследования выяснилось, что наиболее лучший центробежный вентилятор обладает такими свойствами, как бесшумность и легкость в изготовлении, с возможностью автоматизации работы и наиболее удачное сочетание геометрических характеристик рабочего колеса и корпуса, положительно влияющие на КПД в целом.

Запроектированная система отопления представляет собой две независимые ветки. Первая обслуживает офисную часть здания с 1 по 11 этажи. Вторая ветка обслуживает автостоянку, входную группу и технические помещения с -1 по 0 этажи. В результате проведенных расчетов были определены диаметры трубопроводов системы отопления, подобраны приборы отопления и циркуляционные насосы.

Запроектированная система вентиляции представляет собой шесть приточных и девять вытяжных систем, а также две воздушно-тепловые завесы. Определены размеры воздуховодов, подобрано вентиляционное оборудование, рассчитаны воздухораспределители.

Противодымная вентиляция состоит из четырех систем дымоудаления и семи систем подпора для компенсации удаляемого воздуха и обеспечении

безопасной эвакуации людей при пожаре. Определены размеры воздуховодов, подобрано технологическое оборудование.

Запроектирована система управления и регулирования приточно-вытяжными установками. Составлено описание работы элементов автоматики. Подобраны оборудование и элементы автоматики для систем вентиляции.

По результатам расчёта энергосберегающий эффект от применения рекуператора воздуха составляет 96,36 кВт, что равняется 28% от общей нагрузки на приточную установку. Таким образом применение рекуператора в системах вентиляции делового центра с подземной автостоянкой позволяет значительно экономить тепловую энергию на нагреве приточного воздуха.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Внутренние санитарно–технические устройства Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3ч. Ч. I. 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).
3. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» [Электронный ресурс] URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/>.
4. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608>.
5. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053>.
6. ГОСТ Р 59972-2021 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200182524>.
7. Долгошева О.Б. «Инженерное обеспечение помещений со свободной планировкой». Электронный журнал АВОК 2007 № 4 С. 8–17. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3626](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3626).
8. Каталог продукции ООО «КЗТО «Радиатор» [Электронный ресурс] URL: <https://kztoradiator.nt-rt.ru/images/showcase/price.pdf>.
9. ОНТП-01-91/РОСАВТОТРАНС «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005807>.

10. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий / Г.В. Русланов, М.Я. Розкин, Э.Л. Ямпольский – Киев: 1983. – 272 с.

11. Патент № 2047007 С1 Российская Федерация, МПК F04D 17/08. центробежный вентилятор : № 5025931/06 : заявл. 23.12.1991 : опубл. 27.10.1995 / В. Н. Макаров ; заявитель Научно-исследовательское, испытательное и проектное предприятие вентиляторостроения "Турмаш". – EDN ZPPQGT.

12. Патент № 2132970 С1 Российская Федерация, МПК F04D 17/08, F04D 29/44, F04D 29/66. центробежный вентилятор : № 98101027/06 : заявл. 21.01.1998 : опубл. 10.07.1999 / В. Г. Караджи. – EDN ZRMWPZ.

13. Патент № 2309299 С2 Российская Федерация, МПК F04D 17/08. Центробежный вентилятор : № 2005127620/06: заявл. 02.09.2005: опубл. 27.10.2007 / Н.И. Подлевский, Б.С. Хитрук, Т.Б. Абдрахманова, Б.П. Гарганеев; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-производственный центр «Полюс». – EDN FPXOOG.

14. СП 113.13330.2016 «Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\* (с Изменением №1)». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044290>.

15. СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092705>.

16. СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология» [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358>.

17. СП 300.1325800.2017 «Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок. Правила проектирования». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/555600218>.

18. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095525>.

19. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003 (с Поправкой)». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/573697256>.

20. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс] URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293785/4293785054.pdf>

21. СП 73.13330 ««СНиП 3.05.01-85 Внутренние санитарно-технические системы зданий»». [Электронный ресурс] URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293749/4293749802.pdf>.

22. Староверова. И.Г. Внутренние санитарно–технические устройства Ч. 1. Отопление. Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.

23. Титов В.П. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий / В.П. Титов, Э.В. Сазонов, Ю.С. Краснов – М.: Стройиздат, 1985. – 206 с.

24. ТСН 21-301-2001 г.Москвы (МГСН 5.01-01) «Стоянки легковых автомобилей». [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200016484>.

25. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] URL: <https://www.fips.ru>.

26. Электронный каталог клапанов типа EMPA фирмы «FlaktGroup». [Электронный ресурс] URL: <https://www.flaktgroup.com/en/products/air-management-atds/air-volume-dampers/pressure-control-vav/empa-pressure-controller>.

27. Электронный каталог клапанов типа ULSA фирмы «FlaktGroup». [Электронный ресурс] URL: <https://www.flaktgroup.com/uk/products/air-management-atds/air-volume-dampers/variable-air-volume-dampers/optivent-ultra-ulsa-vav-damper>.

28. Электронный каталог продукции фирмы «Belimo». [Электронный ресурс] URL: <https://www.belimo.ru>.

29. Электронный каталог продукции фирмы «Siemens». [Электронный ресурс] URL: <https://ru-siemens.com>.

30. Электронный каталог продукции фирмы «WILO». [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wilo-select.com/StartMain.aspx>.

31. Электронный каталог продукции фирмы «ОВЕН». [Электронный ресурс] URL: <https://owen.ru>.

32. Breezart «VAV-системы» URL: <http://www.breezart.ru/solutions/vav-systems/>.

33. FlaktGroup «Car parks: Understanding the need for ventilation». Архив электронных статей от 24.03.2020 URL: <https://www.flaktgroup.com/en/news/news-archive/2020/march/flaktgroup-car-parks-understanding-the-need-for-ventilation/>.

34. FlaktGroup «VAV CHILLED BEAMS Pi FUNCTION». Design guide. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.flaktgroup.com/api/v1/Documents/3fa047d6-aa74-4cf9-a308-77cf9285934c?analytics=0> (дата обращения: 10.04.2020).

35. Mohannad Bayoumi, Improving Natural Ventilation Conditions on Semi-Outdoor and Indoor Levels in Warm–Humid Climates, Buildings Journal, 2018.

36. Zijng Tan, Xiang Deng, Assessment of Natural Ventilation Potential for Residential Buildings across Different Climate Zones in Australia, Atmosphere Journal, 2017.

## Приложение А

### Теплопотери ограждающих конструкций

Таблица А.1 – Расчёт тепловых потерь помещений делового центра с подземной автостоянкой

№ помещения	Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Характеристика ограждения		Приведенное сопротивление теплопередаче R	Коэффициент теплопередачи ограждения $k, \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$	Температура наружного воздуха $t_{н}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент $n$	Расчетная разность температуры $(t_{в}-t_{н}), ^\circ\text{C}$	Основные теплопотери через ограждения, Вт	Добавочные теплопотери $\beta$			Коэффициент $(1+\sum\beta)$	Теплопотери помещения, Вт	Суммарные теплопотери Вт
			Наименование	Площадь $A, \text{м}^2$							сторона горизонта	На ориентацию по сторонам	Прочие			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>-1 этаж</b>																
-001	Венткамера	10	Нс	17,3	3,57	0,28	-28	1	38	184	3	0,05	0,05	1,1	203	<b>1347</b>
			Нс	12	3,57	0,28	-28	1	38	128	Ю	–	0,05	1,05	134	
			Нс в гр	29,3	5,01	0,20	-28	1	38	222	–	–	0,05	1,05	233	
			Вс	57	0,59	1,69	5	0,22	5	106	–	–	–	1	106	
			Вд	3,3	1,25	0,80	5	0,22	5	3	–	–	–	1	3	
			Пл по гр	96	5,46	0,18	-28	1	38	668	–	–	–	1	668	
-003	Л/клетка эвакуационная на улицу	5	Нс	10,9	3,57	0,28	-28	1	33	101	Ю	–	–	1	101	<b>319</b>
			Нс в гр	10,9	3,57	0,28	-28	1	28	85	–	–	–	1	85	
			Пл по гр	22	5,46	0,18	-28	1	33	133	–	–	–	1	133	
-004	Л/клетка эвакуационная на улицу	5	Нс	3,22	3,57	0,28	-28	1	33	30	Ю	–	–	1	30	<b>185</b>
			Нс в гр	3,22	5,01	0,20	-28	1	28	18	–	–	–	1	18	
			Пл по гр	22,7	5,46	0,18	-28	1	33	137	–	–	–	1	137	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
-005	Зависимая автостоянка на 51 м/место	5	Нс	9	3,57	0,28	-28	1	33	83	3	0,05	0,05	1,1	92	<b>16783</b>
			Нс	99	3,57	0,28	-28	1	33	915	Ю	—	0,1	1,1	1007	
			Нс	9,1	3,57	0,28	-28	1	33	84	В	0,1	0,1	1,2	101	
			Нс	120,8	3,57	0,28	-28	1	33	1117	С	0,1	0,1	1,2	1340	
			Нс в гр	9	5,01	0,20	-28	1	33	59	—	—	—	1	59	
			Нс в гр	99	5,01	0,20	-28	1	33	652	—	—	—	1	652	
			Нс в гр	9,1	5,01	0,20	-28	1	33	60	—	—	—	1	60	
			Нс в гр	120,8	5,01	0,20	-28	1	33	796	—	—	—	1	796	
			Нд	9	1,2	0,83	-28	1	33	248	3	0,05	12,231	13,281	3287	
Пл по гр	1553,6	5,46	0,18	-28	1	33	9390	—	—	—	1	9390				
-011	Венткамера	10	Нс	14,6	3,57	0,28	-28	1	38	156	В	0,1	0,05	1,15	179	<b>1230</b>
			Нс в гр	14,6	5,01	0,20	-28	1	38	111	—	—			0	
			Вс	47,7	0,59	1,69	5	0,22	5	89	—	—	0,05	1,05	93	
			Нс	17,1	3,57	0,28	-28	1	38	182	Ю	—	0,05	1,05	191	
			Нс в гр	17,1	5,01	0,20		1	10	34	—	—	—		0	
			Вс	59,7	0,59	1,69	5	0,22	5	111	—	—	0,05	1,05	117	
			Вд	3,3	1,2	0,83	5	0,22	5	3	—	—	—	1	3	
			Пг	84,81	1,66	0,60	5	0,22	5	56	—	—	—	1	56	
			Пл по гр	84,81	5,46	0,18	-28	1	38	590	—	—	—	1	590	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
-012	Венткамера	10	Нс	16,8	3,57	0,28	-28	1	38	179	С	0,1	0,05	1,15	206	<b>1620</b>
			Нс в гр	16,8	5,01	0,20	-28	1	38	128	—	—	—	1	128	
			Нс	14,4	3,57	0,28	-28	1	38	153	В	0,1	0,05	1,15	176	
			Нс в гр	14,4	5,01	0,20	-28	1	38	109	—	—	—	1	109	
			Вс	59,7	0,59	1,69	5	0,22	5	111	—	0,08	0,05	1,13	126	
			Вд	3,3	1,2	0,83	5	0,22	5	3	—	0,08	0,05	1,13	3	
			Пт	114,55	1,66	0,60	5	0,22	5	76	—	—	—	1	76	
Пл по гр	114,55	5,46	0,18	-28	1	38	797	—	—	—	1	797				
<b>0 этаж</b>																
001	Зависимая автостоянка на 27 м/место	5	Нс	6,5	3,57	0,28	-28	1	33	60	3	0,05	0,05	1,1	66	<b>6455</b>
			Нс	27,0	3,57	0,28	-28	1	33	249	Ю	—	0,1	1,1	274	
			Нс	34,4	3,57	0,28	-28	1	33	318	В	0,1	0,1	1,2	381	
			Нс	113,1	3,57	0,28	-28	1	33	1045	С	0,1	0,1	1,2	1255	
			Нс в гр	6,5	5,01	0,20	-28	1	33	43	—	—	—	1	43	
			Нс в гр	27,0	5,01	0,20	-28	1	33	178	—	—	—	1	178	
			Нс в гр	34,4	5,01	0,20	-28	1	33	226	—	—	—	1	226	
			Нс в гр	113,1	5,01	0,20	-28	1	33	745	—	—	—	1	745	
Нд	9	1,2	0,83	-28	1	33	248	3	0,05	12,231	13,281	3287				
003	Л/клетка эвакуационная на улицу	5	Нс	9,1	3,57	0,28	-28	1	33	84	Ю	—	—	1	84	<b>84</b>
004	Л/клетка эвакуационная на улицу	16	Нс	30	3,57	0,28	-28	1	44	370	Ю	—	—	1	370	<b>370</b>

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
006	Сплинкерная	5	Нс	74,2	3,57	0,28	-28	1	33	686	Ю	—	—	1	686	<b>730</b>
			Нд	1,6	1,2	0,83	-28	1	33	44	Ю	—	—	1	44	
007	Комната охраны, диспетчерская	20	Нс	8,7	3,57	0,28	-28	1	48	117	3	0,05	0,1	1,15	135	<b>2165</b>
			Нс	8,7	3,57	0,28	-28	1	48	117	Ю	—	0,05	1,05	123	
			До	24,5	0,7	1,43	-28	1	48	1680	—	0,05	—	1,05	1764	
			Вс	42,7	0,52	1,92	16	0,22	4	72	—	—	—	1	72	
			Пл	25,1	1,59	0,63	10	0,45	10	71	—	—	—	1	71	
008	Санузел	18	Нс	13	3,57	0,28	-28	1	46	168	Ю	—	—	1	168	<b>198</b>
			Пл	12,6	1,59	0,63	5	0,3	13	31	—	—	—	1	31	
009	Незадымляемая л/клетка тип Н1 с1по11 этажи	5	Нс	18,6	3,57	0,28	-28	1	33	172	В	0,1	—	1,1	189	<b>189</b>
010	Главная входная группа	16	Нс	31,1	3,57	0,28	-28	1	44	383	3	0,05	—	1,05	402	<b>1043</b>
			Нд	8,4	0,7	1,43	-28	1	44	528	3	0,05	—	1,05	554	
			Пл	27,6	1,59	0,63	5	0,45	11	86	—	—	—	1	86	
011	Узел ввода	5	Нс	20,5	3,57	0,28	-28	1	33	190	В	0,1	0,05	1,15	218	<b>552</b>
			Нс	34,4	3,57	0,28	-28	1	33	318	Ю	—	0,05	1,05	334	
012	Стойка администратора и гардеробная	16	Нс	30,9	3,57	0,28	-28	1	44	381	Ю	—	—	1	381	<b>994</b>
			До	8,3	0,7	1,43	-28	1	44	522	—	—	—	1	522	
			Пл	29,5	1,59	0,63	5	0,45	11	92	—	—	—	1	92	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
016	Вестибюль	16	Вс	147,8	0,52	1,92	5	0,45	11	1407	—	—	—	1	1407	2138
			Вд	6,6	1,2	0,83	5	0,45	11	27	—	—	—	1	27	
			Пл	226	1,59	0,63	5	0,45	11	704	—	—	—	1	704	
<b>1 этаж</b>																
101	Коридор	16	Пл	90	1,59	0,63	5	0,45	11	280	—	—	—	1	280	280
102	Тамбур-холл	16	Нс	20,2	3,57	0,28	-28	1	44	249	Ю	—	0,05	1,05	261	2566
			До	15,9	0,7	1,43	-28	1	44	999	Ю	—	—	1	999	
			Нд	3	1,2	0,83	-28	1	44	110	Ю	—	9,531	10,5	1158	
			Пл	47	1,59	0,63	5	0,45	11	146	—	—	—	1	146	
103	Л/клетка с -1,-2 этажей на 1 этаж	16	До	23,9	0,7	1,43	-28	1	44	1502	Ю	—	—	1	1502	1502
104	Л/клетка с 1,-1,-2 этажей на улицу	16	До	6,6	0,7	1,43	-28	1	44	415	Ю	—	—	1	415	465
			Пл	16,1	1,59	0,63	5	0,45	11	50	—	—	—	1	50	
106	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	16	Нс	9,4	3,57	0,28	-28	1	44	116	В	0,1	—	1,1	127	946
			Нд	5,7	1,2	0,83	-28	1	44	209	В	0,1	1	2,1	439	
			Вс	26,8	0,52	1,92	5	0,45	11	255	—	—	—	1	255	
			Пл	40,1	1,59	0,63	5	0,45	11	125	—	—	—	1	125	
107	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	46,9	3,57	0,28	-28	1	48	631	С	0,1	0,05	1,15	725	6172
			До	55,5	0,7	1,43	-28	1	48	3806	С	0,1	—	1,1	4186	
			Вс	37,9	0,52	1,92	16	0,22	4	64	—	—	—	1	64	
			Вд	6,2	1,2	0,83	16	0,22	4	5	—	—	—	1	5	
			Пл	188,6	1,59	0,63	5	0,67	15	1192	—	—	—	1	1192	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
108	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	26,6	3,57	0,28	-28	1	48	358	С	0,1	—	1,1	393	5125
			До	46,2	0,7	1,43	-28	1	48	3168	С	0,1	—	1,1	3485	
			Вс	67,2	0,52	1,92	16	0,22	4	114	—	—	—	1	114	
			Вд	5,3	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
			Пл	178,6	1,59	0,63	5	0,67	15	1129	—	—	—	1	1129	
109	Выставочный зал образцов	20	Нс	31,9	3,57	0,28	-28	1	48	429	С	0,1	0,05	1,15	493	6242
			До	60,1	0,7	1,43	-28	1	48	4121	С	0,1	—	1,1	4533	
			Вс	43,9	0,52	1,92	16	0,22	4	74	—	—	—	1	74	
			Вд	4,6	1,2	0,83	16	0,22	4	3	—	—	—	1	3	
			Пл	180	1,59	0,63	5	0,67	15	1138	—	—	—	1	1138	
110	Электрощитовая	5	Нс	16,5	3,57	0,28	-28	1	33	153	В	0,1	0,05	1,15	175	1607
			До	27,6	0,7	1,43	-28	1	33	1301	В	0,1	—	1,1	1431	
111	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	8,2	3,57	0,28	-28	1	48	110	Ю	—	—	1	110	4356
			До	45,7	0,7	1,43	-28	1	48	3134	—	—	—	1	3134	
			Вс	69,5	0,52	1,92	16	0,22	4	118	—	—	—	1	118	
			Вд	9,2	1,2	0,83	16	0,22	4	7	—	—	—	1	7	
			Пл	156,3	1,59	0,63	5	0,67	15	988	—	—	—	1	988	
112	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	1,3	3,57	0,28	-28	1	48	17	Ю	—	—	1	17	3449
			До	39,4	0,7	1,43	-28	1	48	2702	Ю	—	—	1	2702	
			Вс	58,5	0,52	1,92	16	0,22	4	99	—	—	—	1	99	
			Вд	5,7	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
			Пл	99,2	1,59	0,63	5	0,67	15	627	—	—	—	1	627	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
114	Санузел мужской	18	До	7,9	0,7	1,43	-28	1	46	519	Ю	–	–	1	519	<b>519</b>
116	Уборочный инвентарь	18	До	8,2	0,7	1,43	-28	1	46	539	Ю	–	–	1	539	<b>539</b>
117	Санузел мужской	18	Нс	8,2	3,57	0,28	-28	1	46	106	В	0,1	–	1,1	116	<b>254</b>
			Пл	18,2	1,59	0,63	5	0,67	13	100	–	–	–	1	100	
118	Санузел женский с комнатой гигиены	18	Нс	7,9	3,57	0,28	-28	1	46	102	В	0,1	–	1,1	112	<b>212</b>
			Пл	18,3	1,59	0,63	5	0,67	13	100	–	–	–	1	100	
122	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	2,5	3,57	0,28	-28	1	48	34	3	0,05	0,05	1,1	37	<b>5667</b>
			До	28,4	0,7	1,43	-28	1	48	1946	3	0,05	–	1,05	2044	
			До	50,4	0,7	1,43	-28	1	48	3457	Ю	–	–	1	3457	
			Вс	26,1	0,52	1,92	16	0,22	4	44	–	–	–	1	44	
			Вд	2,9	1,2	0,83	16	0,22	4	2	–	–	–	1	2	
			Пл	149,1	1,59	0,63	16	0,22	4	83	–	–	–	1	83	
123	Серверные №1	20	Нс	4,4	3,57	0,28	-28	1	48	59	С	0,1	–	1,1	65	<b>808</b>
			До	7,6	0,7	1,43	-28	1	48	521	С	0,1	–	1,1	573	
			Вс	10,2	0,52	1,92	16	0,22	4	17	–	–	–	1	17	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	–	–	–	1	1	
			Пл	23,9	1,59	0,63	5	0,67	15	151	–	–	–	1	151	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
124	Серверные №2	20	Нс	4,4	3,57	0,28	-28	1	48	59	С	0,1	—	1,1	65	<b>808</b>
			До	7,6	0,7	1,43	-28	1	48	521	С	0,1	—	1,1	573	
			Вс	10,2	0,52	1,92	16	0,22	4	17	—	—	—	1	17	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	—	—	—	1	1	
			Пл	23,9	1,59	0,63	5	0,67	15	151	—	—	—	1	151	
125	Коридор	16	Пл	39,7	1,59	0,63	5	0,45	11	124	—	—	—	1	124	<b>124</b>
<b>со 2 по 9 этажи</b>																
202	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	16	Нс	8	3,57	0,28	-28	1	44	99	Ю	—	—	1	99	<b>1104</b>
			До	16	0,7	1,43	-28	1	44	1006	Ю	—	—	1	1006	
203	Санузел мужской	18	Нс	8,2	3,57	0,28	-28	1	46	106	В	0,1	—	1,1	116	<b>116</b>
204	Санузел женский с комнатой	18	Нс	7,9	3,57	0,28	-28	1	46	102	В	0,1	—	1,1	112	<b>112</b>
206	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	16	Нс	9,4	3,57	0,28	-28	1	44	116	В	0,1	—	1,1	127	<b>357</b>
			Нд	5,7	1,2	0,83	-28	1	44	209	В	0,1	—	1,1	230	
207	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	64,6	3,57	0,28	-28	1	48	869	С	0,1	0,05	1,15	999	<b>3919</b>
			До	37,8	0,7	1,43	-28	1	48	2592	С	0,1	—	1,1	2851	
			Вс	37,9	0,52	1,92	16	0,22	4	64	—	—	—	1	64	
			Вд	6,2	1,2	0,83	16	0,22	4	5	—	—	—	1	5	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
208	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	41	3,57	0,28	-28	1	48	551	С	0,1	—	1,1	606	3100
			До	31,5	0,7	1,43	-28	1	48	2160	С	0,1	—	1,1	2376	
			Вс	67,2	0,52	1,92	16	0,22	4	114	—	—	—	1	114	
			Вд	5,3	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
209	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	39,7	3,57	0,28	-28	1	48	534	С	0,1	0,05	1,15	614	4561
			До	51,3	0,7	1,43	-28	1	48	3518	С	0,1	—	1,1	3869	
			Вс	43,9	0,52	1,92	16	0,22	4	74	—	—	—	1	74	
			Вд	4,6	1,2	0,83	16	0,22	4	3	—	—	—	1	3	
210	Административное помещение	20	Нс	32,4	3,57	0,28	-28	1	48	436	В	0,1	0,05	1,15	501	1455
			До	11,7	0,7	1,43	-28	1	48	802	В	0,1	—	1,1	883	
			Вс	41,2	0,52	1,92	16	0,22	4	70	—	—	—	1	70	
			Вд	2,9	1,2	0,83	16	0,22	4	2	—	—	—	1	2	
211	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	41,9	3,57	0,28	-28	1	48	563	3	0,05	0,05	1,1	620	1615
			До	12,6	0,7	1,43	-28	1	48	864	Ю	—	—	1	864	
			Вс	75,4	0,52	1,92	16	0,22	4	128	—	—	—	1	128	
			Вд	4,6	1,2	0,83	16	0,22	4	3	—	—	—	1	3	
212	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	20,9	3,57	0,28	-28	1	48	281	Ю	—	—	1	281	3977
			До	48,3	0,7	1,43	-28	1	48	3312	Ю	—	—	1	3312	
			Нд	3,3	0,7	1,43	-28	1	48	226	Ю	—	—	1	226	
			Вс	90,7	0,52	1,92	16	0,22	4	153	—	—	—	1	153	
			Вд	5,7	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
214	Санузел мужской	18	Нс	2,6	3,57	0,28	-28	1	46	34	Ю	—	—	1	34	382
			До	5,3	0,7	1,43	-28	1	46	348	Ю	—	—	1	348	
216	Уборочный инвентарь	18	Нс	2,9	3,57	0,28	-28	1	46	37	Ю	—	—	1	37	405
			До	5,6	0,7	1,43	-28	1	46	368	Ю	—	—	1	368	
223	Серверная №1	20	Нс	6,6	3,57	0,28	-28	1	48	89	С	0,1	—	1,1	98	358
			До	3,2	0,7	1,43	-28	1	48	219	С	0,1	—	1,1	241	
			Вс	10,2	0,52	1,92	16	0,22	4	17	—	—	—	1	17	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	—	—	—	1	1	
224	Серверная №2	20	Нс	7,2	3,57	0,28	-28	1	48	97	С	0,1	—	1,1	106	600
			До	6,3	0,7	1,43	-28	1	48	432	С	0,1	—	1,1	475	
			Вс	10,2	0,52	1,92	16	0,22	4	17	—	—	—	1	17	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	—	—	—	1	1	
226	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	52	3,57	0,28	-28	1	48	699	3	0,05	0,05	1,1	769	3982
			До	41	0,7	1,43	-28	1	48	2811	3	0,05	—	1,05	2952	
			Нд	3,1	0,7	1,43	-28	1	48	213	В	0,01	—	1,01	215	
			Вс	26,1	0,52	1,92	16	0,22	4	44	—	—	—	1	44	
			Вд	2,9	1,2	0,83	16	0,22	4	2	—	—	—	1	2	
<b>10 этаж</b>																
1001	Коридор	16	Нс	5	3,57	0,28	-28	1	44	62	Ю	—	—	1	62	344
			До	4,5	0,7	1,43	-28	1	44	283	Ю	—	—	1	283	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1002	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	16	Нс	2,3	3,57	0,28	-28	1	44	28	Ю	—	—	1	28	160
			До	2,1	0,7	1,43	-28	1	44	132	Ю	—	—	1	132	
1004	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	16	Нс	9,4	3,57	0,28	-28	1	44	116	В	0,1	—	1,1	127	367
			Нд	5,7	1,2	0,83	-28	1	44	209	В	0,1	—	1,1	230	
1007	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	60,6	3,57	0,28	-28	1	48	815	С	0,1	0,05	1,15	937	4160
			До	40,1	0,7	1,43	-28	1	48	2750	С	0,1	—	1,1	3025	
			Нд	1,8	0,7	1,43	-28	1	48	123	3	0,05	—	1,05	130	
			Вс	38,4	0,52	1,92	16	0,22	4	65	—	—	—	1	65	
			Вд	5,7	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
1008	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	41,3	3,57	0,28	-28	1	48	555	С	0,1	—	1,1	611	3104
			До	31,5	0,7	1,43	-28	1	48	2160	С	0,1	—	1,1	2376	
			Вс	67,2	0,52	1,92	16	0,22	4	114	—	—	—	1	114	
			Вд	5,3	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
1009	Технические помещения (венткамеры и т.д.)	10	Нс	60,6	3,57	0,28	-28	1	38	645	С	0,1	0,05	1,15	742	2988
			До	37,8	0,7	1,43	-28	1	38	2052	С	0,1	—	1,1	2257	
			Нд	1,8	0,7	1,43	-28	1	38	98	В	0,1	—	1,1	107	
			Вс	44,5	0,52	1,92	16	0,22	-6	-113	—	—	—	1	-113	
			Вд	4,6	1,2	0,83	16	0,22	-6	-5	—	—	—	1	-5	
1010	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	20,6	3,57	0,28	-28	1	48	277	Ю	—	—	1	277	1706
			До	18,8	0,7	1,43	-28	1	48	1289	Ю	—	—	1	1289	
			Вс	80,4	0,52	1,92	16	0,22	4	136	—	—	—	1	136	
			Вд	4,6	1,2	0,83	16	0,22	4	3	—	—	—	1	3	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1011	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	51,7	3,57	0,28	-28	1	48	695	В	0,1	0,1	1,2	834	2597
			До	22,4	0,7	1,43	-28	1	48	1536	В	0,1	—	1,1	1690	
			Вс	41,9	0,52	1,92	16	0,22	4	71	—	—	—	1	71	
			Вд	2,9	1,2	0,83	16	0,22	4	2	—	—	—	1	2	
1012	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	31	3,57	0,28	-28	1	48	417	Ю	—	—	1	417	4871
			До	62	0,7	1,43	-28	1	48	4251	Ю	—	—	1	4251	
			Вс	117,1	0,52	1,92	16	0,22	4	198	—	—	—	1	198	
			Вд	5,7	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
1022	Серверная №1	20	Нс	4,4	3,57	0,28	-28	1	48	59	С	0,1	—	1,1	65	325
			До	3,2	0,7	1,43	-28	1	48	219	С	0,1	—	1,1	241	
			Вс	10,2	0,52	1,92	16	0,22	4	17	—	—	—	1	17	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	—	—	—	1	1	
1023	Серверная №2	20	Нс	9,5	3,57	0,28	-28	1	48	128	С	0,1	—	1,1	141	634
			До	6,3	0,7	1,43	-28	1	48	432	С	0,1	—	1,1	475	
			Вс	10,2	0,52	1,92	16	0,22	4	17	—	—	—	1	17	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	—	—	—	1	1	
1026	Санузел мужской	18	Нс	8,2	3,57	0,28	-28	1	46	106	В	0,1	—	1,1	116	116
1028	Уборочный инвентарь	18	Нс	7,9	3,57	0,28	-28	1	46	102	В	0,1	0,05	1,15	117	117

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1029	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	58,8	3,57	0,28	-28	1	48	791	3	0,05	0,05	1,1	870	<b>5013</b>
			До	55,1	0,7	1,43	-28	1	48	3778	3	0,05	—	1,05	3967	
			Нд	1,8	0,7	1,43	-28	1	48	123	3	0,05	—	1,05	130	
			Вс	26,4	0,52	1,92	16	0,22	4	45	—	—	—	1	45	
			Вд	2,9	1,2	0,83	16	0,22	4	2	—	—	—	1	2	
<b>11 этаж</b>																
1101	Коридор	16	Пг	181,1	5,07	0,20	-28	1	44	1572	—	—	—	1	1572	<b>1572</b>
1102	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	16	Нс	2,9	3,57	0,28	-28	1	44	36	Ю	—	—	1	36	<b>441</b>
			До	2,9	0,7	1,43	-28	1	44	182	Ю	—	—	1	182	
			Пг	25,7	5,07	0,20	-28	1	44	223	—	—	—	1	223	
1104	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	16	Нс	14,4	3,57	0,28	-28	1	44	177	В	0,1	—	1,1	195	<b>698</b>
			Нд	5,7	1,2	0,83	-28	1	44	209	В	0,1	—	1,1	230	
			Пг	31,4	5,07	0,20	-28	1	44	273	—	—	—	1	273	
1106	Коридор	16	Нс	6,3	3,57	0,28	-28	1	44	78	Ю	—	—	1	78	<b>816</b>
			До	6,3	0,7	1,43	-28	1	44	396	Ю	—	—	1	396	
			Пг	39,5	5,07	0,20	-28	1	44	343	—	—	—	1	343	
1107	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	68,3	3,57	0,28	-28	1	48	918	С	0,1	0,05	1,15	1056	<b>8159</b>
			До	68,3	0,7	1,43	-28	1	48	4683	С	0,1	—	1,1	5152	
			Вс	82,5	0,52	1,92	16	0,22	4	140	—	—	—	1	140	
			Вд	5,7	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
			Пг	190,9	5,07	0,20	-28	1	48	1807	—	—	—	1	1807	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1108	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	58,8	3,57	0,28	-28	1	48	791	С	0,1	—	1,1	870	<b>7559</b>
			До	58,8	0,7	1,43	-28	1	48	4032	С	0,1	—	1,1	4435	
			Вс	112,3	0,52	1,92	16	0,22	4	190	—	—	—	1	190	
			Вд	5,3	1,2	0,83	16	0,22	4	4	—	—	—	1	4	
			Пг	217,6	5,07	0,20	-28	1	48	2060	—	—	—	1	2060	
1110	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	25,6	3,57	0,28	-28	1	48	344	Ю	—	—	1	344	<b>3827</b>
			До	25,6	0,7	1,43	-28	1	48	1755	Ю	—	—	1	1755	
			Вс	101,6	0,52	1,92	16	0,22	4	172	—	—	—	1	172	
			Вд	4,6	1,2	0,83	16	0,22	4	3	—	—	—	1	3	
			Пг	163,9	5,07	0,20	-28	1	48	1552	—	—	—	1	1552	
1111	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	47,3	3,57	0,28	-28	1	48	636	В	0,1	0,05	1,15	731	<b>2578</b>
			До	17,9	0,7	1,43	-28	1	48	1227	В	0,1	—	1,1	1350	
			Вс	48	0,52	1,92	16	0,22	4	81	—	—	—	1	81	
			Вд	2,9	1,2	0,83	16	0,22	4	2	—	—	—	1	2	
			Пг	43,6	5,07	0,20	-28	1	48	413	—	—	—	1	413	
1112	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	62,2	3,57	0,28	-28	1	48	836	Ю	—	—	1	836	<b>8208</b>
			До	62,2	0,7	1,43	-28	1	48	4265	Ю	—	—	1	4265	
			Вс	159,4	0,52	1,92	16	0,22	4	270	—	—	—	1	270	
			Вд	8,6	1,2	0,83	16	0,22	4	6	—	—	—	1	6	
			Пг	299	5,07	0,20	-28	1	48	2831	—	—	—	1	2831	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1123	Серверная №1	20	Нс	5	3,57	0,28	-28	1	48	67	С	0,1	—	1,1	74	<b>772</b>
			До	5	0,7	1,43	-28	1	48	343	С	0,1	—	1,1	377	
			Вс	73,8	0,52	1,92	16	0,22	4	125	—	—	—	1	125	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	—	—	—	1	1	
			Пг	20,6	5,07	0,20	-28	1	48	195	—	—	—	1	195	
1125	Коридор	16	Нс	6,3	3,57	0,28	-28	1	44	78	С	0,1	—	1,1	85	<b>312</b>
			Нд	1,8	1,2	0,83	-28	1	44	66	С	0,1	—	1,1	73	
			Пг	17,8	5,07	0,20	-28	1	44	154	—	—	—	1	154	
1124	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	25,8	3,57	0,28	-28	1	48	347	С	0,1	—	1,1	382	<b>3288</b>
			До	25,8	0,7	1,43	-28	1	48	1769	С	0,1	—	1,1	1946	
			Вс	32,8	0,52	1,92	16	0,22	4	56	—	—	—	1	56	
			Вд	1,8	1,2	0,83	16	0,22	4	1	—	—	—	1	1	
			Пг	95,4	5,07	0,20	-28	1	48	903	—	—	—	1	903	
1127	Санузел мужской	18	Нс	10,9	3,57	0,28	-28	1	46	140	В	0,1	—	1,1	154	<b>320</b>
			Пг	18,2	5,07	0,20	-28	1	46	165	—	—	—	1	165	
1129	Уборочный инвентарь	18	Нс	10,5	3,57	0,28	-28	1	46	135	В	0,1	0,05	1,15	156	<b>211</b>
			Пг	6,1	5,07	0,20	-28	1	46	55	—	—	—	1	55	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1131	Блок офисных помещений свободной планировки	20	Нс	77,3	3,57	0,28	-28	1	48	1039	3	0,05	0,05	1,1	1143	<b>8706</b>
			До	77,3	0,7	1,43	-28	1	48	5301	3	0,05	—	1,05	5566	
			Вс	36,2	0,52	1,92	16	0,22	4	61	—	—	—	1	61	
			Вд	2,9	1,2	0,83	16	0,22	4	2	—	—	—	1	2	
			Пг	204,2	5,07	0,20	-28	1	48	1933	—	—	—	1	1933	
1109	Котельная	10	Нс	28	3,57	0,28	-28	1	48	376	С	0,1	0,05	1,15	433	<b>3282</b>
			До	28	0,7	1,43	-28	1	48	1920	С	0,1	—	1,1	2112	
			Нд	1,8	1,2	0,83	-28	1	44	66	С	0,1	—	1,1	73	
			Пг	70,2	5,07	0,20	-28	1	48	665	—	—	—	1	665	

## Приложение Б

### Расчет системы отопления

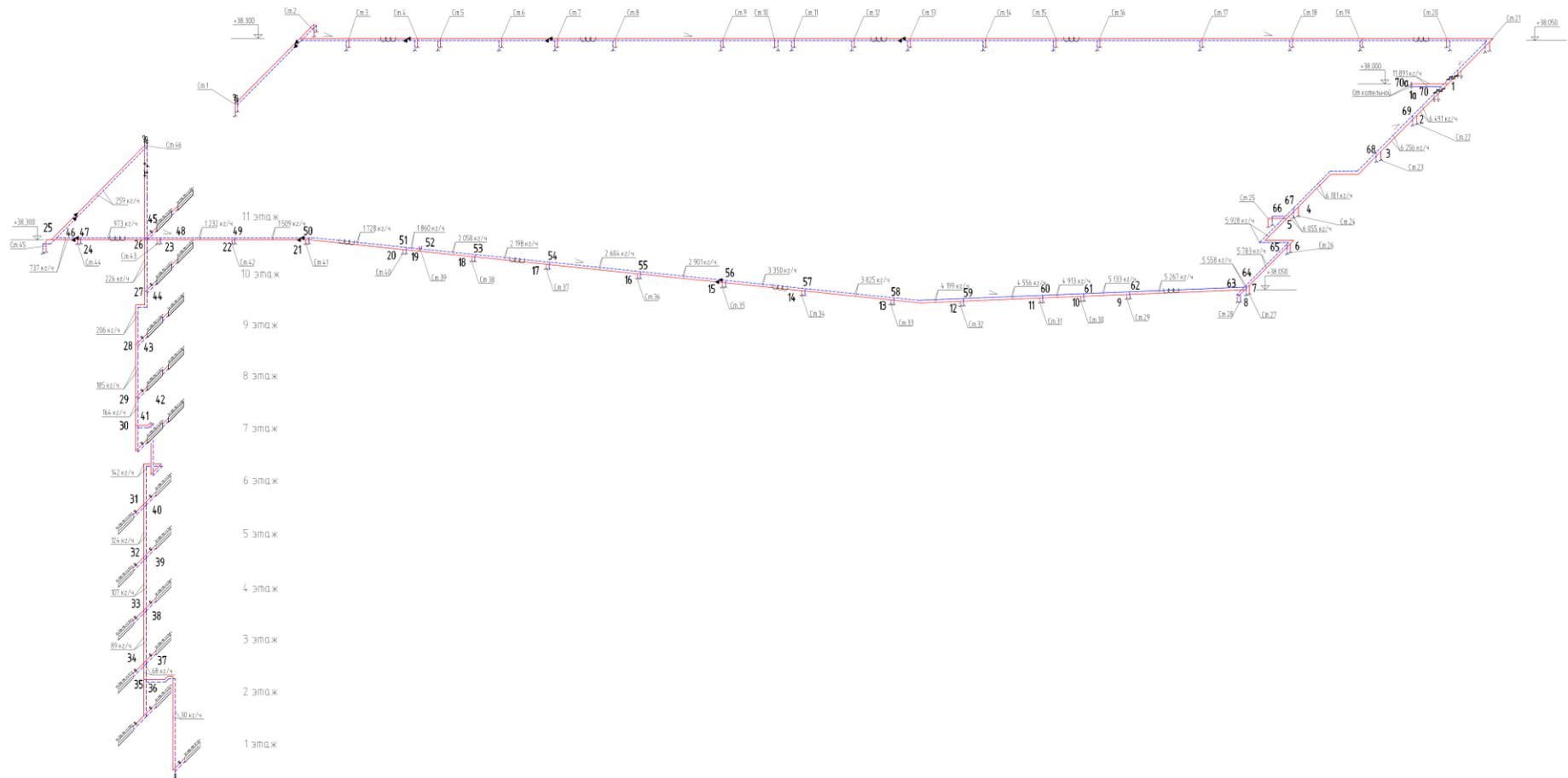


Рисунок Б.1 – Аксонометрическая схема системы отопления офисной части здания для гидравлического расчета

Продолжение Приложения Б

Таблица Б.1 - Гидравлический расчет системы отопления этажей с 1 по 11

№ участка	G, кг/ч	l, м	d, мм	R, Па/м	w, м/с	R·l, Па	$\frac{\rho \cdot w^2}{2}$ , Па	ζ	Z, Па	R·l+Z, Па	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1а-1	11 891	2,4	100	20	0,4	48	79,2	2	158	206	тройник на отвод, задвижка
1-2	6 491	2,9	80	18	0,336	52	55,9	1	56	108	тройник на проход
2-3	6 256	3,3	80	17	0,326	56	52,6	1	53	109	тройник на проход
3-4	6 181	6,9	80	16	0,316	110	49,4	2	99	209	тройник на проход, два отвода
4-5	6 055	1	80	15	0,311	15	47,9	1	48	63	тройник на проход
5-6	5 928	4,2	80	15	0,307	63	46,7	2	93	156	тройник на проход, два отвода
6-7	5 783	3,8	65	34	0,418	129	86,5	1	86	216	тройник на проход
7-8	5 558	0,4	65	32	0,405	13	81,2	1,5	122	135	тройник на отвод
8-9	5 267	7,7	65	28	0,379	216	71,1	1	71	287	тройник на проход
9-10	5 133	3	65	28	0,377	84	70,4	1	70	154	тройник на проход
10-11	4 913	2,7	65	25	0,355	68	62,4	1	62	130	тройник на проход
11-12	4 556	5,2	65	22	0,333	114	54,9	1	55	169	тройник на проход
12-13	4 199	4,5	65	19	0,301	86	44,8	1,5	67	153	тройник на проход, отвод
13-14	3 825	5,9	65	15,5	0,277	91	38,0	1	38	129	тройник на проход

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14-15	3 350	5,25	65	12	0,242	63	29,0	1	29	92	тройник на проход
15-16	2 901	5,6	50	40	0,376	224	70,0	1	70	294	тройник на проход
16-17	2 604	6	50	36	0,351	216	61,0	1	61	277	тройник на проход
17-18	2 198	4,9	50	26	0,296	127	43,4	1	43	171	тройник на проход
18-19	2 058	3,5	50	22	0,271	77	36,4	1	36	113	тройник на проход
19-20	1 860	1,1	50	19	0,25	21	30,9	1	31	52	тройник на проход
20-21	1 728	6,4	40	55	0,373	352	68,9	1,5	103	455	тройник на проход, отвод
21-22	1 509	4,9	40	42	0,324	206	52,0	1	52	258	тройник на проход
22-23	1 232	4,9	40	28	0,262	137	34,0	1	34	171	тройник на проход
23-24	973	5,25	32	45	0,295	236	43,1	1	43	279	тройник на проход
24-25	737	1,8	32	28	0,23	50	26,2	1,5	39	90	тройник на отвод
25-26	259	14,8	25	10,5	0,119	155	7,0	1,5	11	168	тройник на проход, отвод, кран, клапан
26-27	226	3,45	20	35	0,184	121	16,8	1	17	138	тройник на проход
27-28	206	4	20	28	0,168	112	14,0	2	28	140	тройник на проход, два отвода
28-29	185	3,45	20	24	0,151	83	11,3	1	11	94	тройник на проход
29-30	164	1,8	20	19	0,133	34	8,8	4,5	39	74	крестовина на проход, пять отводов
30-31	142	9,24	20	12,3	0,108	114	5,8	2	12	125	крестовина на проход

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31-32	124	3,45	15	90	0,228	311	25,7	2	51	362	крестовина на проход
32-33	107	3,45	15	69	0,198	238	19,4	2	39	277	крестовина на проход
33-34	89	3,45	15	49	0,164	169	13,3	2	27	196	крестовина на проход
34-35	68	1,1	15	30	0,126	33	7,9	1,5	12	45	тройник на отвод
35-36	30	23,28	15	5	0,057	116	1,6	10,8	17	134	отвод - 8 шт., тройник на отвод - 2 шт., прибор, термостат, шаровый кран - 2 шт.
36-37	68	1,1	15	30	0,126	33	7,9	1,5	12	45	тройник на отвод
37-38	89	3,45	15	49	0,164	169	13,3	2	27	196	крестовина на проход
38-39	107	3,45	15	69	0,198	238	19,4	2	39	277	крестовина на проход
39-40	124	3,45	15	90	0,228	311	25,7	2	51	362	крестовина на проход
40-41	142	9,24	20	12,3	0,108	114	5,8	2	12	125	крестовина на проход
41-42	164	1,8	20	19	0,133	34	8,8	4,5	39	74	крестовина на проход, пять отводов
42-43	185	3,45	20	24	0,151	83	11,3	1	11	94	тройник на проход
43-44	206	4	20	28	0,168	112	14,0	2	28	140	тройник на проход, два отвода
44-45	226	3,45	20	35	0,184	121	16,8	1	17	138	тройник на проход
45-46	259	14,8	25	10,5	0,119	155	7,0	1,5	11	168	тройник на проход, отвод, кран, клапан
46-47	737	1,8	32	28	0,23	50	26,2	1,5	39	90	тройник на отвод

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
47-48	973	5,25	32	45	0,295	236	43,1	1	43	279	тройник на проход
48-49	1 232	4,9	40	28	0,262	137	34,0	1	34	171	тройник на проход
49-50	1 509	4,9	40	42	0,324	206	52,0	1	52	258	тройник на проход
50-51	1 728	6,4	40	55	0,373	352	68,9	1,5	103	455	тройник на проход, отвод
51-52	1 860	1,1	50	19	0,25	21	30,9	1	31	52	тройник на проход
52-53	2 058	3,5	50	22	0,271	77	36,4	1	36	113	тройник на проход
53-54	2 198	4,9	50	26	0,296	127	43,4	1	43	171	тройник на проход
54-55	2 604	6	50	36	0,351	216	61,0	1	61	277	тройник на проход
55-56	2 901	5,6	50	40	0,376	224	70,0	1	70	294	тройник на проход
56-57	3 350	5,25	65	12	0,242	63	29,0	1	29	92	тройник на проход
57-58	3 825	5,9	65	15,5	0,277	91	38,0	1	38	129	тройник на проход
58-59	4 199	4,5	65	19	0,301	86	44,8	1,5	67	153	тройник на проход, отвод
59-60	4 556	5,2	65	22	0,333	114	54,9	1	55	169	тройник на проход
60-61	4 913	2,7	65	25	0,355	68	62,4	1	62	130	тройник на проход
61-62	5 133	3	65	28	0,377	84	70,4	1	70	154	тройник на проход
62-63	5 267	7,7	65	28	0,379	216	71,1	1	71	287	тройник на проход
63-64	5 558	0,4	65	32	0,405	13	81,2	1,5	122	135	тройник на отвод

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
64-65	5 783	3,8	65	34	0,418	129	86,5	1	86	216	тройник на проход
65-66	5 928	4,2	80	15	0,307	63	46,7	2	93	156	тройник на проход, два отвода
66-67	6 055	1	80	15	0,311	15	47,9	1	48	63	тройник на проход
67-68	6 181	6,9	80	16	0,316	110	49,4	2	99	209	тройник на проход, два отвода
68-69	6 256	3,3	80	17	0,326	56	52,6	1	53	109	тройник на проход
69-70	6 491	2,9	80	18	0,336	52	55,9	1	56	108	тройник на проход
70-70а	11 891	2,4	100	20	0,4	48	79,2	2	158	206	тройник на отвод, задвижка

Итого: **12 322 Па.**

## Продолжение Приложения Б

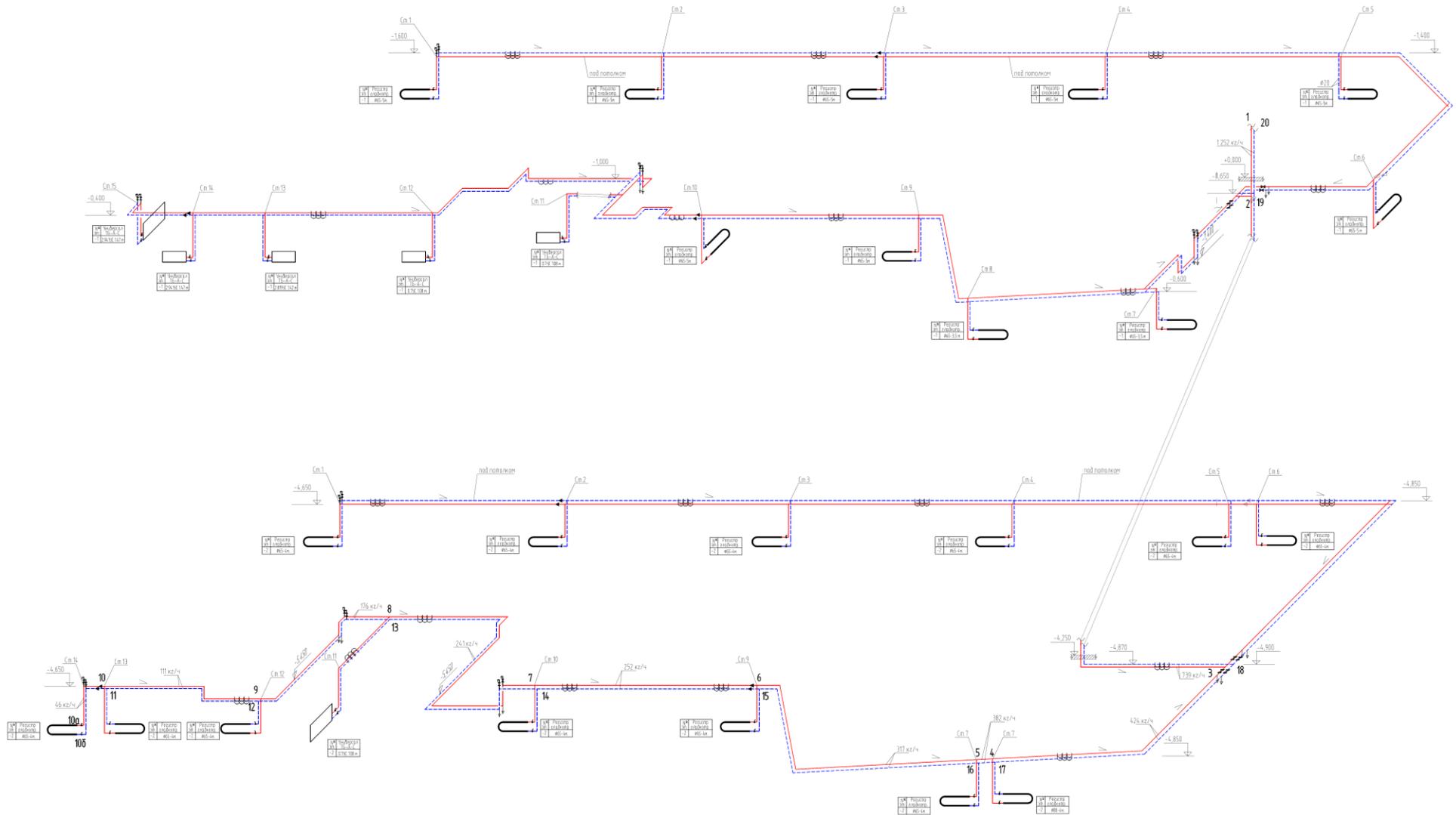


Рисунок Б.2 – Аксонометрическая схема системы отопления автостоянки для гидравлического расчета

Продолжение Приложения Б

Таблица Б.2 - Гидравлический расчет системы отопления подземной автостоянки на -1 этаже

№ участка	G, кг/ч	l, м	d, мм	R, Па/м	w, м/с	R·l, Па	$\frac{\rho \cdot w^2}{2}$ , Па	$\zeta$	Z, Па	R·l+Z, Па	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 2	1 252	51,7	50	8	0,161	414	12,8	1,50	19	433	тройник на проход, задвижка
2 3	739	14,2	32	21	0,205	298	20,8	2,00	42	340	отвод, тройник на отвод
3 4	424	19,3	25	31	0,208	598	21,4	2,00	43	641	тройник на проход, задвижка, отвод
4 5	382	0,7	25	26	0,189	18	17,7	1,00	18	36	тройник на проход
5 6	317	20,2	25	18	0,155	364	11,9	2,50	30	393	тройник на проход, два отвода
6 7	252	15,4	20	40	0,2	616	19,8	1,00	20	636	тройник на проход
7 8	241	22,6	20	38	0,194	859	18,6	4,00	75	933	тройник на проход, шесть отводов
8 9	176	10,65	20	21	0,141	224	9,8	3,00	30	253	тройник на проход, четыре отвода
9 10	111	12,7	15	40	0,161	508	12,8	2,00	26	534	тройник на проход, два отвода
10 10a	46	6,1	15	6	0,067	37	2,2	2,05	5	41	два отвода, термостат, резкое расширение
10a 10б	46	4	65	0,55	0,025	2	0,3	1,00	0,3	3	два отвода
10б 11	46	6,1	15	6	0,1	37	2,2	1,62	4	40	два отвода, шаровый кран, резкое расширение
11 12	111	12,7	15	40	0,2	508	12,8	2,00	26	534	тройник на проход, два отвода
12 13	176	10,7	20	21	0,1	224	9,8	3,00	30	253	тройник на проход, четыре отвода

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13 14	241	22,6	20	38	0,2	859	18,6	4,00	75	933	тройник на проход, шесть отводов
14 15	252	15,4	20	40	0,2	616	19,8	1,00	20	636	тройник на проход
15 16	317	20,2	25	18	0,2	364	11,9	2,50	30	393	тройник на проход, два отвода
16 17	382	0,7	25	26	0,2	18	17,7	1,00	18	36	тройник на проход
17 18	424	19,3	25	31	0,2	598	21,4	2,00	43	641	тройник на проход, задвижка, отвод
18 19	739	14,2	32	21	0,2	298	20,8	2,00	42	340	отвод, тройник на отвод
19 20	1 252	51,7	50	8	0,2	414	12,8	1,50	19	433	тройник на проход, задвижка

Итого: **8 482 Па.**

Продолжение Приложения Б

Таблица Б.3 – Тепловой расчет и приборов

№ помещения по чертежу	Наименование помещения	Температурный напор	Требуемое количество теплоты	Фактическое количество теплоты	Тип отопительного прибора	Количество, шт.
1	2	3	4	5	6	7
<b>- 1 этаж</b>						
-001	Венткамера	72,5	1301	1347	Регистр Ø65, длиной 4 м	1
-003	Л/клетка эвакуационная на улицу	77,5	185	206	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 1.08 м	1
-005	Зависимая автостоянка на 51 м/место	77,5	16783	17110	Регистр Ø65, длиной 4 м	10
-011	Венткамера	72,5	1230	1695	Регистр Ø65, длиной 4 м	1
-012	Венткамера	72,5	1620	1632	Регистр Ø65, длиной 4 м	1
<b>0 этаж</b>						
001	Зависимая автостоянка на 27 м/место	77,5	5831	6455	Регистр Ø65, длиной 5 м	6
003	Л/клетка эвакуационная на улицу	77,5	84	206	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 1.08 м	1
006	Сплинкерная	77,5	730	659	Регистр Ø65, длиной 5 м	1
007	Комната охраны, диспетчерская	62,5	2165	2424	Универсал ТБ-А-С 2.941УС 1.47 м	2
008	Санузел	64,5	198	215	Универсал ТБ-А-С 2.819УС 1.42 м	1
011	Узел ввода	77,5	498	552	Регистр Ø65, длиной 3,5 м	1
012	Стойка администратора и гардеробная	66,5	994	1047	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 1.08 м	1
017	Кроссовая и ОДС объединенные диспетчерские службы	77,5	659	730	Регистр Ø65, длиной 5 м	1
<b>1 этаж</b>						
102	Тамбур-холл	66,5	2566	2701	Элегант-м 80-130- 2,2 м	1
103	Л/клетка с 0,-1 этажей на 1 этаж	66,5	1502	1581	Универсал ТБ-А-С 2.941УС 1.47 м	1
104	Л/клетка с 1,0,-1 этажей на улицу	66,5	465	489	Универсал ТБ-А-С 1.471УС 0.88м	1
106	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	66,5	946	996	Универсал ТБ-А-С 2.206УС 1.17 м	2
107	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	6172	6913	Элегант-м 80-130-1,4 м	12
108	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	5125	5740	Элегант-м 80-130- 1.6 м	9
109	Выставочный зал образцов	62,5	6242	6991	Элегант-м 80-130- 1.6 м Элегант-м 80-130-1,4 м Элегант-м 80-130- 2,2 м	5 1 2

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6	7
110	Электрощитовая	77,5	1451	1607	Регистр Ø80, длиной 10 м	1
111	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	4356	4879	Элегант-м 80-130- 2 м Элегант-м 80-130- 2,2 м	4 1
112	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3449	3863	Элегант-м 80-130- 2,2 м	4
114	Санузел мужской	64,5	519	563	Универсал ТБ-А-С 1.348УС 0.84 м	1
116	Уборочный инвентарь	64,5	539	585	Универсал ТБ-А-С 1.348УС 0.84 м	1
117	Санузел мужской	64,5	254	276	Универсал ТБ-А-С 1.226УС 0.79 м	1
118	Санузел женский с комнатой гигиены	64,5	212	230	Универсал ТБ-А-С 0.85УС 0.7 м	1
122	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	5667	6347	Элегант-м 80-130- 2,2 м	7
123	Серверные №1	62,5	808	905	Элегант-м 80-130- 2,2 м	1
124	Серверные №2	62,5	808	905	Элегант-м 80-130- 2,2 м	1
125	Коридор	66,5	124	130	Элегант-м 80-130- 1,4 м	1
<b>2 – 9 этажи</b>						
202	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	66,5	1104	1162	Универсал ТБ-А-С 2.083УС 1.47 м	1
203	Санузел мужской	64,5	116	126	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0,6 м	1
204	Санузел женский с комнатой	64,5	112	122	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0,6 м	1
206	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	66,5	357	376	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0,6 м	2
207	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3919	4389	Элегант-м 250-110- 0,7 м	12
208	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3100	3472	Элегант-м 250-110- 0,8 м9	9
209	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	4561	5108	6Элегант-м 250-110-0,8 м Элегант-м 250-110-1,6 м	6 2
210	Административное помещение	62,5	1455	1630	Элегант-м 250-110- 0,9 м Элегант-м 250-110-1,2 м	2 2
211	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	1615	1808	Элегант-м 250-110- 1.4 м Элегант-м 250-110- 0.7 м	1 4
212	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3977	4454	Элегант-м 250-110- 2 м Элегант-м 250-110- 1.4 м	3 2
214	Санузел мужской	64,5	382	440	Универсал ТБ-А-С 0.85УС 1.47 м	1

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6	7
216	Уборочный инвентарь	64,5	405	440	Универсал ТБ-А-С 0.85УС 1.47 м	1
223	Серверная №1	62,5	358	400	Элегант-м 250-110- 0,9 м	1
224	Серверная №2	62,5	600	672	Элегант-м 250-110- 0,7 м	2
125	Коридор	66,5	124	131	Элегант-м 250-110-0,9 м	1
226	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3982	4460	Элегант-м 250-110- 0,7 м	9
					Элегант-м 250-110- 1.0 м	2
<b>10 этаж</b>						
1001	Коридор	66,5	344	363	Элегант-м 250-110- 0,6 м	1
1028	Холл	66,5	160	169	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	1
1004	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	66,5	367	386	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	2
1007	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	4160	4660	Элегант-м 250-110- 0,6 м	12
1008	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3104	3477	Элегант-м 250-110- 0,6 м	9
1009	Технические помещения (венткамеры и т.д.)	72,5	2988	2885	Элегант-м 250-110- 0,5 м	2
1010	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	1706	1910	Элегант-м 250-110- 0,9 м	5
1011	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	2597	2908	Элегант-м 250-110- 0,7 м	6
1012	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	4871	5455	Элегант-м 250-110- 0,9 м	8
1022	Серверная №1	62,5	325	364	Элегант-м 250-110- 0,7 м	1
1023	Серверная №2	62,5	634	710	Элегант-м 250-110- 0,6 м	2
1026	Санузел мужской	64,5	116	126	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	1
1005	Уборочный инвентарь	64,5	117	127	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	1
1029	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	5013	5615	Элегант-м 250-110- 0,6 м	12
					Элегант-м 250-110- 1,4 м	1
1030	Блок офисных помещений свободной планировки	66,5	3308	3482	Элегант-м 250-110- 0,9 м	2
1031	Помещения оборудования кондиционирования	66,5	344	363	Элегант-м 250-110- 0,5 м	5
					Элегант-м 250-110- 2,0 м	1

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6	7
<b>11 этаж</b>						
1102	Л/клетка из надземных 1-11 этажей	66,5	1572	1654	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	1
1104	Незадымляемая л/клетка типа Н1 с 1 по 11 этажи	66,5	441	464	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	2
1106	Коридор	66,5	698	734	Элегант-м 250-110- 1 м	1
1107	Блок офисных помещений свободной планировки	66,5	816	859	Элегант-м 250-110- 0.9 м	12
1108	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	8159	9138	Элегант-м 250-110- 1 м	12
1110	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	7559	8466	Элегант-м 250-110- 1,2 м	5
1111	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3827	4286	Элегант-м 250-110- 0,8 м	5
1112	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	2578	2887	Элегант-м 250-110- 1,2 м	8
1119	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	8208	9193	Элегант-м 250-110- 1,2 м	2
1123	Серверная №1	62,5	772	865	Элегант-м 250-110- 1,1 м	1
1125	Коридор	66,5	312	329	Элегант-м 250-110- 0,8 м	1
1124	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	3288	3682	Элегант-м 250-110- 1,2 м	2
1127	Санузел мужской	64,5	320	347	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	1
1105	Уборочный инвентарь	64,5	211	229	Универсал ТБ-А-С 0.7УС 0.6 м	1
1131	Блок офисных помещений свободной планировки	62,5	8706	9750	Элегант-м 250-110- 0,8 м Элегант-м 250-110- 2,2 м	13 1
1109	Котельная	72,5	3169	3282	Элегант-м 250-110- 0,8 м	1

**Приложение В**  
**Расчет системы вентиляции**

Таблица В.1 – Воздушный баланс

№	Наименование	Объем, м <sup>3</sup>	Кол-во чел.	Кратность на приток	Кратность на вытяжку	Приток, м <sup>3</sup> /ч	Вытяжка, м <sup>3</sup> /ч
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>-1 этаж</b>							
-001	Венткамера	288	–	1,0	1,0	290	290
-005	Зависимая автостоянка на 51 м/место	4661	–	1,6	2,0	7480	9320
-012	Венткамера	344	–	1,0	1,0	350	350
<b>0 этаж</b>							
001	Автостоянка на 27 м/мест	3872	–	1,6	2,0	6110	7740
006	Сплинкерная	301	–	1,0	1,0	300	300
007	Комната охраны, диспетчерская	99	2	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		120	120
008	Санузел	50	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком из вестибюля	200
011	Узел ввода	172	–	1,0	1,0	170	170
012	Стойка администратора и гардеробная	117	2	–	2,1	перетоком из вестибюля	240
016	Вестибюль	893	30	2,2	2,2	1970	1530
<b>1 этаж</b>							
101	Коридор	570	–	1,1	–	650	перетоком через с/у
102	Тамбур-холл	148	–	1,0	1,0	150	150
107	Блок офисных помещений свободной планировки	594	30	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1800	1800
108	Блок офисных помещений свободной планировки	563	29	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1740	1740
109	Выставочный зал образцов	567	–	1	1	600	600
110	Электрощитовая	137	–	1,0	1,0	140	140
111	Блок офисных помещений свободной планировки	492	25	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1500	1500
112	Блок офисных помещений свободной планировки	312	16	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		960	960
113	Санузел для инвалидов	11	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	100
114	Санузел мужской	39	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	300
115	Санузел женский	28	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	200
116	Уборочный инвентарь	12	–		4,3	перетоком через коридор	50
117	Санузел мужской	57	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	350
118	Санузел женский с комнатой гигиены	58	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	300

## Продолжение Приложения В

### Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
121	Лифтовый холл	100	–	2,0	2,0	200	200
122	Блок офисных помещений свободной планировки	470	10	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		600	600
123	Серверные №1	75	–	2,0	2,0	150	150
124	Серверные №2	75	–	2,0	2,0	150	150
125	Коридор	125	–	5,2	–	650	перетоком через с/у
<b>2 – 9 этажи</b>							
201	Коридор	570	–	1,1	–	650	перетоком через с/у
203	Санузел мужской	57	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	350
204	Санузел женский с комнатой гигиены	58	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	300
207	Блок офисных помещений свободной планировки	602	18	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1080	1080
208	Блок офисных помещений свободной планировки	563	16	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		960	960
209	Блок офисных помещений свободной планировки	567	17	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1020	1020
210	Административное помещение	126	5	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		300	300
211	Блок офисных помещений свободной планировки	492	15	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		900	900
212	Блок офисных помещений свободной планировки	557	16	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		960	960
213	Санузел для инвалидов	11	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	100
214	Санузел мужской	39	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	300
215	Санузел женский	28	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	200
216	Уборочный инвентарь	12	–	–	4,3	перетоком через коридор	50
217	Лифтовый холл	78	–	2,5	2,5	200	200
223	Серверная №1	75	–	2,0	2,0	150	150
224	Серверная №2	75	–	2,0	2,0	150	150
225	Коридор	136	–	–	–	650	перетоком через с/у
226	Блок офисных помещений свободной планировки	595	18	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1080	1080
<b>10 этаж</b>							
1001	Коридор	140	–	4,6	–	650	перетоком через с/у
1006	Коридор	570	–	1,1	–	650	перетоком через с/у
1007	Блок офисных помещений свободной планировки	601	17	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1020	1020
1008	Блок офисных помещений свободной планировки	563	16	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		960	960

## Продолжение Приложения В

### Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1009	Технические помещения (венткамеры и т.д.)	588		1,0	1,0	600	600
1010	Блок офисных помещений свободной планировки	539	15	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		900	900
1011	Блок офисных помещений свободной планировки	268	8	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		480	480
1012	Блок офисных помещений свободной планировки	942	26	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1560	1560
1013	Санузел для инвалидов	11	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	100
1014	Санузел мужской	41	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	300
1015	Санузел женский	28	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	200
1016	Уборочный инвентарь	12	–		4,1	перетоком через коридор	50
1017	Лифтовый холл	78	–	2,5	2,5	200	200
1022	Серверная №1	75	–	2,0	2,0	150	150
1023	Серверная №2	75	–	2,0	2,0	150	150
1026	Санузел мужской	57	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	350
1027	Санузел женский	37	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	200
1028	Уборочный инвентарь	20	–	–	5	перетоком через коридор	100
1029	Блок офисных помещений свободной планировки	638	18	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1080	1080
<b>11 этаж</b>							
1101	Коридор	761	–	0,9	–	650	перетоком через с/у
1106	Коридор	166	–	3,9	–	650	перетоком через с/у
1107	Блок офисных помещений свободной планировки	802	16	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		960	960
1108	Блок офисных помещений свободной планировки	914	18	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1080	1080
1110	Блок офисных помещений свободной планировки	688	13	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		780	780
1111	Блок офисных помещений свободной планировки	183	4	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		240	240
1112	Блок офисных помещений свободной планировки	1256	24	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1440	1440
1113	Санузел для инвалидов	14	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	100
1114	Санузел мужской	54	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	300
1115	Санузел женский	38	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз		перетоком через коридор	200
1116	Уборочный инвентарь	16	–	–	3,1	перетоком через коридор	50

## Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1117	Лифтовый холл	105	–	1,9	1,9	200	200
1123	Серверная №1	87	–	1,7	1,7	150	150
1124	Блок офисных помещений свободной планировки	401	8	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		480	480
1127	Санузел мужской	57	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	перетоком через коридор	350	
1128	Санузел женский	37	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	перетоком через коридор	200	
1129	Уборочный инвентарь	19	–	50 м <sup>3</sup> /ч на 1 унитаз	перетоком через коридор	100	
1131	Блок офисных помещений свободной планировки	858	17	1, но не менее 60 м <sup>3</sup> /ч на человека		1020	1020

## Продолжение Приложения В

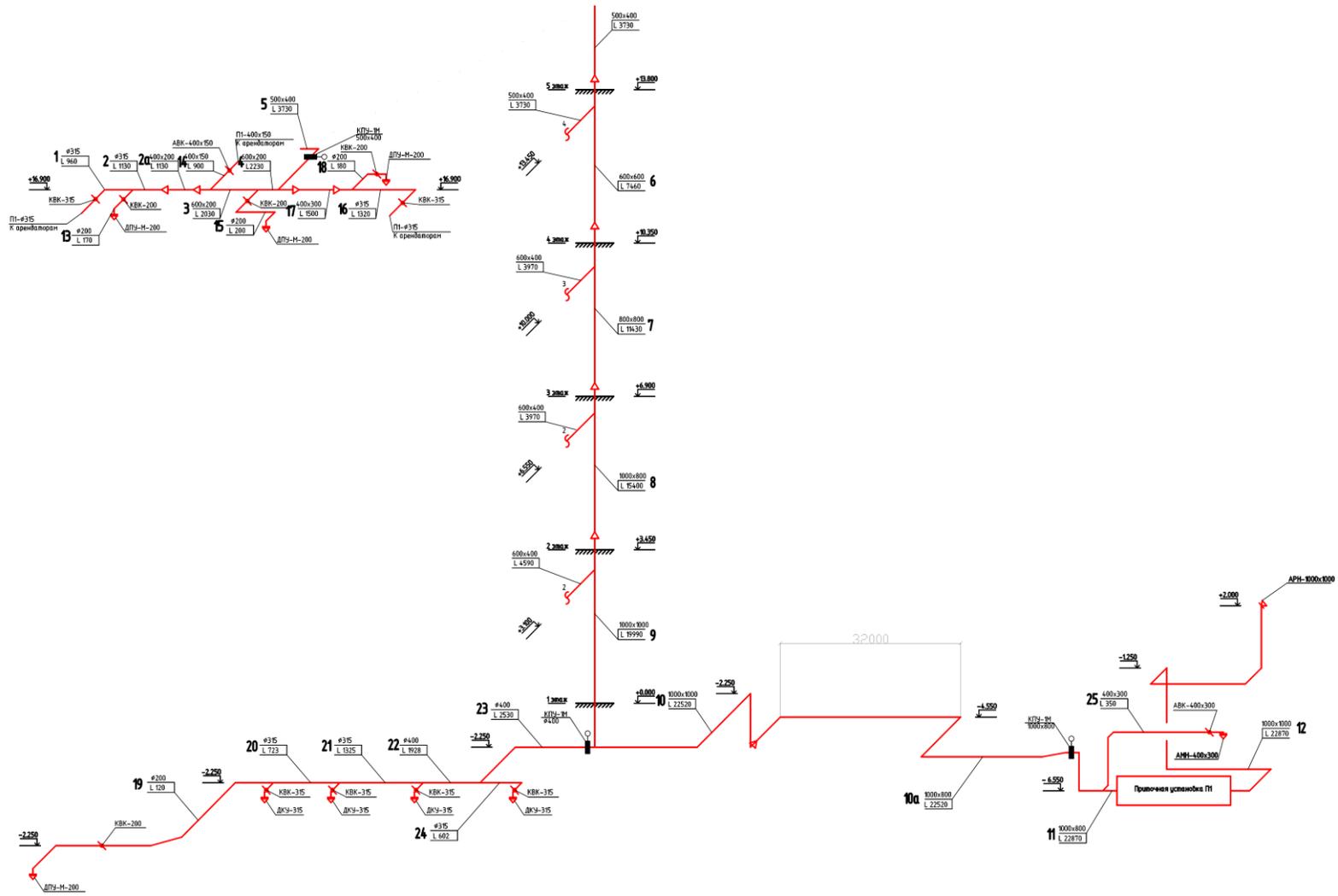


Рисунок В.1 – Аксонометрическая схема системы вентиляции П1 для аэродинамического расчета

Продолжение Приложения В

Таблица В.2 – Аэродинамический расчет механической системы вентиляции

№ уч.	L, м <sup>3</sup> /ч	l, м	d, мм / a×b, мм	F, м <sup>2</sup>	V, м/с	R, Па/м	R·l, м	$\sum \xi$	P <sub>д</sub> , Па	Z, Па	P <sub>уч</sub> , Па	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
П1												
Магистраль												
1	960	3,2	315	0,08	3,4	0,49	1,6	0,55	7,0	3,9	5,7	отвод, тройник на проход, дрессель клапан
2	1130	1,5	315	0,08	4,0	0,66	1,0	1,60	9,7	15,6	16,6	изменение сечения
2a	1130	2,5	400×200	0,08	3,9	0,78	1,9	0,19	9,2	1,8	3,7	тройник на проход
3	2030	2,5	600×200	0,12	4,7	0,94	2,3	0,20	13,2	2,6	5,0	тройник на проход
4	2230	1,0	600×200	0,12	5,2	1,12	1,1	3,30	16,0	52,8	53,9	тройник на отвод
5	3730	7,5	500×400	0,20	5,2	0,69	5,2	1,34	16,1	21,6	26,7	тройник на проход, отвод ×2, клапан
6	7460	3,3	600×600	0,36	5,8	0,58	1,9	0,30	19,9	6,0	7,9	тройник на проход
7	11430	3,3	800×800	0,64	5,0	0,30	1,0	0,20	14,8	3,0	4,0	тройник на проход
8	15400	3,3	1000×800	0,80	5,3	0,31	1,0	0,20	17,2	3,4	4,4	тройник на проход
9	19990	5,7	1000×1000	1,00	5,6	0,28	1,6	0,35	18,5	6,5	8,1	тройник на отвод
10	22520	13,2	1000×1000	1,00	6,3	0,36	4,7	1,29	23,5	30,3	35,0	отвод х3
10a	22520	50,0	1000×800	0,80	7,8	0,63	31,5	3,06	36,7	112,3	143,8	тройник на проход, отвод ×5, отвод ×2, клапан, изменение сечения
11	22870	0,8	1000×800	0,80	7,9	0,65	0,5	0,00	37,8	0,0	0,5	–
12	22870	25,0	1000×1000	1,00	6,4	0,37	9,2	5,44	24,2	131,7	140,9	отвод ×7, решетка
										$\sum P =$	456,2	–

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ответвление №1												
13	170	1,5	200	0,031	1,5	0,19	0,3	3,45	1,4	4,7	5,0	Диффузор, отвод, дроссель-клапан, тройник на отвод
Невязка: 85%, дроссель-клапан нужен										–	–	–
Ответвление №2												
14	900	2,0	400×150	0,06	4,2	1,12	2,2	1,6	10,4	16,7	18,9	дроссель-клапан, тройник на отвод
Невязка: 55,7%, дроссель-клапан нужен										–	–	–
Ответвление №3												
15	200	4,5	200	0,031	1,8	0,26	1,2	1,4	1,9	2,6	3,8	Диффузор, отвод ×3, дроссель-клапан, тройник на отвод
Невязка: 86,5%, дроссель-клапан нужен										–	–	–
Ответвление №4												
16	1320	5,7	315	0,078	4,7	0,89	5,1	2,62	13,3	34,8	39,9	тройник на проход, отвод, дроссель-клапан
17	1500	3,9	400×300	0,12	3,5	0,45	1,8	1,4	7,2	10,1	11,9	тройник на отвод
Невязка: 59,8%, дроссель-клапан нужен										$\sum P =$	51,8	–
Ответвление №5												
18	180	2,1	200	0,031	1,6	0,21	0,4	4,85	1,5	7,4	7,8	Диффузор, отвод ×2, дроссель-клапан, тройник на отвод
Невязка: 88%, дроссель-клапан нужен										–	–	–

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ответвление №6												
19	120	14,4	200	0,031	1,1	0,1	1,5	2,2	0,7	1,5	3,0	Диффузор, тройник на проход, отвод ×5, дроссель-клапан
20	723	3,5	315	0,078	2,6	0,29	1,0	0,35	4,0	1,4	2,4	тройник на проход
21	1325	4,4	315	0,078	4,7	0,89	3,9	1,1	13,4	14,7	18,7	тройник на проход
22	1928	3	400	0,126	4,3	0,55	1,6	0,52	10,9	5,7	7,3	тройник на отвод
23	2530	7,5	400	0,126	5,6	0,91	6,8	0,39	18,8	7,3	14,1	тройник на отвод, клапан, отвод
дроссель-клапан установлен у каждого воздухораспределителя										$\sum P =$	45,5	–
Ответвление №7												
24	602	2,8	315	0,078	2,1	0,21	0,6	4,85	2,8	13,4	14	Диффузор, отвод ×2, дроссель-клапан, тройник на отвод
Невязка: 76,2%, дроссель-клапан нужен										–	–	–
Ответвление №8												
25	350	9,3	400×300	0,12	0,8	0,03	0,3	4,85	0,4	1,4	1,7	Решетка, отвод ×3, дроссель-клапан, тройник на отвод
Невязка: 98,5%, дроссель-клапан нужен										–	–	–