

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

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

должность _____

_____ Ю.С. Григорьев
_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.т.н., доцент

_____ Д.В. Ульрих
_____ 2019 г.

Отопление и вентиляция школы в осях Д-Ц/1-12 по пр. Победы,
г. Челябинск

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР

Консультанты:

Раздел «Автоматизация»

к.т.н., доцент

_____ С.В. Панфёров
_____ 2019 г.

Руководитель проекта:

преподаватель

_____ Е. А. Яновская
_____ 2019 г.

Автор проекта:

студент группы АС-452

_____ Г.В. Пеньков
_____ 2019 г.

Нормоконтролер:

преподаватель

_____ Е. А. Яновская
_____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Пеньков Г.В. Отопление и вентиляция школы в осях Д-Ц/1-12 по пр. Победы, г. Челябинск. – Челябинск: ЮУрГУ, АС-452, 81 с., 3 ил., библиогр. список – 23 наим., 7 прил., 8 листов чертежей ф. А1.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка систем вентиляции и отопления для здания общеобразовательной школы в осях Д-Ц/1-12 расположенной по проспекту Победы в городе Челябинске.

Задачей является расчет потерь теплоты и воздухообмена здания, гидравлический расчет и подбор оборудования системы отопления, аэродинамический расчет и подбор оборудования системы вентиляции.

На основе поставленных задач была запроектирована вертикальная двухтрубная с тупиковым движением теплоносителя система отопления, выполнен гидравлический расчет и подобраны отопительные приборы, терморегуляторы и балансировочные клапаны.

Произведен расчет воздухообмена по вредностям и нормативным кратностям, запроектированы системы вентиляции с механическим и естественным движением воздуха, выполнен аэродинамический расчет, подобрано приточное и вытяжное оборудование.

Применение системы автоматики позволяет поддерживать в помещениях лучшие санитарно-гигиенические показатели, кроме того системы становятся более энергоэффективными.

						13.03.01.2019.224.12 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Зав. каф.	Ульрих				Отопление и вентиляция школы в осях Д-Ц/1-12 по пр. Победы, г. Челябинск	Стадия	Лист	Листов
Н.контр.	Яновская					ДП		
Руководит.	Яновская					ЮУрГУ Кафедра ГИСиС		
Консульт.	Панферов							
Дипломник	Пеньков							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	
1.1 Характеристика объекта строительства.....	8
1.2 Расчетные параметры наружного воздуха.....	8
1.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха.....	9
1.4 Характеристика ограждающих конструкций здания.....	9
2 РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ.....	11
3 РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ	
3.1 Определение воздухообмена в конференц-зале по количеству выделяющихся вредностей.....	14
3.2 Расчет воздухообмена для вспомогательных помещений по нормативным кратностям.....	20
4 КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СИСТЕМАМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ	
4.1 Описание запроектированной системы отопления.....	26
4.2 Описание запроектированной системы вентиляции.....	28
5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	31
6 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ	
6.1 Расчет воздухоподающих и воздухозаборных устройств.....	34
6.2 Расчет приточной системы вентиляции П9.....	34
6.3 Расчет вытяжной системы вентиляции В22.....	37
7 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ	
7.1 Оборудование системы отопления.....	39
7.2 Приточная и вытяжная установки системы вентиляции	40
8 АВТОМАТИЗАЦИЯ	
8.1 Характеристика объекта автоматизации.....	42
8.2 Техническое задание.....	42
8.3 Автоматическое регулирование технологических параметров.....	42
8.4 Контроль параметров.....	42
8.5 Описание работы системы.....	43
8.6 Блокировка и защита оборудования.....	43
8.7 Сигнализация.....	43
8.8 Обоснование установки системы автоматизации.....	43

									Лист	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	47

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. I-d ДИАГРАММЫ.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ П9.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ В22.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	78

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время к современным зданиям общественного назначения предъявляются достаточно высокие требования по их архитектурно-эстетическим решениям, интерьеру, дизайну, применяемому оборудованию. Для этого необходимо проектировать системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха высокого качества с применением новейшего вентиляционного оборудования и изделий, современных регулируемых отопительных приборов. Применяемое в проектах оборудование должно быть надежным в работе, простым в эксплуатации и удовлетворять требованиям ремонтпригодности.

Следует отметить, что здоровье, работоспособность и ощущение комфорта в значительной степени зависят от таких параметров микроклимата как температура воздуха, его чистота, влажность, скорость движения, которые в свою очередь зависят от инженерных систем.

Технические решения по отопительным и вентиляционным системам должны приниматься, исходя из комплексного анализа технического уровня систем и требуемых для них капитальных вложений и последующих эксплуатационных затрат.

Объектом проектирования выпускной квалификационной работы является общеобразовательная школа в осях Д-Ц/1-2 расположенная в 27 микрорайоне по проспекту Победы в городе Челябинске, предметом проектирования – системы вентиляции и отопления.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование систем вентиляции и отопления.

Задача выпускной квалификационной работы состоит в том, чтобы обеспечить допустимые параметры микроклимата в помещениях в соответствии с требованиями. Для этого необходимо рассчитать теплопотери здания, рассчитать необходимые воздухообмены в помещениях, запроектировать системы отопления, системы приточной и вытяжной вентиляции, подобрать необходимое оборудование.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1 Характеристика объекта строительства

Объектом проектирования является общеобразовательная школа в микрорайоне №27 по проспекту Победы в Калининском районе города Челябинска.

Здание школы запроектировано трех этажным с техническим подпольем и неотопливаемым чердаком. Главный фасад школы ориентирован на Восток.

Школа осуществляет учебно-воспитательный процесс в соответствии с уровнями общеобразовательных программ 3 ступеней образования: начальное общее образование, основное общее образование, среднее общее образование. Вместимость школы - 825 учащихся с 1-го по 11 классы. Начальная школа выделена в отдельный блок.

Для дипломного проектирования выбран западный блок средней школы расположенный в осях 1–12/А–Ц. В его состав входят: универсальные учебные классы - 12 шт по 25 учеников, учительские, конференцзал на 300 зрительных мест, гардеробы для верхней одежды учителей и учащихся, медпункт, библиотеки, учебные классы специализированные (химии, физики, биологии, информатики, музыки, студия живописи). Для трудового обучения предусмотрено две учебно-производственных мастерские в отдельном блоке с отдельным входом: по обработке дерева и по обработке металла; кабинеты по обработке тканей и кулинарии. Лаборатория кабинета химии оборудована шкафной перегородкой со встроенным вытяжным шкафом. Для персонала школы и учеников предусмотрены санузлы на каждом этаже. В состав медпункта входит кабинет врача, процедурный кабинет, стоматологический кабинет, санузел, комната уборочного инвентаря и приготовления дезинфицирующих средств.

1.2 Расчетные параметры наружного воздуха

Расчетные параметры наружного воздуха это нормативные значения принимаемые для систем отопления и вентиляции в холодный период по таблице 3.1 [1] и таблице 4.1 [1] для систем отопления и вентиляции в теплый период по параметрам А.

Таблица 1.1 – Параметры наружного воздуха

Период года	Температура воздуха $t, ^\circ\text{C}$	Удельная энтальпия $I, \text{КДж/кг}$	Скорость ветра $V,$ м/с
Холодный (Б)	-34	-33,5	4,5
Теплый (А)	21,7	48,1	3,2

Географическая широта города - северная 56°.

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92:
 $t_n = -34$ °С [таблица 3.1, 1].

Продолжительность отопительного периода $Z = 233$ суток [таблица 3.1, 1].

Температура наружного воздуха отопительного периода $t_{o.п.} = -5,5$ °С
[таблица 3.1, 1].

Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь $v = 4,5$ м/с
[таблица 3.1, 1].

1.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха

Расчетные параметры внутреннего воздуха это нормативные значения принимаемые по таблице 3 [2], их назначают для теплого и холодного периода. Значения параметров для переходного периода соответствуют холодному.

При расчете систем отопления и вентиляции в помещениях школы опираются на диапазон оптимальных параметров, которые необходимо соблюдать в рабочей или обслуживаемой зоне. Значения параметров принимаем для помещений категории 3а.

Таблица 1.2 – Параметры внутреннего воздуха

Период года	Температура воздуха t , °С	Относительная влажность ϕ , %	Скорость движения ветра V , м/с
Теплый	25	60	0,1
Холодный	20	45	0,1

1.4 Характеристика ограждающих конструкций здания

Приведенные значения теплопередачи ограждающих конструкции это нормативные значения принимаемые в зависимости от градусо-суток отопительного периода, °С·сут/год, рассчитываемых по формуле:

$$ГСОП = (t_b - t_{o.п.})Z_{от.пер} \quad (1.1)$$

$$ГСОП = (20 - (-5,5))233 = 5942 \frac{°С \cdot \text{сут}}{\text{год}}$$

Требуемые значения сопротивления теплопередачи, $\text{м}^2 \cdot °С / \text{Вт}$, наружных ограждающих конструкций рассчитываются по формуле:

$$R_{тр} = a \cdot ГСОП + b, \quad (1.2)$$

где a , b - безразмерные коэффициенты [таблица 3, 6].

– для наружных стен:

$$R_{тр} = 0,00035 \cdot 5942 + 1,4 = 3,48 \frac{\text{м}^2 \cdot °С}{\text{Вт}};$$

– для перекрытий чердачных и над техподпольем:

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$R_{тр} = 0,00045 \cdot 5942 + 1,9 = 4,57 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт};$$

- для входных дверей $R_{тр}$ должно быть не менее 0,6 стен здания.
- для внутренних стен рассчитывается по формуле:

$$R_{тр} = \frac{t_{в} - t_{хол.пом.}}{\Delta t_{н} \cdot \alpha_{в}}, \quad (1.3)$$

где $t_{хол.пом.}$ - температура смежного помещения с низкой температурой, $^\circ C$;

$\Delta t_{н}$ - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $^\circ C$ [таблица 5, 6];

$\alpha_{в}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$.

$$R_{тр} = \frac{22 - 16}{4,0 \cdot 8,7} = 0,17 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}.$$

Таблица 1.3 – Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Тип ограждающей конструкции	$R_{ф}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$R_{тр}, м^2 \cdot ^\circ C / Вт$
Стена наружная	2,24	3,48
Стена наружная от отметки чистого пола до уровня земли	3,28	3,48
Стена внутренняя	0,80	0,42
Окно с тройным остеклением	0,65	0,60
Дверь двойная с тамбуром	0,44	2,09
Дверь наружная двойная запасная	0,43	2,09
Перекрытие над техподпольем	3,81	4,57
Чердачное перекрытие	4,85	4,57

2 РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ

Расчет теплопотерь здания через наружные ограждающие конструкции производим в расчетной программе RTI-Теплопотери.

Программа предназначена для определения потерь тепла зданиями и сооружениями различного назначения с учетом потерь тепла на инфильтрацию с целью составления теплового баланса помещений и определения нагрузок на отопительные приборы при проектировании систем отопления.

В качестве исходных данных для расчета задаются:

- место застройки и его климатические параметры. Значения задаем для параметров А и Б принимаемых по приложению 8 [1] и таблица 3.1 [4];
- общие данные по объекту расчета: строительная высота, высота до верха вытяжной шахты и расстояние от чистого пола до отметки уровня земли;
- данные по каждому помещению и его ограждающим конструкциям. Для расчета помещения делим по этажам с указанием отметки уровня чистого пола, номером помещения, температурой внутреннего воздуха, площадью пола и типом помещения. Для учета потерь теплоты на нагревание не компенсируемого воздуха указывается его расход в м³/час. Для ограждающих конструкций указываются их ориентация по сторонам света, размеры с учетом правил обмера. В случае если температура за ограждением отличается от наружной указывается коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху или температура воздуха более холодного помещения. Потери тепла через внутренние ограждения допускается не учитывать, если разность температур в этих помещениях равна 3 °С и менее.

Основные расчетные формулы:

Потери тепла, Вт, для каждой ограждающей конструкции рассчитывается по формуле:

$$Q = A \cdot B(t_{в} - t_{н})n \frac{1 + S_{в}}{R}, \quad (2.1)$$

где А, В - размеры поверхности ограждения, м;

Р - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²· °С/Вт;

t_н - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения - при расчете потерь теплоты через внутренние ограждения, °С, принимается согласно [приложение 8, 1];

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$t_{\text{в}}$ - расчетная температура воздуха в помещении с учетом повышения по высоте для помещений высотой более 4м, °С, принимается согласно [таблица 3, 2];

n - коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$S_{\text{в}}$ - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Расход теплоты, Вт, на нагрев инфильтрующегося воздуха рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{и}} = 0,28 \cdot S_{\text{Г}} \cdot c(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})K, \quad (2.2)$$

где $S_{\text{Г}}$ - расход инфильтрующегося воздуха, кг/час;

c - удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг·гр;

K - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях.

Расход теплоты, Вт, на нагрев воздуха не компенсируемого подогретым приточным воздухом рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{и}} = 0,28 \cdot L_{\text{N}} \cdot \rho \cdot c(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})K, \quad (2.3)$$

где L_{N} - расход удаляемого воздуха, м³/час, не компенсируемый подогретым приточным воздухом;

ρ - плотность наружного воздуха, кг/м³.

Расход теплоты на нагревание наружного воздуха принимается большим из значений потерь теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха или нагрев воздуха попадающего в помещение в результате не сбалансированной вентиляции.

Расчетная разность давлений воздуха, Па, рассчитывается по формуле:

$$D_{\text{pi}} = (H_{\text{z}} - H)(Y_{\text{н}} - Y_{\text{в}}) + 0,5\rho \cdot v^2(C_{\text{н}} - C_{\text{а}})K - P_{\text{int}}, \quad (2.4)$$

где H_{z} - высота здания, м, от уровня земли до верха карниза;

H - расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, проемов;

$Y_{\text{н}}, Y_{\text{в}}$ - удельный вес, н/м³, наружного воздуха и воздуха помещения;

v - скорость ветра, м/сек;

$C_{\text{н}}, C_{\text{а}}$ - аэродинамические коэффициенты для наветренной по подветренной поверхности ограждений;

K - коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания;

P_{int} - условно-постоянное давление воздуха, Па, в помещении.

Расчет потерь тепла через полы по грунту ведется по зонам. Пол делится на 4 зоны параллельно наружным стенам, ширина одной зоны 2 метра. Для каждой зоны нормативными документами установлены свои значения сопротивления теплопередачи.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Потери тепла, Вт, каждой зоны пола по грунту рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{A_i}{R_i} (t_B - t_H), \quad (2.5)$$

где A_i - площадь зоны пола, m^2 ;

R_i - сопротивление теплопередаче зоны пола, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$.

Расчет утепленного пола производится по той же формуле. Пол считается утепленным если теплопроводность слоев больше $1,2 Вт/м^2 \cdot ^\circ C$. Сопротивление теплопередачи пола рассчитывается по формуле:

$$R_{y.п.I} = R_I + \sum \frac{\delta_{y.c.}}{\lambda_{y.c.}}, \quad (2.6)$$

где R_I - сопротивление теплопередачи, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, первой зоны полы по грунту, принимается равным $2,1 m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

$\delta_{y.c.}$ - толщина утепляющего слоя, м;

$\lambda_{y.c.}$ - теплопроводность утепляющего слоя, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$.

Результаты расчёта потерь теплоты через ограждающие конструкции здания и на нагрев воздуха приведены в приложении А.

По результатам расчетов общая тепловая нагрузка на систему отопления составляет 249590 Вт.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3 РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ

3.1 Определение воздухообмена в конференц-зале по количеству выделяющихся вредностей

Расчет воздухообмена по количеству выделяющихся вредностей для здания школы выполняем для конференц-зала. К вредностям выделяющимся в помещении относят излишнюю теплоту, влагу и углекислый газ.

Общее поступление влаги в помещение, г/ч, рассчитывается по формуле:

$$M_w = m_w \cdot N, \quad (3.1)$$

где m_w - удельное выделение влаги одним взрослым человеком, г/ч·чел [приложение 20, 3];

N - количество людей в помещении, чел.

Удельные значения выделений вредностей в нормативной литературе приведены для одного мужчины. Посетителями являются женщины, мужчины и дети, поэтому примем что число посетителей составляет 30 мужчин, 30 женщин и 240 детей. Для учета количества выделения вредностей от женщин введем поправочный коэффициент равный 0,85, от детей 0,75.

для теплого периода:

$$M_w = 50,0 \cdot 30 + 50,0 \cdot 30 \cdot 0,85 + 50,0 \cdot 240 \cdot 0,75 = 11775 \frac{\text{Г}}{\text{Ч}}$$

для холодного периода:

$$M_w = 40,0 \cdot 30 + 40,0 \cdot 30 \cdot 0,85 + 40,0 \cdot 240 \cdot 0,75 = 9420 \frac{\text{Г}}{\text{Ч}}$$

Общее поступление углекислого газа в помещение, л/ч, рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{CO}_2} = m_{\text{CO}_2} \cdot N, \quad (3.2)$$

где m_{CO_2} - удельное выделение углекислого газа одним взрослым человеком, л/ч·чел [приложение 23, 3].

$$M_{\text{CO}_2} = 23 \cdot 300 = 6900 \frac{\text{Л}}{\text{Ч}}$$

Теплопоступления в помещение поступают от людей, искусственного освещения и от солнечной радиации.

От людей в помещение поступает явное и скрытое тепло. Их суммой является полное тепло.

Общее явное теплопоступление, Вт, рассчитывается по формуле:

$$Q_y = q_y \cdot N, \quad (3.3)$$

где q_y - явное удельное выделение теплоты одним взрослым человеком, Вт/чел [приложение 20,3].

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

для теплого периода:

$$Q_{я} = 60,0 \cdot 30 + 60,0 \cdot 30 \cdot 0,85 + 60,0 \cdot 240 \cdot 0,75 = 14130 \text{ Вт};$$

для холодного периода:

$$Q_{я} = 90,0 \cdot 30 + 90,0 \cdot 30 \cdot 0,85 + 90,0 \cdot 240 \cdot 0,75 = 21195 \text{ Вт}.$$

Общее полное теплоступление, Вт, рассчитывается по формуле:

$$Q_{п} = q_{п} \cdot N, \quad (3.4)$$

где $q_{п}$ - полное удельное выделение теплоты одним взрослым человеком, Вт/чел [приложение 20, 3].

для теплого периода:

$$Q_{п} = 95,0 \cdot 30 + 95,0 \cdot 30 \cdot 0,85 + 95,0 \cdot 240 \cdot 0,75 = 22373 \text{ Вт};$$

для холодного периода:

$$Q_{п} = 120,0 \cdot 30 + 120,0 \cdot 30 \cdot 0,85 + 120,0 \cdot 240 \cdot 0,75 = 28260 \text{ Вт}.$$

Общее теплоступление от искусственного освещения, Вт, рассчитывается по формуле:

$$Q_{ио} = q_{осв} \cdot A_{пл} \cdot \eta_{осв} \cdot E, \quad (3.5)$$

где $q_{осв}$ - максимально допустимая удельная мощность светильника, Вт/м² [приложение 18, 3];

$A_{пл}$ - площадь пола, м²;

$\eta_{осв}$ - доля тепла поступающая от светильника в помещение;

E - уровень освещенности помещения, лк [приложение 17, 3].

Значение максимально допустимой удельной мощности принимаем для прямого света люминесцентных ламп при высоте помещения 5 метров.

$$Q_{ио} = 0,067 \cdot 286,24 \cdot 1 \cdot 300 = 5753 \text{ Вт}.$$

Теплоступление от солнечной радиации происходит через и покрытия. Расчет производится для теплого периода года.

Общее теплоступление через покрытие, Вт, рассчитывается по формуле:

$$Q_{с.р.}^{пок} = \frac{(t_{ну} - t_{в})F_{п}}{R_{п}} \cdot 0,6, \quad (3.6)$$

где $t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха в зоне покрытия, °С;

$F_{п}$ - площадь покрытия, м²;

$R_{п}$ - расчетное сопротивление теплопередачи покрытия, м²·°С/Вт;

0,6 - безразмерный коэффициент, учитывает то что в помещении имеется подшивной потолок;

$t_{ну}$ - условная наружная температура над покрытием, °С, рассчитывается по формуле:

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$t_{\text{ну}} = t_{\text{н}} + \frac{Q_{\text{ср}} \cdot \rho_{\text{п}}}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (3.7)$$

где $t_{\text{н}}$ - расчетная температура наружного воздуха, °С [таблица 3, 1];

$Q_{\text{ср}}$ - среднесуточный тепловой поток солнечной радиации на горизонтальные поверхности, Вт;

$\rho_{\text{п}}$ - коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия;

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности к воздуху, Вт/м²·°С, рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = 8,7 + 2,6\sqrt{v_{\text{н}}}, \quad (3.8)$$

где $v_{\text{н}}$ - расчетная скорость ветра для теплого периода, м/с [таблица 3, 1].

$$\alpha_{\text{н}} = 8,7 + 2,6\sqrt{3,2} = 13,35.$$

$$t_{\text{ну}} = 21,7 + \frac{327 \cdot 0,65}{13,35} = 37,6 \text{ °С.}$$

$$Q_{\text{с.р.}}^{\text{пок}} = \frac{(37,6 - 25)286,24}{4,85} \cdot 0,6 = 744 \text{ Вт.}$$

Суммарные явные тепопоступления, Вт, рассчитываются по формуле:

$$\sum Q_{\text{я}} = Q_{\text{я}}^{\text{л}} + \max \left\{ \begin{matrix} Q_{\text{с.р.}}^{\text{ок}} \\ Q_{\text{ио}} \end{matrix} \right\} + Q_{\text{с.р.}}^{\text{пок}}. \quad (3.9)$$

Суммарные полные тепопоступления, Вт, рассчитываются по формуле:

$$\sum Q_{\text{п}} = Q_{\text{п}}^{\text{л}} + \max \left\{ \begin{matrix} Q_{\text{с.р.}}^{\text{ок}} \\ Q_{\text{ио}} \end{matrix} \right\} + Q_{\text{с.р.}}^{\text{пок}}. \quad (3.10)$$

Суммарные явные тепопоступления рассчитываем по формуле 3.9.

для теплого периода:

$$\sum Q_{\text{я}} = 14130 + 5753 + 744 = 20627 \text{ Вт;}$$

для холодного периода:

$$\sum Q_{\text{я}} = 21195 + 5753 + 0 = 26948 \text{ Вт.}$$

Суммарные полные тепопоступления рассчитываем по формуле 3.10.

для теплого периода:

$$\sum Q_{\text{п}} = 22373 + 5753 + 744 = 28870 \text{ Вт;}$$

для холодного периода:

$$\sum Q_{\text{п}} = 28260 + 5753 + 0 = 34013 \text{ Вт.}$$

Расчеты по пункту сводим в таблицу.

						13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

Таблица 3.1 – Сводная таблица расчетов

Период года	Теплопоступления, Вт				Искусственное освещение	Итого		Влага, г/час	Углекислый газ, л/час
	Люди		Солнечная рад-ия			Явное	Полное		
	Явное	Полное	ОК	ПОК					
Холодный	21195	28260	–	–	5753	26948	34013	9420	6900
Теплый	14130	22373	–	744		20627	28870	11775	

Расчет количества необходимого воздуха для конференц-зала произведем для теплого и холодного периодов.

Для определения количества воздухообмена существует четыре формулы.

Расход воздуха по количеству выделяющейся явной теплоты, кг/ч, рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{3,6Q_{изб}^я}{c(t_y - t_п)}, \quad (3.11)$$

где c - теплоемкость воздуха, кЖд/кг·°С;

t_y и $t_п$ - температура удаляемого и приточного воздуха, °С.

Расход воздуха по количеству выделяющейся полной теплоты, кг/ч, рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{3,6Q_{изб}^п}{I_y - I_п}, \quad (3.12)$$

где I_y и $I_п$ - энтальпия удаляемого и приточного воздуха, кДж/кг.

Расход воздуха по количеству выделяющейся влаги, кг/ч, рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{M_w}{d_y - d_п}, \quad (3.13)$$

где d_y и $d_п$ - влагосодержание удаляемого и приточного воздуха, г/кг.

Расход воздуха по количеству выделяющегося углекислого газа, кг/ч, рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{M_{CO_2}}{\frac{C_y}{\rho_y} - \frac{C_п}{\rho_п}}, \quad (3.14)$$

где C_y и $C_п$ - концентрация углекислого газа в удаляемом и приточном воздухе, л/м³;

ρ_y и $\rho_п$ - плотность удаляемого и приточного воздуха, кг/м³.

Выбор формулы для расчета количества воздухообмена зависит от значения луча процесса, КДж/кг, рассчитываемого по формуле:

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\varepsilon = \frac{3600Q_{\text{изб}}^{\text{п}}}{M_{\text{w}}} \quad (3.15)$$

Теплый период.

Значение луча процесса рассчитываем по формуле 4.5:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 28870}{11775} = 8827 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Т.к. значение луча процесса находится в интервале от 3000 до 40000, то за расчетный воздухообмен будем принимать максимальное из значений найденных по формулам с полным количеством теплоты и влаги.

Параметры удаляемого и приточного воздуха определим по I-d диаграмме (Приложение Б).

Температура приточного воздуха, °С, рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{н}} + 1, \quad (3.16)$$

где $t_{\text{н}}$ - температура наружного воздуха, °С.

$$t_{\text{п}} = 21,7 + 1 = 22,7 \text{ °С.}$$

Температура удаляемого воздуха, °С, рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{y}} = t_{\text{р.з.}} + \text{grad}(t) \cdot (H - h_{\text{р}}), \quad (3.17)$$

где $t_{\text{р.з.}}$ - температура рабочей зоны помещения, °С;

H - расстояние от пола до низа воздухоудаляемой решетки, м;

$h_{\text{р}}$ - высота рабочей зоны помещения, м;

$\text{grad}(t)$ - градиент температур, °С/м. Зависит от величины теплонапряженности помещения, Вт/м³, которая рассчитывается по формуле:

$$q = \frac{Q_{\text{изб}}^{\text{я}}}{V_{\text{пом}}}, \quad (3.18)$$

где $Q_{\text{изб}}^{\text{я}}$ - избыточное явное тепло в помещении, Вт;

$V_{\text{пом}}$ - объем помещения, м³.

$$q = \frac{20627}{1431,2} = 14,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

Значение градиента находится в интервале от 0,3 до 1,2 °С/м. Принимаем $\text{grad}(t) = 0,7$, т.к. удаление воздуха осуществляется из верхней зоны помещения.

$$t_{\text{y}} = 25 + 0,7(4,5 - 1,5) = 27,1 \text{ °С.}$$

Построив процесс на I-d диаграмме находим энтальпию и влагосодержание:

$I_{\text{п}} = 49,1$ кДж/кг, $I_{\text{y}} = 55,9$ кДж/кг, $d_{\text{п}} = 10,37$ г/кг, $d_{\text{y}} = 11,17$ г/кг.

Расход воздуха по количеству выделяющейся полной теплоты рассчитываем по формуле 3.12:

$$G = \frac{3,6 \cdot 28870}{55,9 - 49,1} = 15284 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Расход воздуха по количеству выделяющейся влаги рассчитываем по формуле 3.13:

$$G = \frac{11775}{11,17 - 10,37} = 14719 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

При расчете, невязка расходов не должна превышать 5%.

$$\delta G = \frac{15284 - 14719}{15284} = 4\%$$

Холодный период.

Значение луча процесса рассчитываем по формуле 4.5:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 34013}{9420} = 12999 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Т.к. значение луча процесса находится в интервале от 3000 до 40000, то за расчетный воздухообмен будем принимать максимальное из значений найденных по формулам с полным количеством теплоты и влаги.

Параметры удаляемого и приточного воздуха определим по I-d диаграмме (Приложение Б).

Температуру приточного воздуха принимаем на 5 °С ниже внутренней температуры, т.к. приток осуществляем на высоту более 4 метров $t_{\text{п}} = 15$ °С.

Градиент температур рассчитываем по формуле 4.3:

$$q = \frac{26948}{1431,2} = 18,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

Значение градиента находится в интервале от 0,3 до 1,2 °С/м. Принимаем $\text{grad}(t) = 1,0$, т.к. удаление воздуха осуществляется из верхней зоны помещения.

Температуру удаляемого воздуха рассчитываем по формуле 4.2:

$$t_y = 20 + 1,0(4,5 - 1,5) = 23 \text{ °С.}$$

Построив процесс на I-d диаграмме находим энтальпию и влагосодержание: $I_{\text{п}} = 15,9$ кДж/кг, $I_y = 25,9$ кДж/кг, $d_{\text{п}} = 0,30$ г/кг, $d_y = 1,09$ г/кг.

Расход воздуха по количеству выделяющейся полной теплоты рассчитываем по формуле 3.12:

$$G = \frac{3,6 \cdot 34013}{25,9 - 15,9} = 12245 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Расход воздуха по количеству выделяющейся влаги рассчитываем по формуле 3.13:

$$G = \frac{9420}{1,09 - 0,30} = 11924 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

При расчете, невязка расходов не должна превышать 5%.

$$\delta G = \frac{12245 - 11924}{12245} = 3\%.$$

Для зрительного зала расчет воздухообмена по санитарной норме выполняется из условия 20 м³ наружного воздуха на одного человека в час.

Зрительный зал рассчитан на 300 человек, санитарная норма наружного воздуха составляет 6000 м³/ч.

Для дальнейших расчетов принимаем количество воздуха холодного периода $G = 12245$ кг/час, $L = 14694$ м³/час.

Излишки тепла в летний период снимаем сплит-системами. Количество холода, Вт, рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{хол}} = 0,28G(I_y - I_{\text{п}}). \quad (3.19)$$
$$Q_{\text{хол}} = 0,28 \cdot (15284 - 12245)(55,9 - 49,1) = 5786 \text{ Вт}.$$

3.2 Расчет воздухообмена для вспомогательных помещений по нормативным кратностям

Для помещений вспомогательного назначения, в которых воздушный и тепловой режимы являются типовыми, расчет воздухообмена по вредностям не производится, расход воздуха определяется по нормативным кратностям.

Для помещений школы установлены нормативные кратности воздухообмена представленные в [таблица 3.12, 5].

Количество воздуха, м³/ч, рассчитывается по формуле:

$$L = K \cdot V_{\text{пом}}, \quad (3.20)$$

где K - кратность воздухообмена для помещения, м³/ч [таблица 3.12, 5];

$V_{\text{пом}}$ - объем помещения, м³.

Для помещений учебных классов школы санитарными нормами устанавливаются значения подачи необходимого количества наружного воздуха.

Количество наружного воздуха, м³/ч, рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{сан}} = N \cdot l, \quad (3.21)$$

где l - санитарная норма приточного воздуха, м³ [приложение 10, 3];

N - количество людей, оборудования или приборов, шт.

Для примера выполним расчет помещения универсального класса (31).

Нормативное значение кратности воздухообмена для универсального класса составляет 2 ч⁻¹.

$$L = 2 \cdot (3,6 \cdot 61,56) = 442 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Нормативное значение притока наружного воздуха по санитарной норме для универсального класса составляет 20 м³/ч на одного человека.

$$L_{\text{сан}} = 27 \cdot 20 = 540 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Для дальнейшего проектирования принимается большее из значений расхода воздуха. Для помещения универсального класса (31) в проектирование принимается расход воздуха рассчитанный по санитарной норме.

Расчет оставшихся помещений выполняется аналогично, итоги расчетов сводим в таблицу.

Таблица 3.2 – Воздухообмен помещений по кратностям

№ пом-ия	Наименование помещения	Объем пом-ия, м ³ или кол-во людей, чел	Кратность, ч ⁻¹ или воздухообмен на человека, м ³ /(ч·чел)		Расчетный воздухообмен L, м ³ /ч	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
ПОДВАЛ						
1	Коридор	216,81	по балансу		626	–
2	Венткамера	41,68	2	–	83	–
3	Служебное помещение (без постоянного пребывания людей)	61,18	–	1,5	–	92
4	Комната хранения люминисцентных ламп	44,01	–	10	–	440
5	Служебное помещение (без постоянного пребывания людей)	79,11	–	1,5	–	119
6	Электрощитовая	51,03	–	1,5	–	77
7	Служебное помещение (без постоянного пребывания людей)	45,36	–	1,5	–	68
12	Коридор	42,55	–	–	–	–
13	Венткамера	109,46	2	–	219	–
16	Техническое подполье	2210,52	–	–	–	–
18	Техническое подполье (распределительная гребенка)	133,19	–	1	–	133
ИТОГО					928	928
1 ЭТАЖ						
7	Гардероб	126,61	–	1,5	–	190
8	Лестничная клетка	86,44	–	–	–	–
47 а	Артистическая	42,66	2	3	85	128
47	Конференцзал на 300 мест	1431,20	по расчету		14694	14694
48	Радиоузел	86,69	–	2	–	173
49	Коридор	501,48	–	–	–	–
50	Мастерская по обработке дерева	240,84	2, но не менее 20 м ³ на человека		482	530
51	Мастерская по обработке металла	323,93	2, но не менее 20 м ³ на человека		648	710

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

13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР

Лист

Продолжение таблицы 3.2

№ пом-ия	Наименование помещения	Объем пом-ия, м ³ или кол-во людей, чел	Кратность, ч ⁻¹ или воздухообмен на человека, м ³ /(ч·чел)		Расчетный воздухообмен L, м ³ /ч	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
52	Инструментальная	40,34	–	1	–	40
53	Коридор	16,20	–	–	–	–
54	Комната мастера	47,66	1,5	1,5	71	71
55	Тамбур	19,04	–	–	–	–
56	Лестничная клетка	86,44	–	–	–	–
58	Кабинет психолога	63,72	–	1,5	–	96
59	Стоматологический кабинет	58,82	2	3	118	176
60	Процедурная	50,54	8	6	404	303
61	Кабинет врача	110,52	–	1,5	–	166
62	Коридор	38,88	–	–	–	–
63	Санузел	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50
63 а	Комната уборного инвентаря	14,51	–	–	–	15
64	Санузел	5 приборов	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	250
65	Комната личной гигиены	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50
66	Санузел	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50
67	Комната личной гигиены	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50
68	Санузел	3 унитаза 3 писсуара	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз и 25 м ³ на писсуар		–	225
69	Бухгалтерия, канцелярия	103,18	1,5	1,5	155	155
70	Касса	26,21	3	3	79	79
71	Коридор	384,44	по балансу		878	–
72	Рекреация	160,38	–	–	–	–
73	Лестничная клетка	86,44	–	–	–	–
74	Тамбур	12,02	–	–	–	–
75	Библиотека	262,87	–	1	–	263
76	Тамбур	12,92	–	–	–	–
77	Читальный зал	62 чел	20 м ³ на человека		1240	1240
78	Кабинет по обработке тканей	30 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		600	300
79	Кабинет кулинарии	199,12	2	1	398	199
80	Кабинет зам директора	56,52	–	1	–	57
81	Гардероб	52,27	–	1,5	–	78
82	Вестибюль	256,14	по балансу		563	–
83	Кабинет директора	76,68	–	1	–	77
84	Тамбур	30,42	–	–	–	–
ИТОГО					20415	20415

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР

Лист

Продолжение таблицы 3.2

№ помещения	Наименование помещения	Объем помещения, м ³ , кол-во людей, чел	Кратность, ч ⁻¹ или воздухообмен на человека, м ³ /(ч·чел)		Расчетный воздухообмен L, м ³ /ч	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
2 ЭТАЖ						
2	Лестничная клетка	86,44	–	–	–	–
11	Санузел	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50
12	Комната уборочного инвентаря	15,35	–	1	–	15
31	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	253
32	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	244
33	Рекреация	260,06	по балансу		–	404
34	Лестничная клетка	86,44	–	–	–	–
35	Коридор	337,50	–	–	–	–
36	Кабинет зам директора	90,72	–	1,5	–	136
37	Кабинет	55,91	–	1,5	–	84
38	Кабинет рисования и черчения	346,10	2, но не менее 20 м ³ на человека		692	346
39	Учительская	301,50	–	1,5	–	466
39 а	Гардероб учителей	94,50	–	1,5	–	142
41	Рекреация	250,67	по балансу		–	1330
42	Лестничная клетка	86,44	–	–	–	–
43	Кабинет иностранного языка	17 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		340	159
44	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	226
45	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	226
46	Кабинет биологии	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		668	230
47	Лаборантская кабинета биологии	63,36	–	2	–	128
48	Кабинет химии	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		676	240
49	Лаборантская кабинета химии	71,68	–	2	–	136
50	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	224
51	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	228
52	Кабинет информатики	312,37	2, но не менее 20 м ³ на человека		625	312
53	Коридор	559,80	по балансу		–	745
54	Санузел	3 унитаза 3 писсуара	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз и 25 м ³ на писсуар		–	225
55	Санузел	5 приборов	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	250

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

13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР

Лист

Продолжение таблицы 3.2

№ пом-ия	Наименование помещения	Объем пом-ия, м ³ , кол-во людей, чел	Кратность, ч ⁻¹ или воздухообмен на человека, м ³ /(ч·чел)		Расчетный воздухообмен L, м ³ /ч	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
56	Комната личной гигиены	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50
ИТОГО					6693	6693
3 ЭТАЖ						
2	Лестничная клетка	86,44	–	–	–	–
16	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	256
17	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	247
18	Рекреация	260,06	по балансу		–	860
20	Коридор	332,71	–	–	–	–
21	Кабинет иностранного языка	187,56	2, но не менее 20 м ³ на человека		375	188
22	Кабинет иностранного языка	17 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		340	158
23	Кабинет	87,43	–	1,5	–	131
24	Кабинет	57,71	–	1,5	–	87
25	Студия живописи	226,08	2, но не менее 20 м ³ на человека		452	226
27	Рекреация	250,67	по балансу		–	902
28	Кабинет иностранного языка	17 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		340	167
29	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	225
30	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	227
31	Кабинет физики	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		667	240
32	Лаборатория кабинета физики	63,36	–	2	–	127
33	Кабинет физики	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		672	238
34	Лаборатория кабинета физики	66,24	–	2	–	132
35	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	224
36	Универсальный класс	27 чел	2, но не менее 20 м ³ на человека		540	226
37	Кабинет информатики	258,08	2, но не менее 20 м ³ на человека		516	258
38	Коридор	559,80	по балансу		–	893
39	Санузел	3 унитаза 3 писсуара	50 м ³ на 1 унитаз и 25 м ³ на писсуар		–	225
40	Санузел	5 приборов	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	250
41	Комната личной гигиены	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50

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

13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР

Лист

Окончание таблицы 3.2

№ помещения	Наименование помещения	Объем помещения, м ³ , кол-во людей, чел	Кратность, ч ⁻¹ или воздухообмен на человека, м ³ /(ч·чел)		Расчетный воздухообмен L, м ³ /ч	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
42	Санузел	1 прибор	вытяжка 50 м ³ на 1 унитаз		–	50
43	Комната уборочного инвентаря	15,35	–	–	–	15
51	Серверная	83,16	2	2	166	166
ИТОГО					6602	6602

В таблице представлен скорректированный воздухообмен, так как в результате расчета воздухообмена для вспомогательных помещений по нормативным кратностям могут возникнуть расхождения между расходом приточного и удаляемого воздуха. Для создания сбалансированной работы вентиляции необходимо уравнивать значения. Для этого необходимо выполнить баланс воздухообмена по этажам.

4 КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СИСТЕМАМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

4.1 Описание запроектированной системы отопления

Источником тепла для здания школы являются разводящие тепловые сети после ЦТП-2 микрорайона №27 по проспекту Победы. Теплоносителем в тепловой сети является вода с параметрами 105 – 70 °С.

Присоединение системы отопления к тепловым сетям осуществляется по независимой схеме через пластинчатый теплообменник. Выбранная схема присоединения позволяет использовать в качестве теплоносителя специально подготовленную воду очищенную от примесей, что позволяет уменьшить аварийность системы и повышает срок эксплуатации, обеспечить более гибкую регулировку ее параметров. Также обеспечивается циркуляция теплоносителя системы в случае аварии на тепловых сетях, такая система более экономична вследствие наличия гибкой настройки отопления. Тепловой пункт располагается в подвальном помещении в осях 15–19/А–Б. Для движения теплоносителя в системе на обратный трубопровод устанавливается циркуляционный насос. Для обеспечения заполнения системы отопления теплоносителем предусмотрен узел автоматической подпитки.

Количество систем отопления в здании зависит от его архитектурно-планировочного решения и наличия помещений с особым тепловоздушным режимом. Для здания школы в осях 1–12/А–Ц запроектировано 6 систем отопления с параметрами теплоносителя 90–65 °С. Это сделано для уменьшения диаметра труб и большей гидравлической устойчивости. Распределение теплоносителя по системам осуществляется через распределительные гребенки расположенные в помещении технического подполья.

Системы отопления приняты вертикальные двухтрубные с тупиковым движением теплоносителя и нижней разводкой обеих магистралей. Прокладка осуществляется по техническому подполью на отметке -2,500м, расстояние между трубопроводами 100 мм, уклон не менее 0,002 в сторону индивидуального теплового пункта. Уклоны служат для облегчения опорожнения системы отопления и выпуска воздуха. Стояки прокладывают открыто у наружных стен со средствами крепления установленными на половине высоты этажа на расстоянии не менее 150 мм от оконного проема. Через плиты перекрытия стояки проходят в гильзах, диаметром на 5-10 мм больше стояка, края гильз должны быть на одном уровне с поверхностью потолка, но на 30 мм выше поверхности чистого пола. Зазоры между ними заделываются мягким негорючим материалом,

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

обеспечивающим нормируемый предел огнестойкости конструкции. Это делается с целью предотвращения деформации трубы при температурном расширении. Стояки для отопления лестничной клетки подключены по однотрубной схеме.

Системы отопления выполнены из труб стальных электросварных прямошовных по [7] для участков сети с Ду 50мм и более, и труб стальных водогазопроводных по [8] для участков сети с Ду менее 50мм. Подающие магистрали и стояки проходящие по неотапливаемым помещениям, и трубопроводы, проходящие транзитом по другим этажам, изолируются цилиндрами теплоизоляционными "ISOROLL" по [9] (группа горючести НГ). Толщина изоляции для трубопроводов до диаметра 20мм - 20 мм, диаметром более 20 мм и до 32 мм толщина 30мм, диаметром более 32мм толщина изоляции принимается по внутреннему диаметру трубопровода. Покровный слой - стеклоткань ЭЗ-200 по [10]. Перед изоляцией все трубопроводы покрываются грунтом ГФ-020 и краской БТ-177 в 3 слоя по ТУ6-10-1642-79. Все неизолированные трубопроводы покрываются масляной краской в 2 слоя.

Выпуск воздуха из системы осуществляется через воздушные краны Маевского, установленные у отопительных приборов, и краны для выпуска воздуха в верхних точках систем. Опорожнение системы осуществляется через спускные устройства, установленные в низших точках системы в дренажный трубопровод из стальных оцинкованных труб. Компенсация температурных удлинений магистральных участков осуществляется за счет углов поворота.

В качестве отопительных приборов к проектированию приняты чугунные радиаторы МС-140М2-500 с односторонним боковым подключением к стояку и движением теплоносителя «сверху-вниз». К их основным достоинствам можно отнести высокий коэффициент теплоотдачи, высокую устойчивость к агрессивным параметрам теплоносителя, инерционность теплоотдачи и многое другое. Крепление производится кронштейнами к поверхности стены на расстоянии 25 мм и 100 мм до пола. Для поддержания постоянной температуры внутри помещения на подводках к отопительным приборам установлены радиаторные терморегуляторы типа RTR-N-P производства фирмы Danfoss, кроме отопительных приборов в технических помещениях и венткамерах. Отопительные приборы систем №2-10 следует оградить съемными деревянными решетками, кроме отопительных приборов в кабинетах без пребывания в них детей, технических помещениях и венткамерах.

В качестве отопительных приборов в лестничных клетках приняты стальные конвекторы "Универсал" установленные на каждом этаже под лестничным

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

маршем. Для обеспечения беспрепятственной эвакуации людей из здания при пожаре, низ отопительного прибора находится на высоте 2,2 метра от пола.

Для осуществления гидравлической увязки систем, на обратном трубопроводе стояков устанавливаются автоматические балансировочные клапаны ASV-PV25 EPP с запорным клапаном партнером ASV-I H фирмы Danfoss на подающем трубопроводе.

4.2 Описание запроектированной системы вентиляции

В здании школы запроектирована приточно-вытяжная вентиляция с механическим и естественным побуждением движения воздуха.

Количество систем вентиляции зависит от архитектурно-планировочного решения здания и наличия помещений с особым воздухообменным режимом. Для здания школы в осях 1–12/А–Ц запроектировано 8 приточных и 8 вытяжных механических систем вентиляции.

Воздухообмен зрительного зала определен по расчету на ассимиляцию теплоизбытков присутствующих при эксплуатации помещений. В библиотеке, учебных классах и мастерских воздухообмен определен из условия обеспечения санитарной нормы воздуха на человека по 20 м³/ч. Расчет выполнен при нахождении в помещении максимального количества людей. Количество людей принято согласно раздела ТХ. В кабинете кулинарии над электрическими плитами предусмотрен вытяжной зонт включающийся во время приготовления пищи. В кабинете химии так же предусмотрен вытяжной шкаф.

В основных помещениях школы (кабинеты и классные помещения) воздухообмен организован следующим образом: приточный воздух подается механическими приточными системами в полном объеме согласно расчету, удаление осуществляется через каналы естественной вентиляции в однократном объеме через шахту в строительном исполнении выше уровня кровли на 1,0 м.

Схемы воздухообмена приняты «сверху-вверх». В качестве воздухораспределительных и воздухозаборных устройств для помещений учебных классов, мастерских и рекреаций приняты потолочные регулируемые диффузоры типа АПР, в остальных помещениях школы приняты регулируемые алюминиевые решетки типа АМР и диффузоры ДПУ-М производства фирмы Арктос.

Воздуховоды систем вентиляции выполняются из оцинкованной стали по ГОСТ 14918-80, класс герметичности принимается в следующем порядке:

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- воздуховоды систем местной вытяжной вентиляции, транзитные воздуховоды с нормируемым пределом огнестойкости, воздуховоды систем, напор по сети у которых превышает 600Па, выполняются класса В;
- воздуховоды приточной системы ,обслуживающей медпункт, выполняются класса С;
- остальные воздуховоды выполняются класса А.

Вертикальные и горизонтальные транзитные воздуховоды проходящие через помещения чердака и технического подполья, а так же через помещения с категорией по взрывопожарной и пожарной опасности не соответствующей обслуживаемому помещению выполняются с теплоогнезащитой типа ET-Vent с пределом огнестойкости EI30. Воздуховоды приточных систем вентиляции, проходящие по подвалу, выполняются в теплоизоляции класса НГ типа ОгнеВент-Базальт толщиной 50мм (ТУ 5769-015-54737814-2008), предел огнестойкости - EI30. Места прохода воздуховодов через стены, перегородки уплотнить негорючим материалом, обеспечивая предел огнестойкости пересекаемой строительной конструкции.

Оборудование систем располагается в венткамерах расположенных в подвале, на чердаке и на кровле (крышного типа).

Приточные установки включают в себя: фильтр грубой очистки класса G4, водяной поверхностный нагреватель и вентиляторную секцию. Для уменьшения шума на выходе уз установки предусмотрена установка шумоглушителя.

Вытяжные установки состоят из секции вентилятора и секций шумоглушения установленных на входе и выходе из установки. Все приточные и вытяжные установки системы вентиляции приняты фирмы VENTUS.

Приточная установка П11, обслуживающая помещения медпункта, имеет 2 ступени очистки приточного воздуха G4 и F7. Непосредственно перед подачей воздуха в помещение класса чистоты Б на ответвлении системы устанавливается фильтр 3 ступени очистки класса H13. После фильтра 3 ступени очистки воздуховоды выполнить из нержавеющей стали.

Проектом предусмотрены мероприятия по шумозащите:

- в приточных венткамерах, располагаемых в подвале, все приточные установки монтируются на "плавающем" полу;
- все ограждающие конструкции венткамер звукоизолируются;
- вытяжные и приточные установки оснащены шумоглушителями.

Для защиты от проникания продуктов горения во время пожара проектом предусмотрена установка огнезадерживающих клапанов типа КПУ-1Н (фирма ВЕЗА) с пределом огнестойкости EI90 (ТУ4863-100-40149153-07).

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Огнезадерживающие клапаны устанавливаются на разводящих магистралях при пересечении ими противопожарных преград с нормируемым пределом огнестойкости.

В помещениях серверной и конференц-зале предусмотрена установка сплит - систем производства Mitsubishi, имеющие возможность работать круглогодично (снабжены "зимними комплектами"). Одна установка - рабочая, вторая - резервная на случай выхода из строя основной системы.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Для гидравлического расчета была выбрана система отопления №9.

Расчет выполняем в программе Danfoss C.O.

Программа производит гидравлический расчет (расчет сопротивления системы), осуществляет подбор отопительных приборов и диаметров запорно-регулирующей арматуры, определяет настройки балансировочных клапанов, клапанов терморегуляторов на подводках к отопительным приборам, составляет подробную спецификацию оборудования.

В качестве исходных данных для расчета задаются:

- тип, параметры источника тепла и теплоносителя;
- тип принятых для проектирования трубопроводов, их гидравлические параметры, вид используемой тепловой изоляции;
- тип используемой в системе отопления арматуры;
- виды отопительных приборов и их конструктивные особенности.

Далее вычерчивается развернутая схема здания с помещениями обслуживаемыми расчетной системой отопления. Для каждого помещения задают температуру внутреннего воздуха и тепловую нагрузку равную теплопотерям. Расставляются отопительные приборы и чертится схема разводящих трубопроводов. Для них указывают длину и тип применяемой теплоизоляции На трубопроводы расставляется запорная и регулирующая арматура.

Основными расчетными формулами являются:

Расход теплоносителя на участке, кг/с, рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{Q \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_1 - t_2)}, \quad (5.1)$$

где Q - потери теплоты, Вт;

β_1 - коэффициент учитывающий увеличение теплового потока в зависимости от теплоотдачи отдельных элементов отопительного прибора;

β_2 - коэффициент учитывающий увеличение теплового потока в результате повышенной температуры поверхности стены за отопительным прибором;

c - удельная теплоёмкость, кДж;

t_1 - температура горячего теплоносителя, °С;

t_2 - температура остывшего теплоносителя, °С.

Скорость теплоносителя на участке, м/с, рассчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{4G}{3600\pi \cdot d_B^2 \cdot \rho}, \quad (5.2)$$

где ρ - плотность теплоносителя, кг/м³;

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

d_B - внутренний диаметр трубопровода, м.

Потери давления на участке, Па, рассчитываются по формуле:

$$\Delta p = \Delta p_{тр} + \Delta p_{м}, \quad (5.3)$$

где $\Delta p_{тр}$ - потери давления на трение, Па;

$\Delta p_{мс}$ - местные потери давления, Па.

Потери давления на трение, Па, рассчитываются по формуле:

$$\Delta p_{тр} = R \cdot l, \quad (5.4)$$

где R - удельные потери на трение, Па/м, рассчитываются по формуле:

$$R = \frac{\lambda}{d_B} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}, \quad (5.5)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения. Формула для расчета зависит от отношения Re к $Re_{пр}$.

Число Рейнольдса, рассчитывается по формуле:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_B}{\nu}, \quad (5.6)$$

где ν - кинематическая вязкость теплоносителя при средней температуре, м²/с.

Предельное значение числа Рейнольдса рассчитывается по формуле:

$$Re_{пр} = \frac{568 \cdot d_B}{k_{ЭКВ}}, \quad (5.7)$$

где $k_{ЭКВ}$ - коэффициент шероховатости трубы.

При $2300 < Re < Re_{пр}$, λ рассчитывается по формуле:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{ЭКВ}}{d_B} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}. \quad (5.8)$$

При $Re < 2300$, λ рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{64}{Re}. \quad (5.9)$$

При $Re > Re_{пр}$, λ рассчитывается по формуле:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{ЭКВ}}{d_B} \right)^{0,25}. \quad (5.10)$$

Местные потери давления, Па, рассчитываются по формуле:

$$\Delta p_{м} = \sum \Delta p_{ми}, \quad (5.11)$$

где $\Delta p_{ми}$ - местные потери давления на отдельных элементах участка, Па. В зависимости от типа местного сопротивления рассчитываются по формулам:

$$\Delta p_{ми} = \xi \frac{\rho \omega^2}{2}, \quad (5.12)$$

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\Delta p_{mi} = 0,1 \left(\frac{G}{K_{vs}} \right)^2, \quad (5.13)$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления;

K_{vs} - пропускная способность арматуры.

Сводная таблица гидравлического расчета приведена в приложении В.

По итогам расчетов потери в основном циркуляционном кольце составляют 36952 Па, тепловая нагрузка 53353 Вт.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

6 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

6.1 Расчет воздухоподающих и воздухозаборных устройств

Для примера выполним расчет устройств в помещении универсального класса (3б) на третьем этаже здания.

Для подачи воздуха в помещение принимаем регулируемые диффузоры типа 1АПР фирмы Арктос.

Используя требуемые значения скоростей и расходов воздуха рассчитываем необходимые площади сечения диффузоров и их количество.

Площадь сечения, м², рассчитывается по формуле:

$$F^* = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (6.1)$$

где L - расход воздуха через диффузор, м³/час;

v - скорость воздуха на выходе из решетки, м/с, принимаем равной 2 м/с.

$$F^* = \frac{135}{3600 \cdot 2} = 0,02 \text{ м}^2.$$

По каталогам производителей для установки принимаем 4 диффузора 1АПР 450х450.

Для удаления воздуха из помещения принимаем решетки типа АМР фирмы Арктос.

Площадь сечения, м², рассчитывается по формуле 6.1:

$$F^* = \frac{113}{3600 \cdot 1} = 0,03 \text{ м}^2.$$

По каталогам производителей для установки принимаем решетки АМР 200х200.

6.2 Расчет приточной системы вентиляции П9

Для расчета аэродинамического сопротивления была выбрана система вентиляции №9.

Для примера выполним расчет одного участка, итоги по остальным участкам сводим в приложение Г.

Требуемая площадь сечения, м², на каждом участке рассчитывается по формуле 6.1:

$$F^* = \frac{113}{3600 \cdot 2} = 0,02 \text{ м}^2.$$

К проектированию принимаем воздуховод с размерами 150X100 мм, площадью 0,02 м².

Фактическая скорость, м/с, на участке рассчитывается по формуле:

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$v_{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot F_{\phi}} \quad (6.2)$$

$$v_{\phi} = \frac{113}{3600 \cdot 0,02} = 2,093 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Динамическое давление, Па, рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{д}} = \frac{\rho \cdot v_{\phi}^2}{2}, \quad (6.3)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³.

$$P_{\text{д}} = \frac{1,2 \cdot 2,093^2}{2} = 2,63 \text{ Па.}$$

Удельные потери давления на трение, Па/м, рассчитываются по формуле:

$$R = \frac{\lambda_{\text{т}}}{d_{\text{э}}} P_{\text{д}}, \quad (6.4)$$

где $\lambda_{\text{т}}$ - коэффициент гидравлического сопротивления трения гладкого канала, рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{\text{т}} = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}, \quad (6.5)$$

где Re - число Рейнольдса, рассчитывается по формуле:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d_{\text{э}}}{\nu}, \quad (6.6)$$

где ν - кинематическая вязкость воздуха, м²/с;

$d_{\text{э}}$ - эквивалентный диаметр воздуховода, м, рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{э}} = \frac{2ab}{a+b}, \quad (6.7)$$

где a и b - длины сторон воздуховода, м.

$$d_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 0,10}{0,15 + 0,10} = 0,12 \text{ м,}$$

$$\text{Re} = \frac{2,093 \cdot 0,12}{1,53 \cdot 10^{-5}} = 16412.$$

$$\lambda_{\text{т}} = \frac{0,3164}{16412^{0,25}} = 0,028.$$

$$R = \frac{0,028}{0,12} \cdot 2,63 = 0,61 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

Потери давления на трение, Па, рассчитываются по формуле:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l \cdot n, \quad (6.8)$$

где l - длина участка канала, м;

n - безразмерный коэффициент учитывающий шероховатость канала, для стальных воздуховодов $n = 1$.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,61 \cdot 1,20 \cdot 1,00 = 0,73 \text{ Па.}$$

Для всех фасонных элементов определяем коэффициент местных сопротивлений :

- Потолочный диффузор 450x450 мм – $\Delta P = 1,5 \text{ Па}$;
- Гибкий воздуховод присоединяющий диффузор – $\Delta P = 2 \text{ Па}$;
- Первое боковое отверстие – $\zeta=2,28$;
- Тройник при нагнетании на ответвление $L_o/L_c=113/113=1,0$;
 $f_o/f_c=0,01/0,02=0,5$ – $\zeta=0,30$.
- Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход
 $L_o/L_c=113/226=0,5$; $f_n/f_c=0,02/0,03=0,67$ – $\zeta=0,37$.

Местные потери давления, Па, на участке рассчитываются по формуле:

$$Z = \sum \zeta \cdot P_d. \quad (6.9)$$

$$Z = 2,95 \cdot 2,63 = 7,75 \text{ Па.}$$

Суммарные потери давления, Па, рассчитываются по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + Z. \quad (6.10)$$

$$\Delta P = 0,73 + 7,75 + 1,50 + 2,00 = 12 \text{ Па.}$$

После определения потерь давления сети выполняем увязку ответвлений:

$$H = \frac{\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{отв}}}{\Delta P_{\text{маг}}} \cdot 100\%. \quad (6.11)$$

$$H = \frac{62 - 26}{62} \cdot 100 = 58\%.$$

Увязка производится с точностью 10%. В данном случае необходима установка дополнительные сопротивления (диафрагмы). Требуемый коэффициент местного сопротивления диафрагмы определяется по формуле:

$$\zeta_d = \frac{\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{отв}}}{P_d}, \quad (6.12)$$

где $\Delta P_{\text{маг}}$ - потери давления на магистральном участке воздуховода, Па;

$\Delta P_{\text{отв}}$ - потери давления на ответвлении, Па;

P_d - динамическое давление на участке, на который устанавливается диафрагма, Па.

$$\zeta_d = \frac{62 - 26}{3,78} = 9,5.$$

По результатам расчетов потери давления самой нагруженной ветви составляют 114 Па.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

6.3 Расчет вытяжной системы вентиляции В22

Для расчета аэродинамического сопротивления была выбрана система вентиляции №22.

Для примера выполним расчет одного участка, итоги по остальным участкам сводим в приложение Д.

Требуемая площадь сечения, м², на участке рассчитывается по формуле 6.1:

$$F^* = \frac{373}{3600 \cdot 2} = 0,05 \text{ м}^2.$$

К проектированию принимаем воздуховод с размерами 250X200 мм, площадью 0,05 м².

Фактическая скорость, м/с, на участке рассчитывается по формуле 6.2:

$$v_{\text{ф}} = \frac{373}{3600 \cdot 0,05} = 2,072 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Динамическое давление, Па, рассчитывается по формуле 6.3:

$$P_{\text{д}} = \frac{1,2 \cdot 2,072^2}{2} = 2,58 \text{ Па}.$$

Эквивалентный диаметр воздуховода, м, рассчитывается по формуле 6.7:

$$d_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 0,20}{0,25 + 0,20} = 0,22 \text{ м}.$$

Число Рейнольдса, рассчитывается по формуле 6.6:

$$Re = \frac{2,072 \cdot 0,22}{1,53 \cdot 10^{-5}} = 30098.$$

Коэффициент гидравлического сопротивления трения, рассчитывается по формуле 6.5:

$$\lambda_{\text{т}} = \frac{0,3164}{30098^{0,25}} = 0,024.$$

Удельные потери давления на трение, Па/м, рассчитываются по формуле 6.4:

$$R = \frac{0,024}{0,22} \cdot 2,58 = 0,28 \frac{\text{Па}}{\text{м}}.$$

Потери давления на трение, Па, рассчитываются по формуле 6.8:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,28 \cdot 1,80 \cdot 1,00 = 0,50 \text{ Па}.$$

Для всех фасонных элементов определяем коэффициент местных сопротивлений :

- Потолочный диффузор 600x600 мм – $\Delta P = 1,20 \text{ Па}$;
- Гибкий воздуховод присоединяющий диффузор – $\Delta P = 2,00 \text{ Па}$;
- Первое боковое отверстие $F_{\text{отв}}/F_0 = 0,05/0,05=1 - \zeta=2,20$;
- Тройник с изменением сечения на проход $L_0/L_c=373/746=0,5$;
 $f_{\text{п}}/f_c=0,05/0,08=0,63$; $f_0/f_c=0,05/0,08=0,63 - \zeta=0,64$.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Местные потери давления, Па, на участке рассчитываются по формуле 6.9:

$$Z = 2,84 \cdot 2,58 = 7,32 \text{ Па.}$$

Суммарные потери давления, Па, рассчитываются по формуле 6.10:

$$\Delta P = 0,50 + 7,32 + 1,20 + 2,00 = 11 \text{ Па.}$$

Выполняем увязку ответвлений по формуле 6.11:

$$H = \frac{35 - 28}{35} \cdot 100 = 20\%.$$

Увязка производится с точностью 10%. В данном случае необходима установка дополнительных сопротивлений (диафрагмы). Требуемый коэффициент местного сопротивления диафрагмы определяется по формуле 6.12:

$$\zeta_d = \frac{35 - 28}{10,32} = 0,68.$$

По результатам расчетов потери давления самой нагруженной ветви составляют 60 Па.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

7 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

7.1 Оборудование системы отопления

Подбор отопительных приборов, автоматических балансировочных клапанов и терморегуляторов выполняем в расчетной программе Danfoss C.O.

Тепловой расчет отопительных приборов производится с целью определения необходимого числа секций прибора.

Требуемый номинальный условный тепловой поток, Вт, рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{н\acute{u}}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{\varphi_{\text{к}}}, \quad (7.1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ - расчётная теплопередача прибора, Вт, равняется теплотерям в помещении;

$\varphi_{\text{к}}$ - комплексный коэффициент приведения номинального условного теплового потока к расчётным условиям, рассчитывается по формуле:

$$\varphi_{\text{к}} = \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70}\right)^{n+1} \left(\frac{G_{\text{пр}}}{360}\right)^p \cdot c \cdot \psi \cdot b, \quad (7.2)$$

где $G_{\text{пр}}$ - фактический расход теплоносителя, кг/ч;

n, p, c - экспериментальные числовые показатели, которые устанавливаются экспериментальным путём [таблица 9.2, 23];

ψ - коэффициент учёта направления движения воды в приборе;

b - коэффициент, учитывающий барометрическое давление [таблица 9.1, 23];

$\Delta t_{\text{ср}}$ - температурный напор, °С, рассчитывается по формуле:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{г}} + t_{\text{о}}}{2} - t_{\text{в}}, \quad (7.3)$$

где $t_{\text{г}}$ - температура горячего теплоносителя, °С;

$t_{\text{о}}$ - температура обратного теплоносителя, °С;

$t_{\text{в}}$ - температура помещения, °С.

При выборе отопительного прибора требуемое значение условного теплового потока не должно превышать фактическое значение более чем на 15%.

Для предотвращения возникновения ситуации, когда в один отопительный прибор подается избыточный объем теплоносителя, в то время как в другой его подается недостаточное количество, для стояка подбирается автоматический балансировочный клапан перепада давлений.

Так как на стояке установлены клапаны RTR-N-P, имеющие функцию предварительной настройки пропускной способности, в качестве запорного

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

устройства выбирается клапан ASV-I H, автоматический балансировочный клапан ASV-PV. Диаметр обоих клапанов принимается по диаметру стояка.

Потери давления в запорном клапане, Па, рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_M = \left(\frac{G}{k_{VS}} \right)^2, \quad (7.4)$$

где G - расход теплоносителя, кг/ч;

k_{VS} - пропускная способность клапана.

Потери давления в балансировочном клапане, Па, рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_{БК} = \Delta P_0 - \Delta P_{СТ} - \Delta P_M, \quad (7.5)$$

где ΔP_0 - потери давления в основном циркуляционном кольце, Па;

$\Delta P_{СТ}$ - потери давления в стояке, Па.

Далее по номограммам производителя находится пропускная способность и степень открытия клапана.

При расчете терморегуляторов требуется выбрать настройки клапана. Значения настройки выбираются по диаграммам производителя в зависимости от расхода теплоносителя через отопительный прибор и перепада давления на клапане принимаемого равным 10 кПа.

Настройка может быть также определена по пропускной способности клапана определенной по формуле:

$$k_{VS} = \frac{G}{\sqrt{\Delta P}}, \quad (7.6)$$

где ΔP - потери давления на клапане, Па.

Сводная таблица подбора оборудования приведена в приложении Е.

7.2 Приточная и вытяжная установки системы вентиляции

Подбор установок производился в расчетной программе NCAD.

На первом этапе необходимо подобрать типоразмер установки. Для этого по каталогам производителя по объемному расходу воздуха подбирается значения сечения установки.

Подбор вентилятора производится по значениям расхода воздуха и потерь давления.

Расход воздуха, м³/ч, для вентилятора принимается на 20 % больше для компенсации утечек, рассчитывается по формуле:

$$L_B = 1,2 \cdot L_p. \quad (7.7)$$

где L_p - расчетный расход воздуха, м³/ч, через установку.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Потери давления, Па, для вентилятора принимаются на 10 % больше, рассчитывается по формуле:

$$P_B = 1,1 \sum \Delta P, \quad (7.8)$$

где $\sum \Delta P$ - потери давления по сети и в оборудовании системы вентиляции, Па.

Для расчета калорифера были заданы параметры теплоносителя в системе обвязки калорифера, значения температур наружного и внутреннего воздуха в холодный период года. Расчет сводится к определению необходимой площади нагрева которая не должна превышать значение фактической более чем на 10%.

Требуемая площадь поверхности нагрева калорифера, м², рассчитывается по формуле:

$$F_{тр} = \frac{1,1 \cdot Q}{K \cdot (\tau_{ср}^T - \tau_{ср}^B)}, \quad (7.9)$$

где Q - расход теплоты для нагрева воздуха, Вт, рассчитывается по формуле:

$$Q = 0,28 \cdot L \cdot \rho \cdot c(t_K - t_H) \quad (7.10)$$

где L - расход воздуха через калорифер, м³/ч;

ρ - плотность воздуха, кг/м³;

c - удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);

t_K - конечная температура нагрева, °C;

t_H - температура наружного воздуха, °C.

K - коэффициент теплопередачи калорифера;

$\tau_{ср}^T$ - средняя температура теплоносителя, °C, рассчитывается по формуле:

$$\tau_{ср}^T = \frac{t_r + t_o}{2}, \quad (7.11)$$

где t_r - температура воды на входе в калорифер, °C;

t_o - температура воды на выходе из калорифера, °C.

$\tau_{ср}^B$ - средняя температура воздуха, °C, рассчитывается по формуле:

$$\tau_{ср}^B = \frac{t_H + t_K}{2}. \quad (7.12)$$

Результаты подбора приточной П9 и вытяжной В22 установок приведены в приложении Ж.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

8 АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ П9

8.1 Характеристика объекта автоматизации

Для проектирования системы автоматизации была выбрана приточная установка №9 обслуживающая помещения второго и третьего этажей в осях Д-М/1-12. Приточная установка включает в себя следующие элементы:

- воздухоприемный клапан;
- секция фильтрации;
- водяной поверхностный воздухонагреватель;
- вентиляторная секция;
- секция шумоглушения.

Система автоматизации выполняется в соответствии с рекомендациями «Проектирование систем автоматического регулирования: учебное пособие» Волошенко А.В. [16].

8.2 Техническое задание

Система автоматизации приточной установки предполагает выполнение следующих функций:

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

8.3 Автоматическое регулирование технологических параметров

В приточной установке автоматически регулируются и поддерживаются на заданном уровне следующие параметры:

- расход приточного воздуха;
- температура приточного воздуха в холодный период года.

8.4 Контроль параметров

Предусмотрен контроль следующих параметров:

- температура приточного воздуха до калорифера (6-1);
- температура приточного воздуха за калорифером (6-3);
- температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы обвязки калорифера (6-2);
- перепад давления на фильтре (3-1);
- производительность вентилятора(8-1).

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

8.5 Описание работы системы

Показания с датчика температуры, установленного после калорифера, поступают на контроллер. В случае отклонения значения температуры вверх, контроллер подает воздействие на исполнительный механизм двухходового клапана, расход теплоносителя через него уменьшается, по линии смешения происходит подмес теплоносителя из обратного трубопровода в подающий. Во время работы установки непрерывно отслеживается температура приточного воздуха после калорифера.

8.6 Блокировка и защита оборудования

Блокировка в системе выполняется от следующих ситуаций:

При запуске приточной установки в случае отрицательной наружной температуры происходит задержка запуска вентилятора на 15 мин, в течение которых работает подогрев воздушного клапана, а в последние 120 секунд производится прогрев калорифера пропуском горячей воды при полном открытии клапана и пуске циркуляционного насоса.

Защита в системе выполняется от замораживания калорифера.

Защита производится путем контроля минимальной допускаемой температуры воздуха за калорифером и температуры обратной воды с системе обвязки калорифера. При достижении установленной минимальной температуры воздуха сигнал поступает на контроллер, который в свою очередь отдает команду закрытия воздушного клапана на входе в установку, остановку двигателя вентилятора и максимальное открытие водяного клапана.

Функциональная схема автоматизации приточной установки представлена в графической части.

С помощью проектирования системы автоматизации приточной установки достигается автоматическое регулирование технологических параметров, контроль параметров воздуха, блокировка и защита оборудования в случае аварии, технологическая и аварийная сигнализация.

8.7 Сигнализация

В блоке управления и автоматизации системы предусматривается технологическая и аварийная сигнализация.

Технологическая сигнализация предназначена для отображения состояния объекта и позволяет вести наблюдение за параметрами регулирования. Аварийная сигнализация необходима в случаях, которые могут привести к аварии оборудования, и снабжена световым источником.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Внешний пульт дистанционного управления вырабатывает следующие сигналы:

Защита от замораживания. При угрозе замораживания загорается индикатор «Угроза замораживания». Включается защита от замораживания.

Аварийный сигнал загрязнения фильтра. При загрязнении фильтра загорается индикатор «Фильтр».

8.8 Обоснование установки системы автоматизации

Установка автоматизированной системы вентиляции позволяет в автоматическом режиме регулировать расход и температуру воздуха подаваемого в помещение, выполнять функции по защите калорифера от заморозки и в случае экстренных ситуаций оповещать обслуживаемый персонал с помощью аварийной сигнализации.

Автоматика эффективна для поддержания в помещении лучших санитарно-гигиенических и температурных показателей, кроме того, она экономит средства пользователя, быстро оптимизируя работу системы. Правильно обустроенный агрегат снижает экономические затраты.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы в здании школы в осях Д-Ц/1-12 для решения поставленных задач были запроектированы системы приточной и вытяжной вентиляции с механическим и естественным движением воздуха, были разработаны схемы разводки воздуховодов, рассчитаны воздухораспределительные и воздухозаборные устройства, подобраны приточные и вытяжные установки.

По результатам расчетов для приточной системы вентиляции П9 была подобрана приточная система с вентилятором рассчитанным на располагаемый напор равный 114 Па и расходом воздуха 15702 м³/ч. Для вытяжной системы вентилятор подобран на располагаемый напор 60 Па и расход воздуха равный 2670 м³/ч. Калорифер в приточной системе рассчитан на нагрев наружного воздуха с температурой -34 °С до температуры приточного воздуха равной 20 °С. Все приточные и вытяжные установки системы вентиляции приняты фирмы VENTUS.

В качестве воздухораспределительных и воздухозаборных устройств для помещений учебных классов, мастерских и рекреаций приняты потолочные регулируемые диффузоры типа АПР, в остальных помещениях школы приняты регулируемые алюминиевые решетки типа АМР и диффузоры ДПУ-М производства фирмы Арктос.

Для защиты калориферов от заморозки разработаны схема автоматического управления приточных установок, которые также обеспечивают поддержание необходимых параметров приточного воздуха.

Также были запроектированы вертикальные двухтрубные системы отопления с тупиковым движением теплоносителя, разработаны схемы разводки магистралей, рассчитаны отопительные приборы. По результатам расчетов тепловая нагрузка на систему отопления СО9 составляет 53353 Вт, потери давления в основном циркуляционном кольце равны 36952 Па. В качестве отопительных приборов к проектированию приняты чугунные секционные радиаторы МС-140М2-500 с односторонним боковым подключением к стояку и движением теплоносителя «сверху-вниз».

Тепловая нагрузка на систему отопления здания в осях Д-Ц/1-12 составляет 249590 Вт.

Для управления параметрами микроклимата была применена система автоматизации, что позволило автоматически поддерживать комфортные условия пребывания людей в помещениях. Для этого на подводках к отопительным приборам установлены радиаторные терморегуляторы типа RTR-N-P

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

производства фирмы Danfoss. Поскольку установлены автоматические терморегуляторы, а следовательно расход на стояках системы постоянно изменяется, то для увязки системы были запроектированы автоматические балансировочные клапана ASV-PVс запорным клапаном партнером ASV-I Н на каждом стояке

На основе подобранных конструктивных решений возможен монтаж и дальнейшее использование систем отопления и вентиляции в зданиях школы в городе Челябинске.

Благодаря применению современных материалов, автоматизации систем отопления при помощи балансировочных клапанов и терморегуляторов, вместе с автоматизацией систем вентиляции, предлагаемые мероприятия эффективны с точки зрения энергосбережения и уменьшения расходов на обслуживание и ремонт систем.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИ СПИСОК

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 109 с.
2. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. / Стандартинформ.– М.: 2011. – 20 с.
3. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий: справочное пособие / Ю.С. Краснов. – Москва: Термокул, 2006. – 288 с.
4. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: Госстрой России, 2016. – 76 с.
5. СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009. – М.: ФАУ «ФЦС», 2012.
6. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Изд-во стандартов, 2013.
7. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные: сортамент. – М.: Из-во стандартов, 1991. – 11 с.
8. ГОСТ 3262-75* Трубы стальные водогазопроводные: технические условия. – М.: Из-во стандартов, 1976. – 8 с.
9. ГОСТ 23208-2003 Цилиндры и полуцилиндры теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем: технические условия. – М.: Госстрой России, 2004. – 9 с.
10. ГОСТ 19907-2015 Ткани электроизоляционные из стеклянных скрученных комплексных нитей: технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 8 с.
11. СП 251.1325800.2016 Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 49 с.
12. СанПиН 2.4.2.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям организации обучения в общеобразовательных организациях. – М.: 2011. – 43 с.
13. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1: справочник проектировщика / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; под ред Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера, – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

14. Богословский В.Н. Отопление и вентиляция: учебник для вузов: в 2ч / В.Н. Богословский, Б.Д. Симаков, В.П. Титов. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
15. Сканавин А.Н. Отопление: учебник для вузов / А.Н. Сканавин, В.Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
16. Волошенко А.В. Проектирование систем автоматического регулирования: учебное пособие / А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов. – Томск: Издательство ТПУ, 2011. – 108 с.
17. ГОСТ 21.404-85 СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 12 с.
18. СТО НП АВОК 1.05-2006 Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплоснабжения / М.Г. Тарабанов, Л.П. Авдеева, В.Е. Василевская и др. – М.: НП «АВОК», 2004. – 49 с.
19. ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. – М.: Стандартинформ, 2014. – 54 с.
20. ГОСТ 21.501-2011 СПДС. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. – М.: Стандартинформ, 2013. – 41 с.
21. ГОСТ 21.602-2016 СПДС. Правила выполнения рабочей документации для систем отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
22. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.
23. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 1. Отопление: справочник проектировщика / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканавин и др.; под ред И.Г. Староверова, Ю.И. Шиллера, – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.

					13.03.01.2019.224.12. ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчетные данные потерь теплоты

Климатическая характеристика:

Барометрическое давление, ГПа: 990

Отопительный период, сут: 233

Средняя температура периода, °С: -5.5

Параметры А - температура, °С: -21 скорость ветра, м/сек: 5

Параметры Б - температура, °С: -34 скорость ветра, м/сек: 4,5

Итоговая таблица результатов расчёта потерь тепла по зданию

Номер помещения Наименование	тип	темпе- ратура в помещ.	потери теплоты		Тепло- поступ- ления Вт	расчетная теп- ловая нагрузка для теплогид- равлич. расчета
			парам А Вт	парам Б Вт		
1 Коридор	Технич	16 °С	2130	2880		2880
2 Венткамера	Технич	10 °С	680	960		960
3 Службное помещение	Технич	18 °С	330	390		440
4 Комната хранения люм	Технич	16 °С	220	290		290
5 Службное помещение	Технич	18 °С	700	880		930
6 Электрощитовая	Технич	10 °С	530	750		750
7 Службное помещение	Технич	18 °С	570	760		760
12 Коридор	Технич	10 °С	520	740		740
13 Венткамера	Технич	10 °С	1060	1500		1500

ИТОГО по подвалу (Вт):

Потери тепла параметры А: 6740

Потери тепла параметры Б: 9150

Расчётная тепловая нагрузка для отопления: **9150**

07 Гардероб	Общест	18 °С	130	130		170
47 Конференц-зал	Общест	18 °С	6040	8050		8050
47а Артистическая	Общест	20 °С	240	310		310
48 Радиоузел	Общест	18 °С	90	90		110
49 Коридор	Общест	18 °С	480	480		640
50 Мастерская по обрабо	Общест	18 °С	3380	4500		4510
51 Мастерская по обрабо	Общест	18 °С	4310	5740		5750
52 Инструментальная	Общест	16 °С	800	1080		1080
53 Коридор	Общест	18 °С	610	810		810
54 Комата мастера	Общест	18 °С	1190	1590		1590
58 Кабинет психолога	Общест	21 °С	2000	2560		2620
59 Стоматологический ка	Общест	21 °С	590	730		770
60 Процедурная	Общест	22 °С	600	740		780
61 Кабинет врача	Общест	21 °С	1210	1530		1590
62 Коридор	Общест	18 °С	50	50		60
64 Санузел	Общест	20 °С	310	360		400
65 Комната личной гигие	Общест	23 °С	20	20		30
66 Санузел	Общест	20 °С	30	30		40
67 Комната личной гигие	Общест	23 °С	20	20		20
68 Санузел	Общест	20 °С	360	450		470
69 Бухгалтерия	Общест	19 °С	1580	2070		2100
70 Касса	Общест	18 °С	20	20		30
71 Коридор	Общест	18 °С	370	370		490
72 Рекреация	Общест	18 °С	1260	1630		1680
75 Библиотека	Общест	18 °С	4050	5320		5400
77 Читальный зал	Общест	20 °С	10930	14140		14390
78 Кабинет по обработке	Общест	20 °С	4160	5380		5480
79 Кабинет кулинарии	Общест	20 °С	2780	3600		3670
80 Кабинет зам директор	Общест	19 °С	990	1290		1310
81 Гардероб	Общест	18 °С	50	50		70
82 Вестибюль	Общест	18 °С	4470	5880		5960
83 Кабинет директора	Общест	19 °С	1300	1690		1720

ИТОГО по этажу 1 (Вт):

Потери тепла параметры А: 54420

Потери тепла параметры Б: 70710

Расчётная тепловая нагрузка для отопления: **70710**

Продолжение приложения А

31	Универсальный класс	Общест	21 °С	4440	5820	5820
32	Универсальный класс	Общест	20 °С	4280	5640	5640
33	Рекреация	Общест	18 °С	1610	2140	2140
35	Коридор	Общест	18 °С	960	1270	1270
36	Кабинет зам директор	Общест	19 °С	1960	2600	2600
37	Кабинет	Общест	19 °С	1280	1690	1690
38	Кабинет рисования и	Общест	20 °С	4760	6270	6270
39	Учительская	Общест	19 °С	3450	4560	4560
41	Рекреация	Общест	18 °С	1860	2480	2480
43	Кабинет иностранного	Общест	20 °С	3140	4130	4130
44	Универсальный класс	Общест	20 °С	3740	4920	4920
45	Универсальный класс	Общест	20 °С	2990	3930	3930
46	Кабинет биологии	Общест	20 °С	2970	3910	3910
47	Лаборатория кабинета	Общест	20 °С	870	1140	1140
48	Кабинет химии	Общест	20 °С	3040	4000	4000
49	Лаборатория кабинета	Общест	20 °С	940	1240	1240
50	Универсальный класс	Общест	20 °С	2920	3850	3850
51	Универсальный класс	Общест	20 °С	2860	3770	3770
52	Кабмнет информатики	Общест	20 °С	4610	6070	6070
54	Санузел	Общест	20 °С	270	360	360
55	Санузел	Общест	20 °С	170	230	230

ИТОГО по этажу 2 (Вт):

Потери тепла параметры А: 53120

Потери тепла параметры Б: 70020

Расчётная тепловая нагрузка для отопления: **70020**

16	Универсальный класс	Общест	20 °С	4830	6360	6360
17	Универсальный класс	Общест	20 °С	4740	6240	6240
18	Рекреация	Общест	18 °С	2390	3190	3190
20	Коридор	Общест	18 °С	1670	2230	2230
21	Кабинет иностранного	Общест	20 °С	3040	4000	4000
22	Кабинет иностранного	Общест	20 °С	2450	3220	3220
23	Кабинет	Общест	20 °С	2190	2880	2880
24	Кабинет	Общест	20 °С	1630	2140	2150
25	Студия живописи	Общест	20 °С	4080	5370	5370
27	Рекреация	Общест	18 °С	2360	3150	3150
28	Кабинет иностранного	Общест	20 °С	3500	4610	4610
29	Универсальный класс	Общест	20 °С	4140	5460	5460
30	Универсальный класс	Общест	20 °С	3380	4450	4450
31	Кабинет физики	Общест	20 °С	3500	4610	4610
32	Лабаратория кабинета	Общест	20 °С	1000	1310	1310
33	Кабинет физики	Общест	20 °С	3500	4610	4610
34	Лабаратория кабинета	Общест	20 °С	1040	1370	1370
35	Универсальный класс	Общест	20 °С	3360	4420	4420
36	Универсальный класс	Общест	20 °С	3320	4360	4370
37	Кабинет информатики	Общест	20 °С	4740	6240	6240
38	Коридор	Общест	18 °С	1260	1670	1670
39	Санузел	Общест	20 °С	420	550	550
40	Санузел	Общест	20 °С	430	560	560
41	Комнат личной гигиен	Общест	20 °С	40	50	50
42	Санузел	Общест	20 °С	50	60	60
43	Комната уборочного и	Общест	15 °С	40	50	50
51	Серверная	Общест	15 °С	250	340	340

ИТОГО по этажу 3 (Вт):

Потери тепла параметры А: 63350

Потери тепла параметры Б: 83500

Расчётная тепловая нагрузка для отопления: **83500**

8	Лестничная клетка	Общест	16 °С	1710	2280	2300
56	Лестничная клетка	Общест	16 °С	4990	6750	6750
73	Лестничная клетка	Общест	16 °С	5320	7180	7180

ИТОГО по лестничным клеткам (Вт):

Потери тепла параметры А: 12020

Потери тепла параметры Б: 16210

Расчётная тепловая нагрузка для отопления: **16210**

Расчётная тепловая нагрузка для отопления: 249590 Вт.

Отношение расчётная тепловой нагрузки к площади пола 56 Вт/м²

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
I-d диаграммы

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Гидравлический расчет системы отопления

Таблица В.1 – Гидравлический расчет СО9

Тип уч-ка	Ст.	Уч-ок	l, м	Пом-ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
О		1	30,21	0016	40	53353	0,636	2,328	0,490	123,3	3724	1,8	3939
О		2	25,60	0016	32	24443	0,291	1,067	0,293	53,8	1377	2,9	1500
		DANF BVR			dn = 32 мм				kv = 84,000				
О		3	2,90	0016	32	20158	0,240	0,881	0,242	37,0	107	0,5	122
О		4	2,60	0016	25	17311	0,206	0,756	0,370	125,0	325	1,5	426
О		5	3,27	0016	25	14465	0,172	0,632	0,309	88,0	288	0,5	311
О		6	5,11	0016	25	11618	0,138	0,508	0,248	57,5	294	0,5	308
О		7	2,41	0016	20	7266	0,087	0,318	0,250	80,7	195	1,8	250
О		8	2,48	0016	20	2913	0,035	0,127	0,100	14,1	35	0,5	37
О	1	9	6,90	1077	20	2913	0,035	0,127	0,100	14,1	97	1993,2	10100
		DANF BVR			dn = 20 мм				kv = 28,000				
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13				dn = 15 мм				
					Δpst = 12,00 кПа				kv = 0,403 м ³ /ч				
О	1		0,70	2043	20	1377	0,016	0,060	0,048	1,6	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	1	10	3,90	2043	20	1537	0,018	0,067	0,053	2,0	8	0,5	8
О	1	10	0,70	3028	20	1537	0,018	0,067	0,053	1,9	1	1,7	4
		DANF BVR			dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	2	11	2,80	0016	20	4352	0,052	0,190	0,150	30,0	84	895,4	10145
		DANF BVR			dn = 20 мм				kv = 28,000				
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13				dn = 15 мм				
					Δpst = 12,00 кПа				kv = 0,601 м ³ /ч				
О	2		0,60	1077	20	1439	0,017	0,063	0,050	1,8	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	2	12	3,90	1077	20	2913	0,035	0,127	0,100	14,0	55	0,5	57
О	2		0,70	2043	20	1377	0,016	0,060	0,048	1,6	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	2	13	3,90	2043	20	1537	0,018	0,067	0,053	1,9	8	0,5	8
О	2	13	0,70	3028	20	1537	0,018	0,067	0,053	1,9	1	1,7	4
		DANF BVR			dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	3	14	2,80	0016	20	4352	0,052	0,190	0,150	30,0	84	938,4	10628
		DANF BVR			dn = 20 мм				kv = 28,000				
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13				dn = 15 мм				
					Δpst = 12,00 кПа				kv = 0,587 м ³ /ч				
О	3		0,60	1077	20	1439	0,017	0,063	0,050	1,8	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	3	15	3,90	1077	20	2913	0,035	0,127	0,100	14,0	55	0,5	57
О	3		0,73	2043	20	1377	0,016	0,060	0,048	1,6	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм				kv = 15,000				

Продолжение таблицы В.1

Тип участка	Ст.	Уч-ок	l, м	Пом-ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па	
О	3	16	3,90	2043	20	1537	0,018	0,067	0,053	1,9	8	0,5	8	
О	3	16	0,70	3028	20	1537	0,018	0,067	0,053	1,9	1	1,7	4	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	4	17	2,80	0016	20	2847	0,034	0,124	0,098	13,5	38	2331,3	11211	
DANF BVR				dn = 20 мм					kv = 28,000					
ASV-PV25 EPP				Настройка: 13					dn = 15 мм					
				Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,372 м ³ /ч					
О	4		0,60	1077	20	1439	0,017	0,063	0,050	1,8	1	2,4	4	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	4	18	3,90	1077	20	1408	0,017	0,061	0,048	1,9	7	0,5	8	
О	4		0,69	2041	20	620	0,007	0,027	0,021	0,7	1	2,4	1	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	4	19	3,90	2041	20	788	0,009	0,034	0,027	1,1	4	0,5	4	
О	4	19	0,70	3027	20	788	0,009	0,034	0,027	1,1	1	1,7	1	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	5	20	2,80	0016	20	2847	0,034	0,124	0,098	13,5	38	2461,1	11834	
DANF BVR				dn = 20 мм					kv = 28,000					
ASV-PV25 EPP				Настройка: 13					dn = 15 мм					
				Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,362 м ³ /ч					
О	5		0,60	1077	20	1439	0,017	0,063	0,050	1,8	1	2,4	4	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	5	21	3,90	1077	20	1408	0,017	0,061	0,048	1,9	7	0,5	8	
О	5		0,70	2041	20	620	0,007	0,027	0,021	0,7	1	2,4	1	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	5	22	3,90	2041	20	788	0,009	0,034	0,027	1,1	4	0,5	4	
О	5	22	0,70	3027	20	788	0,009	0,034	0,027	1,1	1	1,7	1	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	6	23	2,80	0016	20	2847	0,034	0,124	0,098	13,5	38	2632,1	12654	
DANF BVR				dn = 20 мм					kv = 28,000					
ASV-PV25 EPP				Настройка: 13					dn = 15 мм					
				Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,350 м ³ /ч					
О	6		0,60	1077	20	1439	0,017	0,063	0,050	1,8	1	2,4	4	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	6	24	3,90	1077	20	1408	0,017	0,061	0,048	1,9	7	0,5	8	
О	6		0,71	2041	20	620	0,007	0,027	0,021	0,7	1	2,4	1	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	6	25	3,90	2041	20	788	0,009	0,034	0,027	1,1	4	0,5	4	
О	6	25	0,70	3027	20	788	0,009	0,034	0,027	1,1	1	1,7	1	
DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000					
О	7	26	2,80	0016	20	4286	0,051	0,188	0,148	29,1	82	1178,6	12930	

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
		DANF BVR			dn = 20 мм					kv = 28,000			
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13					dn = 15 мм			
					Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,524 м ³ /ч			
О	7		0,70	1077	20	1439	0,017	0,063	0,050	1,8	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	7		0,60	1077	20	1439	0,017	0,063	0,050	1,8	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	7	27	3,90	1077	20	1408	0,017	0,061	0,048	1,9	7	0,9	8
О	7		0,72	2041	20	620	0,007	0,027	0,021	0,7	1	2,4	1
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	7	28	3,90	2041	20	788	0,009	0,034	0,027	1,1	4	0,5	4
О	7	28	0,72	3027	20	788	0,009	0,034	0,027	1,0	1	1,7	1
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О		29	6,51	0013	32	28910	0,345	1,262	0,346	74,6	486	1,6	580
		DANF BVR			dn = 32 мм					kv = 84,000			
О		30	2,40	0013	20	1500	0,018	0,066	0,052	1,9	5	0,9	6
О	8		0,60	0013	20	1500	0,018	0,066	0,052	2,0	1	1,7	4
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О		31	6,51	0016	32	27410	0,327	1,197	0,328	67,2	438	0,5	465
О		32	0,42	0016	20	6867	0,082	0,299	0,236	72,5	30	0,3	39
О		33	3,09	0016	20	2570	0,031	0,111	0,088	7,6	23	0,5	25
О		34	5,20	0016	20	1190	0,014	0,052	0,041	1,9	10	0,5	10
О	16	34	2,90	0016	20	1190	0,014	0,052	0,041	1,8	5	16199,8	13390
		DANF BVR			dn = 20 мм					kv = 28,000			
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13					dn = 15 мм			
					Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,141 м ³ /ч			
О	16		0,60	1064	20	400	0,005	0,017	0,014	0,5	0	2,4	1
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	16	35	3,90	1064	20	790	0,009	0,034	0,027	1,3	5	0,5	5
О	16		0,72	2055	20	230	0,003	0,010	0,008	0,3	0	2,4	0
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	16	36	3,90	2055	20	560	0,007	0,024	0,019	0,9	3	0,5	4
О	16		0,72	3040	20	560	0,007	0,024	0,019	0,9	1	1,7	1
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О		37	6,37	0016	32	20543	0,245	0,897	0,246	38,3	244	1,2	281
О		38	5,30	0016	25	16246	0,194	0,710	0,347	110,4	585	2,1	710
О		39	2,50	0016	25	13784	0,164	0,602	0,294	80,1	200	0,5	221
О		40	2,79	0016	25	10482	0,125	0,458	0,224	47,1	131	0,5	143
О		41	1,46	0016	20	7180	0,086	0,314	0,247	78,9	115	1,5	160
О	9		0,30	0016	20	7180	0,086	0,314	0,247	78,9	24	351,4	10739

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
		DANF BVR			dn = 20 мм					kv = 28,000			
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13					dn = 15 мм			
					Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,960 м ³ /ч			
О	9		0,40	1073	20	1436	0,017	0,063	0,050	1,7	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	9	42	7,05	1073	20	5744	0,068	0,251	0,197	51,3	362	0,5	371
О	9		0,40	2042	20	1436	0,017	0,063	0,050	1,7	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	9	43	3,90	3026	20	4308	0,051	0,188	0,148	29,6	115	0,5	120
О	9		0,40	3026	20	1436	0,017	0,063	0,049	1,7	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	9	44	3,90	4006	20	2872	0,034	0,125	0,099	13,8	54	0,5	56
О	9		0,40	4006	20	1436	0,017	0,063	0,049	1,7	1	2,4	4
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	9	45	2,61	4106	20	1436	0,017	0,063	0,049	1,8	5	0,5	5
О	9		0,40	4106	20	1436	0,017	0,063	0,049	1,8	1	1,7	3
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	10	46	0,20	0016	20	3302	0,039	0,144	0,114	17,8	4	1710,8	11034
		DANF BVR			dn = 20 мм					kv = 28,000			
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13					dn = 15 мм			
					Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,435 м ³ /ч			
О	10		0,60	1072	20	840	0,010	0,037	0,029	0,9	1	2,4	2
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	10	47	3,90	1072	20	2462	0,029	0,108	0,085	9,8	38	0,5	40
О	10		0,72	2052	20	1214	0,014	0,053	0,042	1,4	1	2,4	3
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	10	48	3,90	2052	20	1248	0,015	0,054	0,043	1,6	6	0,5	7
О	10		0,72	3037	20	1248	0,015	0,054	0,043	1,6	1	1,7	3
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	11	49	0,20	0016	20	3302	0,039	0,144	0,114	17,8	4	1753,6	11321
		DANF BVR			dn = 20 мм					kv = 28,000			
		ASV-PV25 EPP			Настройка: 13					dn = 15 мм			
					Δpst = 12,00 кПа					kv = 0,429 м ³ /ч			
О	11		0,60	1072	20	840	0,010	0,037	0,029	0,9	1	2,4	2
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	11	50	3,90	1072	20	2462	0,029	0,108	0,085	10,0	39	0,5	41
О	11		0,72	2052	20	1214	0,014	0,053	0,042	1,3	1	2,4	3
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	11	51	3,90	2052	20	1248	0,015	0,054	0,043	1,6	6	0,5	7
О	11		0,72	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,5	1	1,7	3
		DANF BVR			dn = 15 мм					kv = 15,000			

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
О	12	52	4,10	1072	20	2462	0,029	0,108	0,085	10,0	41	3560,7	12807
	DANF BVR				dn = 20 мм				kv = 28,000				
	ASV-PV25 EPP				Настройка: 14				dn = 15 мм				
					Δpst = 11,00 кПа				kv = 0,301 м ³ /ч				
О	12		0,72	2052	20	1214	0,014	0,053	0,042	1,3	1	2,4	3
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	12	53	3,90	2052	20	1248	0,015	0,054	0,043	1,6	6	0,5	7
О	12		0,72	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,5	1	1,7	3
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	13	54	0,20	0016	20	4297	0,051	0,188	0,148	29,3	6	1199,1	13151
	DANF BVR				dn = 20 мм				kv = 28,000				
	ASV-PV25 EPP				Настройка: 13				dn = 15 мм				
					Δpst = 12,00 кПа				kv = 0,519 м ³ /ч				
О	13		0,60	1079	20	1835	0,022	0,081	0,063	4,5	3	2,4	7
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	13	55	3,90	1079	20	2462	0,029	0,108	0,085	10,0	39	0,5	41
О	13		0,72	2052	20	1214	0,014	0,053	0,042	1,4	1	2,4	3
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	13	56	3,90	2052	20	1248	0,015	0,054	0,043	1,6	6	0,5	6
О	13		0,72	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,5	1	1,7	3
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	14	57	2,90	0016	20	4297	0,051	0,188	0,148	29,3	85	1226,9	13527
	DANF BVR				dn = 20 мм				kv = 28,000				
	ASV-PV25 EPP				Настройка: 13				dn = 15 мм				
					Δpst = 12,00 кПа				kv = 0,513 м ³ /ч				
О	14		0,60	1079	20	1835	0,022	0,081	0,063	4,5	3	2,4	7
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	14	58	3,90	1079	20	2462	0,029	0,108	0,085	10,0	39	0,5	41
О	14		0,72	2052	20	1214	0,014	0,053	0,042	1,4	1	2,4	3
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	14	59	3,90	2052	20	1248	0,015	0,054	0,043	1,6	6	0,5	6
О	14		0,72	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,5	1	1,7	3
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	15	60	2,90	0016	20	1380	0,016	0,060	0,047	1,9	6	12008,6	13405
	DANF BVR				dn = 20 мм				kv = 28,000				
	ASV-PV25 EPP				Настройка: 13				dn = 15 мм				
					Δpst = 12,00 кПа				kv = 0,164 м ³ /ч				
О	15		0,60	1068	20	470	0,006	0,021	0,016	0,5	0	2,4	1
	DANF BVR				dn = 15 мм				kv = 15,000				
О	15	61	3,90	1068	20	910	0,011	0,040	0,031	1,4	5	0,5	6

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
О	15		0,72	2054	20	360	0,004	0,016	0,012	0,5	0	2,4	1
	DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000			
О	15	62	3,90	2054	20	550	0,007	0,024	0,019	0,8	3	0,5	3
О	15		0,72	3039	20	550	0,007	0,024	0,019	0,8	1	1,7	1
	DANF BVR				dn = 15 мм					kv = 15,000			
П		1	29,41	0016	40	53353	0,636	2,371	0,499	124,0	3648	1,8	3872
П		2	25,60	0016	32	24443	0,291	1,086	0,298	53,8	1377	2,2	1473
	DANF BVR				dn = 32 мм					kv = 84,000			
П		3	2,90	0016	32	20158	0,240	0,896	0,246	36,9	107	0,5	122
П		4	2,60	0016	25	17311	0,206	0,769	0,376	125,4	326	1,0	395
П		5	3,27	0016	25	14465	0,172	0,643	0,314	88,1	288	0,5	312
П		6	5,11	0016	25	11618	0,138	0,516	0,252	57,3	293	0,5	308
П		7	2,41	0016	20	7266	0,087	0,323	0,254	80,5	194	1,3	235
П	1	8	2,48	0016	20	2913	0,035	0,129	0,102	13,8	34	0,5	37
П	1	9	6,90	1077	20	2913	0,035	0,129	0,102	13,8	95	796,0	4210
	DANF BVR				dn = 20 мм					kv = 28,000			
	ASV-I H				Настройка: 0,75 dn = 15 мм								
	kv = 0,637 м ³ /ч												
П	1		0,80	2043	20	1377	0,016	0,061	0,048	2,0	2	7292,4	8390
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
	Авторитет = 0,65 kv = 0,210 м ³ /ч												
П	1	10	3,90	2043	20	1537	0,018	0,068	0,053	3,0	12	0,5	12
П	1		0,80	3028	20	1537	0,018	0,068	0,053	2,8	2	6132,0	8751
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
	Авторитет = 0,66 kv = 0,230 м ³ /ч												
П	2	11	2,80	0016	20	4352	0,052	0,193	0,152	29,7	83	338,1	3992
	DANF BVR				dn = 20 мм					kv = 28,000			
	ASV-I H				Настройка: 1,25 dn = 15 мм								
	kv = 0,980 м ³ /ч												
П	2		0,70	1077	20	1439	0,017	0,064	0,050	2,5	2	6503,7	8210
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
П					Авторитет = 0,66 kv = 0,223 м ³ /ч								
П	2	12	3,90	1077	20	2913	0,035	0,129	0,102	13,8	54	0,5	56
П	2		0,80	2043	20	1377	0,016	0,061	0,048	2,0	2	7376,3	8497
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
	Авторитет = 0,66 kv = 0,209 м ³ /ч												
П	2	13	3,90	2043	20	1537	0,018	0,068	0,054	3,1	12	0,5	13
П	2		0,80	3028	20	1537	0,018	0,068	0,053	2,9	2	6206,6	8867
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
	Авторитет = 0,67 kv = 0,228 м ³ /ч												

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
П	3	14	2,80	0016	20	4352	0,052	0,193	0,152	29,7	83	338,1	3993
	DANF BVR				dn = 20 мм				kv = 28,000				
	ASV-I H				Настройка: 1,25 dn = 15 мм								
					kv = 0,980 м ³ /ч								
П	3		0,70	1077	20	1439	0,017	0,064	0,050	2,6	2	6503,7	8211
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,66 kv = 0,223 м ³ /ч								
П	3	15	3,90	1077	20	2913	0,035	0,129	0,102	13,8	54	0,5	56
П	3		0,83	2043	20	1377	0,016	0,061	0,048	2,0	2	7377,6	8500
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,66 kv = 0,209 м ³ /ч								
П	3	16	3,90	2043	20	1537	0,018	0,068	0,054	3,1	12	0,5	13
П	3		0,80	3028	20	1537	0,018	0,068	0,053	2,9	2	6208,2	8870
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,67 kv = 0,228 м ³ /ч								
П	4	17	2,80	0016	20	2847	0,034	0,126	0,099	13,2	37	708,6	3541
	DANF BVR				dn = 20 мм				kv = 28,000				
	ASV-I H				Настройка: 0,8 dn = 15 мм								
					kv = 0,676 м ³ /ч								
П	4		0,70	1077	20	1439	0,017	0,064	0,050	2,5	2	6914,1	8723
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,216 м ³ /ч								
П	4	18	3,90	1077	20	1408	0,017	0,062	0,049	2,2	9	0,5	9
П	4		0,79	2041	20	620	0,007	0,027	0,022	0,6	0	39873,9	9277
	RTR-N-II				Настройка: 2,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,72 kv = 0,090 м ³ /ч								
П	4	19	3,90	2041	20	788	0,009	0,035	0,027	0,7	3	0,5	3
П	4		0,80	3027	20	788	0,009	0,035	0,027	0,8	1	25797,0	9604
	RTR-N-II				Настройка: 2,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,72 kv = 0,112 м ³ /ч								
П	5	20	2,80	0016	20	2847	0,034	0,126	0,099	13,2	37	708,6	3541
	DANF BVR				dn = 20 мм				kv = 28,000				
	ASV-I H				Настройка: 0,8 dn = 15 мм								
					kv = 0,676 м ³ /ч								
П	5		0,70	1077	20	1439	0,017	0,064	0,050	2,5	2	6913,4	8723
	RTR-N-II				Настройка: 4,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,216 м ³ /ч								
П	5	21	3,90	1077	20	1408	0,017	0,062	0,049	2,2	9	0,5	9

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
П	5		0,80	2041	20	620	0,007	0,027	0,022	0,6	0	39873,9	9277
	RTR-N-II				Настройка: 2.00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,72 kv = 0,090 м ³ /ч								
П	5	22	3,90	2041	20	788	0,009	0,035	0,027	0,7	3	0,5	3
П	5		0,80	3027	20	788	0,009	0,035	0,027	0,8	1	25800,0	9605
	RTR-N-II				Настройка: 2.50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,72 kv = 0,112 м ³ /ч								
П	6	23	2,80	0016	20	2847	0,034	0,126	0,099	13,2	37	708,6	3541
	DANF BVR				dn = 20 мм kv = 28,000								
	ASV-I H				Настройка: 0,8 dn = 15 мм								
					kv = 0,676 м ³ /ч								
П	6		0,70	1077	20	1439	0,017	0,064	0,050	2,5	2	6913,9	8724
	RTR-N-II				Настройка: 4.00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,216 м ³ /ч								
П	6	24	3,90	1077	20	1408	0,017	0,062	0,049	2,2	9	0,5	9
П	6		0,81	2041	20	620	0,007	0,027	0,022	0,6	0	39873,9	9278
	RTR-N-II				Настройка: 2.00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,72 kv = 0,090 м ³ /ч								
П	6	25	3,90	2041	20	788	0,009	0,035	0,027	0,7	3	0,5	3
П	6		0,80	3027	20	788	0,009	0,035	0,027	0,8	1	25805,7	9608
	RTR-N-II				Настройка: 2.50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,72 kv = 0,112 м ³ /ч								
П	7	26	2,80	0016	20	4286	0,051	0,190	0,150	28,9	81	359,7	4115
	DANF BVR				dn = 20 мм kv = 28,000								
	ASV-I H				Настройка: 1,2 dn = 15 мм								
					kv = 0,950 м ³ /ч								
П	7		0,70	1077	20	1439	0,017	0,064	0,050	2,6	2	6400,2	8083
	RTR-N-II				Настройка: 4.00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,65 kv = 0,225 м ³ /ч								
П	7		0,60	1077	20	1439	0,017	0,064	0,050	2,6	2	6399,5	8083
	RTR-N-II				Настройка: 4.00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,65 kv = 0,225 м ³ /ч								
П	7	27	3,90	1077	20	1408	0,017	0,062	0,049	2,3	9	0,9	10
П	7		0,82	2041	20	620	0,007	0,027	0,022	0,6	0	36831,6	8577
	RTR-N-II				Настройка: 2.50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,66 kv = 0,094 м ³ /ч								
П	7	28	3,90	2041	20	788	0,009	0,035	0,027	0,7	3	0,5	3
П	7		0,80	3027	20	788	0,009	0,035	0,027	0,8	1	24124,4	8988
	RTR-N-II				Настройка: 2.50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,67 kv = 0,116 м ³ /ч								

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δр, Па
П		29	6,51	0013	32	28910	0,345	1,285	0,353	74,8	487	2,8	659
		DANF BVR			dn = 32 мм				kv = 84,000				
П	8	30	2,40	0016	20	1500	0,018	0,067	0,052	3,0	7	1,4	9
П	8		0,70	0013	20	1500	0,018	0,066	0,052	2,9	2	19588,0	26793
		RTR-N-II			Настройка: 3.00 dn = 15 мм								
		Авторитет = 0,74 kv = 0,128 м ³ /ч											
П		31	6,51	0016	32	27410	0,327	1,218	0,334	67,3	438	0,5	466
П		32	0,42	0016	20	6867	0,082	0,305	0,240	72,1	30	0,3	39
П		33	3,09	0016	20	2570	0,031	0,114	0,090	10,8	34	0,5	35
П		34	5,20	0016	20	1190	0,014	0,053	0,042	1,3	7	0,5	7
П	16	34	2,90	0016	20	1190	0,014	0,053	0,042	1,2	4	4497,4	3877
		DANF BVR			dn = 20 мм				kv = 28,000				
		ASV-I H			Настройка: 0,3 dn = 15 мм								
		kv = 0,268 м ³ /ч											
П	16		0,70	1064	20	400	0,005	0,018	0,014	0,4	0	87581,6	8480
		RTR-N-II			Настройка: 1.50 dn = 15 мм								
		Авторитет = 0,68 kv = 0,061 м ³ /ч											
П	16	35	3,90	1064	20	790	0,009	0,035	0,027	0,7	3	0,5	3
П	16		0,82	2055	20	230	0,003	0,010	0,008	0,2	0	284767,2	9028
		RTR-N-II			Настройка: 1.00 dn = 15 мм								
		Авторитет = 0,69 kv = 0,034 м ³ /ч											
П	16	36	3,90	2055	20	560	0,007	0,025	0,019	0,6	2	0,5	2
П	16	36	0,80	3040	20	560	0,007	0,025	0,019	0,6	0	50425,1	9410
		RTR-N-II			Настройка: 2.00 dn = 15 мм								
		Авторитет = 0,70 kv = 0,080 м ³ /ч											
П		37	6,37	0016	32	20543	0,245	0,913	0,250	38,2	244	1,2	281
П		38	5,30	0016	25	16246	0,194	0,721	0,352	110,6	586	1,6	684
П		39	2,50	0016	25	13784	0,164	0,611	0,299	80,1	200	0,5	222
П		40	2,79	0016	25	10482	0,125	0,465	0,227	46,9	131	0,5	143
П		41	1,46	0016	20	7180	0,086	0,318	0,250	78,6	115	1,0	145
П		41	1,15	0016	20	7180	0,086	0,318	0,250	78,6	90	102,6	3307
		DANF BVR			dn = 20 мм				kv = 28,000				
		ASV-I H			Настройка: 1,6 dn = 20 мм								
		kv = 1,780 м ³ /ч											
П	9		0,40	1073	20	1436	0,017	0,064	0,050	2,4	1	7004,6	8777
		RTR-N-II			Настройка: 4.00 dn = 15 мм								
		Авторитет = 0,72 kv = 0,215 м ³ /ч											
П	9	42	7,05	1073	20	5744	0,068	0,254	0,200	50,9	359	0,5	368
П	9		0,40	2042	20	1436	0,017	0,064	0,050	2,3	1	6890,8	8611
		RTR-N-II			Настройка: 4.00 dn = 15 мм								
		Авторитет = 0,67 kv = 0,217 м ³ /ч											

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
П	9	43	3,90	3026	20	4308	0,051	0,191	0,150	29,2	114	0,5	119
П	9		0,40	3026	20	1436	0,017	0,063	0,050	2,2	1	7006,0	8740
RTR-N-II				Настройка: 4.00 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,66 kv = 0,215 м ³ /ч									
П	9	44	3,90	4006	20	2872	0,034	0,127	0,100	13,4	52	0,5	55
П	9		0,40	4006	20	1436	0,017	0,063	0,050	2,1	1	7195,2	8952
RTR-N-II				Настройка: 4.00 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,66 kv = 0,212 м ³ /ч									
П	9	45	2,61	4106	20	1436	0,017	0,063	0,050	2,1	5	0,5	6
П	9		0,40	4106	20	1436	0,017	0,063	0,050	2,0	1	7381,7	9155
RTR-N-II				Настройка: 4.00 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,67 kv = 0,209 м ³ /ч									
П	10	46	0,20	1072	20	3302	0,039	0,146	0,115	17,5	3	579,8	3850
DANF BVR				dn = 20 мм kv = 28,000									
ASV-I H				Настройка: 0,9 dn = 15 мм									
				kv = 0,748 м ³ /ч									
П	10		0,70	1072	20	840	0,010	0,037	0,029	0,8	1	19267,1	8262
RTR-N-II				Настройка: 3.00 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,67 kv = 0,129 м ³ /ч									
П	10	47	3,90	1072	20	2462	0,029	0,109	0,086	10,0	39	0,5	41
П	10		0,82	2052	20	1214	0,014	0,054	0,042	1,3	1	9597,6	8572
RTR-N-II				Настройка: 3.50 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,68 kv = 0,183 м ³ /ч									
П	10	48	3,90	2052	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,3	5	0,5	6
П	10	48	0,80	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,3	1	9530,5	8947
RTR-N-II				Настройка: 3.50 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,69 kv = 0,184 м ³ /ч									
П	11	49	0,20	1072	20	3302	0,039	0,146	0,115	17,5	3	579,8	3854
DANF BVR				dn = 20 мм kv = 28,000									
ASV-I H				Настройка: 0,9 dn = 15 мм									
				kv = 0,748 м ³ /ч									
П	11		0,70	1072	20	840	0,010	0,037	0,029	0,7	1	19238,9	8259
RTR-N-II				Настройка: 3.00 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,67 kv = 0,130 м ³ /ч									
П	11	50	3,90	1072	20	2462	0,029	0,109	0,086	10,0	39	0,5	41
П	11		0,82	2052	20	1214	0,014	0,054	0,042	1,3	1	9582,5	8567
RTR-N-II				Настройка: 3.50 dn = 15 мм									
				Авторитет = 0,68 kv = 0,184 м ³ /ч									
П	11	51	3,90	2052	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,4	5	0,5	6
П	11		0,80	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,3	1	9504,6	8930

Продолжение таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
		RTR-N-II			Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,69 kv = 0,184 м ³ /ч								
П	12	52	4,10	1072	20	2462	0,029	0,109	0,086	10,0	41	797,1	2981
		DANF BVR			dn = 20 мм kv = 28,000								
		ASV-I H			Настройка: 0,75 dn = 15 мм								
					kv = 0,637 м ³ /ч								
П	12		0,82	2052	20	1214	0,014	0,054	0,042	1,3	1	9044,7	8091
		RTR-N-II			Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,189 м ³ /ч								
П	12	53	3,90	2052	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,4	5	0,5	6
П	12		0,80	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,3	1	8997,8	8458
		RTR-N-II			Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,189 м ³ /ч								
П	13	54	0,20	1079	20	4297	0,051	0,191	0,150	29,0	6	359,7	4059
		DANF BVR			dn = 20 мм kv = 28,000								
		ASV-I H			Настройка: 1,2 dn = 15 мм								
					kv = 0,950 м ³ /ч								
П	13		0,70	1079	20	1835	0,022	0,081	0,064	5,7	4	3907,4	8030
		RTR-N-II			Настройка: 4,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,66 kv = 0,288 м ³ /ч								
П	13	55	3,90	1079	20	2462	0,029	0,109	0,086	10,0	39	0,5	41
П	12		0,82	2052	20	1214	0,014	0,054	0,042	1,3	1	9044,7	8091
		RTR-N-II			Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,189 м ³ /ч								
П	12	53	3,90	2052	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,4	5	0,5	6
П	12		0,80	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,3	1	8997,8	8458
		RTR-N-II			Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,189 м ³ /ч								
П	13	54	0,20	1079	20	4297	0,051	0,191	0,150	29,0	6	359,7	4059
		DANF BVR			dn = 20 мм kv = 28,000								
		ASV-I H			Настройка: 1,2 dn = 15 мм								
					kv = 0,950 м ³ /ч								
П	13		0,70	1079	20	1835	0,022	0,081	0,064	5,7	4	3907,4	8030
		RTR-N-II			Настройка: 4,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,66 kv = 0,288 м ³ /ч								
П	13	55	3,90	1079	20	2462	0,029	0,109	0,086	10,0	39	0,5	41
П	13		0,82	2052	20	1214	0,014	0,054	0,042	1,3	1	9370,8	8395
		RTR-N-II			Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,66 kv = 0,186 м ³ /ч								
П	13	56	3,90	2052	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,4	5	0,5	6

Окончание таблицы В.1

Тип уч- ка	Ст.	Уч- ок	l, м	Пом- ие	dn, мм	Q, Вт	G, кг/с	L, м ³ /ч	w, м/с	R, Па/м	R·l, Па	Σζ	Δp, Па
П	13	56	0,80	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,3	1	9319,2	8772
	RTR-N-II				Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,67 kv = 0,186 м ³ /ч								
П	14	57	2,90	0016	20	4297	0,051	0,191	0,150	29,0	84	359,7	4141
	DANF BVR				dn = 20 мм kv = 28,000								
	ASV-I H				Настройка: 1,2 dn = 15 мм								
					kv = 0,950 м ³ /ч								
П	14		0,70	1079	20	1835	0,022	0,081	0,064	5,8	4	3903,5	8021
	RTR-N-II				Настройка: 4,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,65 kv = 0,288 м ³ /ч								
П	14	58	3,90	1079	20	2462	0,029	0,109	0,086	10,0	39	0,5	41
П	14		0,82	2052	20	1214	0,014	0,054	0,042	1,3	1	9360,7	8385
	RTR-N-II				Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,65 kv = 0,186 м ³ /ч								
П	14	59	3,90	2052	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,4	5	0,5	6
П	14		0,80	3037	20	1248	0,015	0,055	0,043	1,3	1	9308,7	8761
	RTR-N-II				Настройка: 3,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,66 kv = 0,186 м ³ /ч								
П	15	60	2,90	0016	20	1380	0,016	0,061	0,048	2,2	6	3319,6	3859
	DANF BVR				dn = 20 мм kv = 28,000								
	ASV-I H				Настройка: 0,35 dn = 15 мм								
					kv = 0,312 м ³ /ч								
П	15		0,70	1068	20	470	0,006	0,021	0,016	0,4	0	63231,7	8474
	RTR-N-II				Настройка: 2,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,68 kv = 0,071 м ³ /ч								
П	15	61	3,90	1068	20	910	0,011	0,040	0,032	0,8	3	0,5	4
П	15		0,82	2054	20	360	0,004	0,016	0,012	0,4	0	115289,6	8990
	RTR-N-II				Настройка: 1,50 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,69 kv = 0,053 м ³ /ч								
П	15	62	3,90	2054	20	550	0,007	0,024	0,019	0,6	2	0,5	2
П	15		0,80	3039	20	550	0,007	0,024	0,019	0,6	0	52035,6	9385
	RTR-N-II				Настройка: 2,00 dn = 15 мм								
					Авторитет = 0,70 kv = 0,079 м ³ /ч								

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Расчет аэродинамического сопротивления системы П9

Таблица Г.1 – Аэродинамический расчет П9

№ уч-ка	Расход в-ха L, м ³ /ч	Длина уч-ка l, м	Скорость в-ха v, м/с	Размеры сечения воз-дов				Потери давления на трение		Динамическое давление Р _д , Па	Коэфф. мест. сопр-ий Σζ	Потери давления, Па		
				a, мм	b, мм	F, м ²	dэ, мм	R, Па/м	ΔР _{тр} , Па			местные сопр-ия Z	на участке ΔР	суммарные ΣР
Ответвление														
1	113	1,2	2,093	150	100	0,02	120	0,61	0,73	2,63	2,95	7,75	12	12
Потолочный диффузор 450x450 ΔР = 1,5 Па														
Гибкий воздуховод присоединяющий диффузор ΔР = 2 Па														
Первое боковое отверстие														
Тройник при нагнетании на ответвление L ₀ /L _c =113/113=1,0; f ₀ /f _c =0,01/0,02=0,5														
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход L ₀ /L _c =113/226=0,5; f _п /f _c =0,02/0,03=0,67														
2	226	1,2	2,093	150	200	0,03	171	0,39	0,47	2,63	0,23	0,60	1	13
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход L ₀ /L _c =113/339=0,33; f _п /f _c =0,03/0,04=0,75														
3	339	1,2	2,354	200	200	0,04	200	0,40	0,48	3,33	0,20	0,67	1	14
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход L ₀ /L _c =113/452=0,25; f _п /f _c =0,04/0,05=0,8														
4	452	14,7	2,511	200	250	0,05	222	0,39	5,73	3,78	1,57	5,94	12	26
Отводы 90° прямоугольного сечения 200x250 3шт														
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход L ₀ /L _c =1080/1532=0,7; f _п /f _c =0,05/0,09=0,55														
													ИТОГО	26
Ответвление														
9	135	1,2	2,500	150	100	0,02	120	0,84	1,00	3,75	2,95	11,06	16	16
Потолочный диффузор 450x450 ΔР = 1,5 Па														
Гибкий воздуховод присоединяющий диффузор ΔР = 2 Па														
Первое боковое отверстие														
Тройник при нагнетании на ответвление L ₀ /L _c =135/135=1,0; f ₀ /f _c =0,01/0,02=0,5														
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход L ₀ /L _c =135/270=0,5; f _п /f _c =0,02/0,03=0,67														

Продолжение таблицы Г.1

№ уч-ка	Расход в-ха L, м ³ /ч	Длина уч-ка l, м	Скорость в-ха v, м/с	Размеры сечения воз-дов				Потери давления на трение		Динамическое давление Рд, Па	Коэфф. мест. сопр-ий Σζ	Потери давления, Па			
				a, мм	b, мм	F, м ²	dэ, мм	R, Па/м	ΔРтр, Па			местные сопр-ия Z	на участке ΔР	суммарные ΣР	
10	270	1,2	2,500	150	200	0,03	171	0,53	0,64	3,75	0,23	0,86	2	18	
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход $L_0/L_c=135/405=0,33$; $f_{п1}/f_c=0,03/0,04=0,75$											0,23				
11	405	1,2	2,813	200	200	0,04	200	0,54	0,65	4,75	0,20	0,95	2	20	
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход $L_0/L_c=135/540=0,25$; $f_{п1}/f_c=0,04/0,05=0,8$											0,20				
12	540	1,2	3,000	200	250	0,05	222	0,53	0,64	5,40	0,80	4,32	5	25	
Тройник при нагнетании на ответвление $L_0/L_c=540/1080=0,5$; $f_0/f_c=0,05/0,08=0,63$											0,80				
ИТОГО													25		
Основное направление															
5	135	1,2	2,500	150	100	0,02	120	0,84	1,00	3,75	2,95	11,06	16	16	
Потолочный диффузор 450x450 ΔР = 1,5 Па															
Гибкий воздуховод присоединяющий диффузор ΔР = 2 Па															
Первое боковое отверстие											2,28				
Тройник при нагнетании на ответвление $L_0/L_c=135/135=1,0$; $f_0/f_c=0,01/0,02=0,5$											0,30				
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход $L_0/L_c=135/270=0,5$; $f_{п1}/f_c=0,02/0,03=0,67$											0,37				
6	270	1,2	2,500	150	200	0,03	171	0,53	0,64	3,75	0,23	0,86	2	18	
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход $L_0/L_c=135/405=0,33$; $f_{п1}/f_c=0,03/0,04=0,75$											0,23				
7	405	1,2	2,813	200	200	0,04	200	0,54	0,65	4,75	0,20	0,95	2	20	
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход $L_0/L_c=135/540=0,25$; $f_{п1}/f_c=0,04/0,05=0,8$											0,20				
8	540	1,9	3,000	200	250	0,05	222	0,53	1,01	5,40	0,65	3,51	5	25	
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход $L_0/L_c=540/1080=0,5$; $f_{п1}/f_c=0,05/0,08=0,63$											0,39				
Отвод 90° прямоугольного сечения 200x250											0,26				
13	1080	3,3	4,000	250	300	0,08	273	0,68	2,25	9,60	1,32	12,67	15	40	
Тройник с изменением сечения при нагнетании на ответвление $L_0/L_c=1080/1532=0,7$; $f_0/f_c=0,08/0,09=0,89$											0,60				
Отводы 90° прямоугольного сечения 250x300 3шт											0,72				
14	1532	4,3	4,728	300	300	0,09	300	0,81	3,49	13,41	0,22	2,95	6	46	

Окончание таблицы Г.1

№ уч-ка	Расход в-ха L, м ³ /ч	Длина уч-ка l, м	Скорость в-ха v, м/с	Размеры сечения воз-дов				Потери давления на трение		Динамическое давление Р _д , Па	Коэфф. мест. сопр-ий Σζ	Потери давления, Па		
				a, мм	b, мм	F, м ²	dэ, мм	R, Па/м	ΔР _{тр} , Па			местные сопр-ия Z	на участке ΔР	суммарные ΣР
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход Lo/Lc=506/2038=0,25; fп/fc=0,09/0,12=0,75											0,22			
20	2038	4,1	4,718	300	400	0,12	343	0,68	2,80	13,35	0,22	2,94	6	52
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход Lo/Lc=672/2710=0,25; fп/fc=0,12/0,16=0,75											0,22			
25	2710	13,4	4,705	400	400	0,16	400	0,56	7,52	13,28	0,20	2,66	10	62
Тройник с изменением сечения при нагнетании на проход Lo/Lc=516/3226=0,16; fп/fc=0,16/0,20=0,8											0,20			
30	3226	7,2	4,481	400	500	0,20	444	0,45	3,25	12,05	0,55	6,62	10	72
Тройник с изменением сечения при нагнетании на ответвление Lo/Lc=3226/5313=0,61; fo/fc=0,2/0,3=0,66											0,55			
49	5313	18,6	4,919	600	500	0,30	545	0,41	7,66	14,52	2,05	29,77	42	114
Отвод 90° прямоугольного сечения 600x500 5 шт											2,05			
Клапан противопожарный ΔР = 4,6 Па														
													ИТОГО	114

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Расчет аэродинамического сопротивления системы В22

Таблица Д.1 – Аэродинамический расчет В22

№ уч-ка	Расход в-ха L, м ³ /ч	Длина уч-ка l, м	Скорость в-ха v, м/с	Размеры сечения возд-дов				Потери давления на трение		Динамическое давление Р _д , Па	Коэфф. мест. сопр-ий Σζ	Потери давления, Па			
				a, мм	b, мм	F, м ²	dэ, мм	R, Па/м	ΔР _{тр} , Па			местные сопр-ия Z	на участке ΔР	суммарные ΣР	
Ответвление															
1	373	1,8	2,072	250	200	0,05	222	0,28	0,50	2,58	2,84	7,32	11	11	
Потолочный диффузор 600х600 ΔР = 1,2 Па											1,20				
Гибкий воздуховод присоединяющий диффузор ΔР = 2 Па											2,00				
Первое боковое отверстие F _{отв} /F _о =0,05/0,05=1,0											2,20				
Тройник с изменением сечения на проход L _о /L _с =373/746=0,5; f _п /f _с =0,05/0,08=0,63; f _о /f _с =0,05/0,08=0,63											0,64				
2	746	1,8	2,763	250	300	0,08	273	0,36	0,64	4,58	0,34	1,56	2	13	
Тройник на проход L _о /L _с =387/1120=0,33; f _п /f _с =0,08/0,08=1,0; f _о /f _с =0,05/0,08=0,63											0,34				
3	1120	2,7	4,148	250	300	0,08	273	0,73	1,96	10,32	1,20	12,39	14	28	
Отвод 90° прямоугольного сечения 250х300											0,31				
Тройник с изменением сечения на ответвление L _о /L _с =1120/2670=0,42; f _п /f _с =0,09/0,16=0,56; f _о /f _с =0,08/0,16=0,50											0,89				
ИТОГО													28		
Основное направление															
4	387	1,8	2,150	200	250	0,05	222	0,30	0,53	2,77	2,84	7,88	12	12	
Потолочный диффузор 600х600 ΔР = 1,2 Па											1,20				
Гибкий воздуховод присоединяющий диффузор ΔР = 2 Па											2,00				
Первое боковое отверстие F _{отв} /F _о =0,05/0,05=1,0											2,20				
Тройник с изменением сечения на проход L _о /L _с =387/774=0,5; f _п /f _с =0,05/0,08=0,63; f _о /f _с =0,05/0,08=0,63											0,64				
5	774	1,8	2,867	250	300	0,08	273	0,38	0,68	4,93	0,45	2,22	3	15	
Тройник с изменением сечения на проход L _о /L _с =387/1161=0,33; f _п /f _с =0,08/0,09=0,89; f _о /f _с =0,05/0,09=0,55											0,45				

Окончание таблицы Д.1

№ уч-ка	Расход в-ха L, м ³ /ч	Длина уч-ка l, м	Скорость в-ха v, м/с	Размеры сечения возд-дов				Потери давления на трение		Динамическое давление Рд, Па	Коэфф. мест. сопр-ий $\Sigma \zeta$	Потери давления, Па		
				a, мм	b, мм	F, м ²	dэ, мм	R, Па/м	$\Delta P_{тр}$, Па			местные сопр-ия Z	на участке ΔP	суммарные ΣP
6	1161	1,8	3,583	300	300	0,09	300	0,50	0,90	7,70	0,26	2,00	3	17
Тройник на проход $L_0/L_c=389/1550=0,25$; $f_{п}/f_c=0,09/0,09=1,0$; $f_0/f_c=0,05/0,09=0,55$											0,26			
7	1550	7,9	4,784	300	300	0,09	300	0,83	6,54	13,73	0,84	11,53	18	35
Тройник с изменением сечения на проход $L_0/L_c=1120/2670=0,42$; $f_{п}/f_c=0,09/0,16=0,56$; $f_0/f_c=0,08/0,16=0,50$											0,55			
Отвод 90° прямоугольного сечения 300x300											0,29			
8	2670	4,9	4,635	400	400	0,16	400	0,55	2,68	12,89	1,67	21,53	24	60
Зонт											1,30			
Отвод 90° прямоугольного сечения 400x400											0,37			
													ИТОГО	60

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Оборудование системы отопления

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
Оборудование системы вентиляции