



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»

Инженерная школа

Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

Пушко Александр Владимирович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ В
ДОМЕ ТВОРЧЕСТВА В РАЙОНЕ УЛ.1-Я МОРСКАЯ, 15 -
УЛ.АРСЕНЬЕВА, 17 В Г. ВЛАДИВОСТОКЕ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

по образовательной программе подготовки бакалавров
по направлению подготовки
08.03.01 «Строительство»
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

г. Владивосток
2018

Студент _____

подпись

« _____ » _____ 20 ____ г.

Руководитель ВКР

(должность, ученое звание)

(подпись)

(ФИО)

« _____ » _____ 20 ____ г.

«Допустить к защите»

Руководитель ОП канд.техн.наук, доцент
(ученое звание)

(подпись) В.П. Черненко
(и. о.ф)

« _____ » _____ 20 ____ г

Зав. кафедрой канд.техн.наук, доцент
(ученое звание)

(подпись) А.В. Кобзарь
(и. о.ф)

« _____ » _____ 20 ____ г

Защищена в ГЭК с оценкой _____

Секретарь ГЭК

подпись Н.С. Ткач
И.О.Фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.

Наименование	Страница
3.4 Основные решения по разделу проекта	52
Заключение	53
Список литературы	54
II Чертежи	
План на отм.-5.800, план на отм.-2.900, План на отм.0.000, План на отм.+4.200. Масштаб 1:200	Лист 1
АксонOMETрические схемы вентиляции ПВ1 (приточный), ПВ2 (приточный и вытяжной), В4	Лист 2
План на отм. +7.600, план на отм. +11.000, план на отм. +14.400, план на отм. +17.800. Масштаб 1:200	Лист 3
План кровли. АксонOMETрические схемы вентиляции ПВ1 (вытяжной), ПЗ, ВЗ. Масштаб 1:200	Лист 4

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Введение

Выпускная квалификационная работа на тему «Проектирование системы отопления и вентиляции в доме творчества в районе ул.1-я Морская, 15 - ул.Арсеньева, 17 в г. Владивостоке» является очень актуальной, поскольку разработка инженерных систем отопления и вентиляции является одним из важнейших аспектов в строительстве здания.

Объект проектирование находится в Приморском крае, в городе Владивостоке. Проект системы отопления и вентиляции учитывает климатические условия.

Выпускной квалификационной работой «Проектирование системы отопления и вентиляции в доме творчества в районе ул.1-я Морская, 15 - ул.Арсеньева, 17 в г. Владивостоке» были охвачены следующие вопросы: разработка системы отопления помещений на базе электрических конвекторов, конвекторы установить в каждом помещении вдоль фасада здания, конвекторы подобрать со встроенной системой управления; разработка системы отопления автостоянок на базе водяных тепловентиляторов, в качестве источника тепла предусмотреть мини-котельную с электрическими котлами; разработка центральной приточно-вытяжной системы вентиляции воздуха, приточно-вытяжные установки расположить на кровле здания на отм. +21.460, в составе приточно-вытяжных установок предусмотреть роторные рекуператоры и электрические нагреватели воздуха.

Дом творчества – это место массового пребывания людей, поэтому особенно важно поддерживать необходимые параметры микроклимата. Основными параметрами воздуха в помещениях являются: температура, влажность, скорость движения воздуха, газовый состав, наличие механических частиц пыли. Поддержание оптимальных параметров микроклимата наиболее благоприятных для самочувствия людей отразится на производительности труда сотрудников. А комфортное пребывание для посетителей дома творчества в итоге скажется на общем положительном впечатлении от проведенного времени.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Взам. инв. №

Полн. инв. №

Изм. № подл.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе разработаны проекты отопления и вентиляции дома творчества в районе ул.1-я Морская, 15 - ул. Арсеньева, 17 в г. Владивостоке.

Был произведен расчет требуемого сопротивления теплопередачи ограждающих поверхностей. Предусмотрена система отопления помещений на базе электрических конвекторов со встроенной системой управления. Установлены в каждом помещении вдоль фасада здания. Для обеспечения нормируемых санитарно-гигиенических параметров запроектированы системы вентиляции. Система вентиляции помещений приточно-вытяжная с искусственным побуждением. Вентиляционные агрегаты расположены на кровле, для экономии электроэнергии на нагрев приточного воздуха оснащены рекуператорами тепла роторного типа. В качестве воздухораспределительных устройств были применены круглые вентиляционные диффузоры. Составлена подробная спецификация оборудования, изделий и материалов, применяемых в данном проекте.

Данный проект разработан в соответствии с требованиями норм, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивает безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта.

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					ДФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

Список использованной литературы

1. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
2. ГОСТ 12.1. 005.88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Издательство стандартов, 1998. 76 с.
3. ГОСТ 30494 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
4. СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».
5. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
6. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»
7. Вентиляция и кондиционирование воздуха: справочник / под ред. И.Г. Староверова. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1977. 502 с.
8. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2)»
9. Полосин И.И. Новосельцев Б.П., Шершнева В.Н. Теоретические основы создания микроклимата в помещении. Воронеж: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2005. 143 с.].
10. Внутренние санитарно-технические устройства: справочник / под ред. И.Г. Староверова. 4-е изд. М.: Стройиздат, 1990. 344 с.
11. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: справочное пособие / под ред. Г.И. Стомахиной. М.: Пантори, 2003. 308 с.
12. Богословский В.Н., Пирумов А.И., Посохин В.Н. и др. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / под ред. Н.Н. Павлова, Ю.И.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист

Изм. инв. №
Подпись и дата
Изм. № подл.

Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1992. 319 с.: ил.
(Справочник проектировщика).

13. Штым А.С., Черненко В.П., Кобзарь А.В., Тарасова Е.В. Отопление и вентиляция жилых и общественных зданий: учебное пособие [Электронный ресурс] / отв. ред. А.С. Штым; Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. – [130 с.].
14. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. проф. Б.М. Хрусталева. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. 784 с.: 183
15. Вентиляция и кондиционирование воздуха: справочник / под ред. И.Г. Староверова. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1977. 502 с.
16. Титов В.П. и др. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1985. 208 с.
17. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование вентиляции: справочник. Киев: Будівельник, 1983. 256 с.
18. МГСН 5.0101 2001 г. «Стояки легковых автомобилей»
19. Шилляев, М.И. Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] : учебное пособие / М.И. Шилляев, Е.М. Хромова, Ю.Н. Дорошенко. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 288 с. – ISBN 978-5-93057-478-4.
20. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*
21. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1 / под. ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 320 с.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист

Изм. № подл. Подпись и дата. Взам. инв. №

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дата	Подпись	Фамилия	Должность

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № Подп

						ДВФУ ИШ ВКР № СД-195 от 11.12.2017							
Изм.	Кол. уч	Лист.	№ док.	Подпись.	Дата								
Выполнил	Пушко А.					Исходные данные для проектирования			Стадия	Лист	Листов		
Проверил	Калинин								ВКР				
Н.Контр.	Калинин												
Реценз.	Калинин												
Утвердил									Кафедра: ИСЗиС группа Б-3431д				

1 Исходные данные

1.1. Географическое положение объекта

Объект проектирования находится в районе ул.1-я Морская, 15 - ул.Арсеньева, 17 в г. Владивостоке.

Владивосток— административный центр Приморского края и Владивостокского городского округа. Расположен на полуострове Муравьева-Амурского и островах в заливе Петра Великого Японского моря.

По данным из государственного земельного кадастра на 1 января 2005 общая площадь земель в границах Владивостокского городского округа составляет 56 154 га. Часть округа, расположенная на полуострове Муравьева-Амурского, включая посёлок Трудовое, имеет площадь 35 044 га, а расположенная на полуострове Песчаном (с прилегающей территорией) — 7525 га. Остров Русский, самый крупный из островов, входящий в городской округ, имеет площадь 9764 га. Площадь остальных островов в общей сложности составляет 2915 га.

1.2. Климатические условия

Климат района муссонный характерный для Приморского края. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью Р 0,92% - минус 23 °С . Средняя температура воздуха периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8 °С (за отопительный период) - минус 4,3 °С . Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8 °С (отопительного периода) - 198 суток. Градусо-сутки отопительного периода - 4811. Самый холодный месяц года - январь ; средняя месячная температура воздуха в январе - минус 12,6 °С . Самый теплый месяц года - август ; средняя месячная температура воздуха в июле - плюс 19,6 °С. Средняя годовая температура воздуха - плюс 4,6 °С. Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль - Северное. Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь - 7,3 м/с.

Инва.№	Подпись и дата	Взам.инв.№

Изм..	Кол. уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата

ДФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01

Лист

5

1.3 Основные сведения об объекте

В 2015 году в г. Владивостоке был спроектирован и построен дом творчества по адресу: ул.1-я Морская, 15 - ул.Арсеньева, 17. Для его функционирования было необходимо спроектировать внутренние инженерные системы. В данном проекте пойдет речь о разработке системы отопления и вентиляции.

Объект имеет 8 этажей: 6 этажей – помещения общего назначения и различные образовательные кружки, 2 этажа – подземная парковка.

Вмещает в себя:

- 60 помещений
- Подземная парковка.

Высота 1 этажа – 3.7 м, высота с 2 этажа по 4 этаж включительно – 2,9 м. высота 5 этажа – 3,1 м, высота 6 этажа – 2,7

Дом творчества – это место массового пребывания людей, поэтому особенно важно поддерживать необходимые параметры микроклимата. Основными параметрами воздуха в помещениях являются: температура, влажность, скорость движения воздуха, газовый состав, наличие механических частиц пыли. Поддержание оптимальных параметров микроклимата наиболее благоприятных для самочувствия людей отразится на производительности труда сотрудников. А комфортное пребывание для посетителей дома творчества в итоге скажется на общем положительное впечатление от проведенного времени.

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол. уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

2 Расчет и проектирование системы отопления объекта

2.1 Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций объекта проектирования.

2.1.1 Строительная характеристика объекта проектирования.

Район строительства: г. Владивосток;

назначение здания: общественное;

число этажей: восемь – шесть + 2 этажа парковки;

ориентация здания: широтная;

чердак: отсутствует;

подвал: отсутствует.

2.1.2 Задание на проектирование.

Таблица 2.1

Требования	Содержание требований
Отопление	Общественные этажи здания. Предусмотреть систему отопления помещений на базе электрических конвекторов. Конвекторы установить в каждом помещении вдоль фасада здания. Конвекторы подобрать со встроенной системой управления Этажи автостоянок. Предусмотреть систему отопления автостоянок на базе водяных тепловентиляторов. В качестве источника тепла предусмотреть мини-котельную с электрическими котлами.

2.1.3 Расчетные параметры наружного воздуха.

Расчетные параметры наружного воздуха для проектирования отопления

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

Таблица 2.2

Город	Расчетная географическая широта	Барометрическое давление	Период	Параметры А			Параметры Б			Среднесуточная амплитуда
				t, °C	I, кДж/кг	v, м/с	t, °C	I, кДж/кг	v, м/с	
Владивосток	44	993	Теплый	22	57,4	4,2	25	67,7	4,2	5,6
			Холодный	-16	-14,7	5,2	-23	-22,4	5,2	7,5

Параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений принимаются согласно пункту 5.1 СП60.13330.2012 [1], а также по ГОСТ 30494 [2], ГОСТ 12.1.005 [3], СанПиН 2.1.2.2645 [4] и СанПиН 2.2.4.548 [5] для обеспечения параметров воздуха в пределах допустимых норм в обслуживаемой или рабочей зоне помещений.

2.1.4 Расчет сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций помещений.

Расчет сопротивления теплопередаче наружных ограждений должен соответствовать методике, приведенной в СП 50.13330.2012 [6].

Настоящие нормы строительной теплотехники должны соблюдаться при проектировании ограждающих конструкций (наружных и внутренних стен, перегородок, покрытий, заполнений проемов: окон, фонарей, дверей, ворот) новых и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения. При этом нормируются температура и относительная влажность внутреннего воздуха или только температура.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0 следует принимать в соответствии с заданием на проектирование, но не менее требуемых значений $R_0^{тр}$, определяемых исходя из санитарно-гигиенических условий по формуле:

$$R_0^{тр} = \frac{n \cdot (t_{в} - t_{н})}{\Delta t^{н} \cdot \alpha_{в}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, \quad (2.1)$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху (табл. 2.3) [7];

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °C.

Индв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№							Лист
									9
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01			

t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [6];

α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [6].

Таблица 2.3

Значение коэффициента n для различных ограждений

Полы на грунте и на лагах	1
Чердачные перекрытия при стальной, черепичной или асбестоцементной кровлях по разреженной обрешетке и бесчердачные покрытия с вентилируемыми продухами	0,9
Чердачные перекрытия по сплошному настилу	0,8
Чердачные перекрытия при кровлях из рулонных материалов	0,75
Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, сообщающихся с наружным воздухом, за исключением неотапливаемых подвалов	0,7
Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, не сообщающихся с наружным воздухом	0,4
Перекрытия над подпольями, расположенными ниже уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с $R_0 > 1$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$) / ккал	0,4
Перекрытия над подпольями с $R_0 \leq 1$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$) / ккал и перекрытия над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли	0,75
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами, расположенными ниже уровня земли или имеющими наружные стены, выступающие над уровнем земли на высоту до 1 м, при наличии окон в этих стенах	0,6
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами при отсутствии окон	0,4

Таблица 2.4

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№							Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01			

Коэффициенты теплоотдачи α_v и α_n и сопротивления теплоотдаче R_v и R_n поверхностей ограждений

Вид поверхности	Коэффициенты теплоотдачи, ккал/(м ² · ч · К)	Сопротивление теплоотдаче, (м ² · ч · К)/ккал
Внутренние поверхности		
Поверхности стен, полов и потолков, гладких или с выступающими ребрами, отношение высоты h которых к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	7,5	0,133
Потолки с выступающими часто расположенными ребрами при $h/a > 0,3$	6,5	0,154
Потолки с кессонами при $h/a > 0,3$ (где a – меньшая сторона кессона)	6	0,167
Наружные поверхности		
Поверхности, соприкасающиеся непосредственно с наружным воздухом – наружные стены, бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) и пр.	20	0,05
Поверхности, непосредственно не соприкасающиеся с наружным воздухом:		
выходящие на чердак	10	0,1
над холодными подвалами и подпольями	5	0,2
Поверхности вентилируемых воздушных прослоек и холодных подполий зданий, сооружаемых в Северной строительной-климатической зоне	15	0,066

Главное требование в расчете ограждающей конструкции заключается в том, чтобы значение фактического сопротивления теплопередаче R^{ϕ} было не меньше требуемого R^{TP} .

Требуемое сопротивление теплопередаче R^{TP} , м²°С/Вт, для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует принимать по формуле

$$R_{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (2.2)$$

a , b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы (СП 50, таблица 3) для соответствующих групп зданий.

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, принимаемого по формуле 2, °С·сут/год

$$\text{ГСОП} = (t_v - t_{от}) \cdot Z_{от} \quad (2.3)$$

где t_v – расчетная температура внутреннего воздуха в помещении, принимаемая по ГОСТ 30494 [3],

Инв.№							Взам.инв.№
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист 11

$t_{от}$ – средняя температура отопительного периода, принимаемая по СП 131 [8],

$Z_{от}$ – продолжительность отопительного периода в сут/год, принимаемая по СП 131 [8] со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C

$$\begin{aligned} \text{ГСОП} &= (t_{в} - t_{от \text{ пер}}) \cdot Z_{от \text{ пер}} = (20 - (-4.3)) \cdot 198 \\ &= 4811.4 \frac{\text{}^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}}{\text{год}} \end{aligned}$$

Сопротивление стены:

$$a = 0,00035; b = 1,4$$

$$R_c^{тр} = 0,00035 * 4811.4 + 1,4 = 3,084 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{}^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

Сопротивление пола:

$$a = 0,0005; b = 2,2$$

$$R_{пол}^{тр} = 0,0005 * 4811.4 + 2,2 = 4,61 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{}^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

Сопротивление потолка:

$$a = 0,00045; b = 1,9$$

$$R_{пот}^{тр} = 0,00045 * 4811.4 + 1,9 = 4,065 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{}^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

Сопротивление окна:

$$a = 0,000075; b = 0,15$$

$$R_o^{тр} = 0,000075 * 4811.4 + 0,15 = 0,511 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{}^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однородной (однослойной) ограждающей конструкции определяется по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.4)$$

где δ – толщина слоя, м;

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

λ – расчётный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м²·К), принимаемый по СП 50.13330.2012 [6, прил. 3]. Сопротивление теплопередаче R_0 , м²·К/Вт, ограждающей конструкции следует определять

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{н}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (2.5)$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций;

$\alpha_{н}$ – коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·К) принимаемый по табл. 2.4 [6].

R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, м²·К/Вт, для многослойной конструкции с последовательно расположенными однородными слоями

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{в.п.}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (2.6)$$

где $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, м²·К/Вт, определяемые по формуле (2.4).

$R_{в.п.}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м²·К/Вт.

Приведенное термическое сопротивление $R_k^{пр}$, м²·К/Вт, неоднородной ограждающей конструкции (например, многослойной каменной стены облегченной кладки с теплоизоляционным слоем и т.п.) определять следующим образом:

а) плоскостями, параллельными направлению теплового потока, ограждающая конструкция (или часть ее) условно разрезается на участки, из которых одни участки могут быть однородными (однослойными) – из одного

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

материала, а другие неоднородными – из слоев различных материалов, и термическое сопротивление ограждающей конструкции R_a м² · К/Вт, определяется по формуле:

$$R_a = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (2.7)$$

где $F_1 + F_2 + \dots + F_n$ – площади отдельных участков конструкции (или части ее), м²;

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ – термические сопротивления указанных отдельных участков конструкции, м² · К/Вт;

б) плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, ограждающая конструкция (или часть ее, принятая для определения R_a) условно разрезается на слои, из которых одни слои могут быть однородными – из одного материала, а другие неоднородными – из однослойных участков разных материалов. Термическое сопротивление однородных слоев определяется по формуле (2.4), неоднородных слоев – по формуле (2.7) и термическое сопротивление ограждающей конструкции $R_б$ – как сумма термических сопротивлений отдельных однородных и неоднородных слоев – по формуле (2.7). Приведенное термическое сопротивление ограждающей конструкции следует определять по формуле

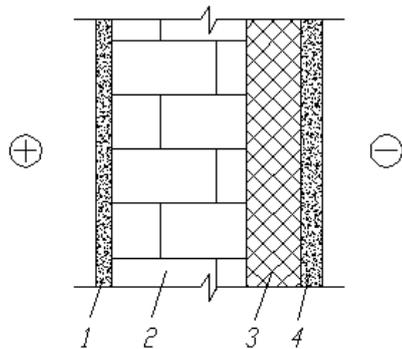
$$R_k^{пр} = \frac{R_A + 2 \cdot R_B}{3}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (2.8)$$

При расчете наружной стены следует изобразить ее конструкцию и конструктивные слои, указать толщину слоя, его коэффициент теплопроводности и плотность.

Рисунок 2.1. Конструкция наружной стены:

1 – внутренний штукатурный слой;

Инд. №	Подпись и дата	Взам. инв. №					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		



2 – кладка из кирпича обыкновенного;

3 – тепловая изоляция (пенополистирол);

4 – защитный фактурный слой

Так как приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены должно быть не менее $R_0^{тр}$, то из уравнения

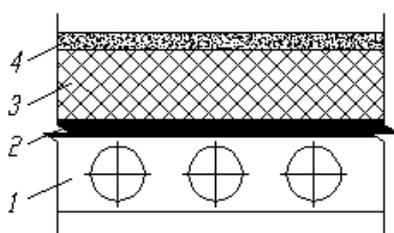
$$R_0^{тр} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{н}}, \quad (2.9)$$

можно вычислить толщину утепляющего слоя наружной стены:

$$\delta_3 = \left(R_0^{тр} - \frac{1}{\alpha_{в}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{1}{\alpha_{н}} \right) \cdot \lambda_3 \quad (2.10)$$

Толщина утепляющего слоя округляется до сотых значений после запятой. Для покрытия верхнего этажа или перекрытия над подвалом приводится его конструкция с конструктивными слоями.

Рисунок 2.2. Конструкция покрытия:



1 – железобетонная плита, ее толщина δ , м,

2–пароизоляция (2 слоя рубероида), δ , м; λ , Вт/(м² · К); γ_0 , кг/м³

3 –тепловая изоляция (пенополистирол), δ , м; λ , Вт/(м² · К); γ_0 , кг/м³

4–покровный слой (цементно-песчаная стяжка), δ , м; λ , Вт/(м² · К); γ_0 , кг/м³

Зная приведенное сопротивление теплопередаче покрытия верхнего

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№
-------	----------------	------------

Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист
							15

этажа или перекрытия над подвалом, следует рассчитать толщину его утепляющего слоя.

Теплофизические характеристики для окон и дверей можно выбрать из каталогов производителей этих конструкций.

Теплофизические характеристики строительных материалов, из которых состоят ограждающие конструкции помещений, можно представить в таблицы.

Результаты теплотехнического расчета ограждающих конструкций следует представить в табличном виде

2.2 Определение отопительной нагрузки системы отопления здания.

2.2.1 Расчет потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений

Тепловые потери через ограждающую конструкцию состоят из основных, которые определяются ее термическим сопротивлением, площадью, перепадом температур между температурой воздуха внутри помещения и расчетной температурой наружного воздуха. Также следует учитывать дополнительные теплотери, которые зависят от факторов, указанных ниже. Основные и добавочные потери теплоты следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q , Вт, с округлением до 10 Вт для помещений по формуле:

$$Q = \frac{A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n}{R}, \text{ Вт} \quad (2.11)$$

где A – расчетная площадь наружной ограждающей конструкции, м^2 ; R – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, t_p – расчетная температура воздуха внутри помещения, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{ext}} = t_n$ – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, $^{\circ}\text{C}$; n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей

Инв. №	Подпись и дата	Взам. инв. №					Лист	
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01					16
			Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.		

конструкции по отношению к наружному воздуху.

При определении расчетных площадей A ограждений, через которые теряется теплота, пользуются следующими правилами определения площадей.

Поверхность окон, дверей и фонарей измеряется по наименьшим размерам строительных проемов в свету.

Поверхности потолков и полов над подвалами измеряют между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен.

Высоту стен первого этажа при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте, считают от уровня чистого пола первого этажа до уровня пола второго этажа. Высоту стен первого этажа при наличии пола, расположенного над неотапливаемым подвалом, принимают с учетом толщины перекрытия над подвалом до оси перекрытия. Высоту стен последнего этажа – с учетом толщины покрытия над ним. Высоту стен промежуточных этажей берут по осям между этажами.

Длину наружных стен не угловых помещений измеряют между осями внутренних стен, а в угловых помещениях – от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен. Длину внутренних стен определяют от внутренних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен.

Кроме разности температур по обе стороны ограждения, являющейся основной причиной возникновения теплового потока из помещений наружу, на его величину оказывают влияние такие факторы, как ориентация здания по сторонам света, обдувание ветром и другие. Возникающие дополнительные потери теплоты принято учитывать введением установленных практикой добавок к основным теплопотерям.

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№							Лист 17	
										ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01
			Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

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

а) в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,1; на юго-восток и запад – в размере 0,05; в угловых помещениях дополнительно – по 0,05 на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад, и 0,1 – в других случаях;

б) в помещениях, разрабатываемых для типового проектирования, через стены, двери и окна, обращенные на любую из сторон света, в размере 0,08 при одной наружной стене и 0,13 для угловых помещений (кроме жилых), а во всех жилых помещениях – 0,13;

в) через необогреваемые полы первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б) – в размере 0,05;

г) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий H , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты в размере:

0,2 H – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними; 0,27 H – для двойных дверей с тамбурами между ними; 0,34 H – для двойных дверей без тамбура; 0,22 H – для одинарных дверей.

Следует учитывать дополнительные потери теплоты Q , Вт, на нагревание воздуха, необходимого для естественной вентиляции помещений, поступающего путем инфильтрации через окна, двери, в зависимости от их площадей, а также температур внутреннего и наружного воздуха.

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

2.2.2 Расчет потерь теплоты на нагревание инфильтрирующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещений

Расход теплоты Q , Вт на нагревание воздуха, поступающего путем инфильтрации через окна, двери, в зависимости от их площадей, а также температур внутреннего и наружного воздуха следует определять по формуле:

$$Q_i = 0,28 \cdot \sum G_i \cdot c \cdot (t_p \cdot t_i) \cdot k, \text{ Вт} \quad (2.12)$$

где G_i – расход инфильтрирующегося воздуха, через ограждающие конструкции помещения, кг/ч;

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·К);

t_p, t_i – расчетные температуры воздуха, °С, соответственно в помещении (средняя с учетом повышения для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами; 0,8 – для окон и бал- конных дверей с отдельными переплетами; 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрирующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин, полученных по расчету по формулам:

$$Q_i = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_p \cdot t_i) \cdot k, \text{ Вт} \quad (2.13)$$

где L_n – расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, м³/ч; для жилых зданий удельный нормативный расход воздуха – 3 м³/ч на 1 м² площади жилых помещений;

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

2.2.3 Подготовительная работа к расчету теплопотерь

Начертить план промежуточного этажа здания в масштабе 1:100.

Нанести на плане нумерацию помещений. Каждое помещение, начиная с подвального этажа, нумеруют трехзначным числом, первая цифра которого указывает этаж, следующие – номер помещения на нем. Нумерация наносится на план с левого верхнего угла по часовой стрелке. Например, 001 – подвальное помещение №1, 205 – помещение №5 на втором этаже. Лестничные клетки обозначаются заглавными буквами ЛК, если их несколько, то ЛК1, ЛК2 и т.д.

Указать ориентацию здания по странам света. Теплопотери помещения определяют по уравнению:

$$Q_n = Q + Q_i - Q_6, \text{ Вт} \quad (2.14)$$

где Q – теплопотери помещения (сумма теплопотерь через наружные ограждающие конструкции помещения) определить по уравнению (2.11) и суммировать для всех наружных ограждающих конструкций помещения, Вт;

Q_i – теплопотери за счет инфильтрации наружного воздуха в помещение, Вт, рассчитывать по уравнениям (2.12) или (2.13);

Q_6 – теплопоступления от оборудования (осветительные и бытовые приборы), Вт. Для жилых помещений они составляют 10 Вт с 1 м² площади пола помещения.

Результаты расчета теплопотерь заносятся в таблицу. (Приложение...)

2.3 Выбор и размещение отопительных приборов

2.3.1 Общие рекомендации по выбору системы отопления

Основная цель отопления – создание теплового комфорта в помещениях, т.е. условий, благоприятных для жизни и деятельности человека. Тепловой комфорт в холодное время года обеспечивается, если поддерживать

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№							Лист 20
			Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	

определенную температуру воздуха в помещении, температуру на внутренней поверхности наружных ограждений и на поверхности отопительных приборов. Отопление способствует увеличению срока службы зданий и оборудования, нормализации технологических процессов, повышению производительности труда людей и качества выпускаемой продукции. Отопление зданий начинают при устойчивом понижении температуры наружного воздуха до 8 °С и ниже, когда внутренних теплопоступлений уже недостаточно для поддержания нормативной температуры воздуха в помещении.

Продолжительность отопления зданий в холодное время года называют отопительным периодом или сезоном. В России на большей части ее территории, характеризующейся суровой и долгой зимой, отопительный сезон продолжается 6–8 месяцев, на севере страны – 9–11 месяцев. Длительность отопительного периода устанавливают на основании многолетних наблюдений как среднее число дней в году с устойчивой среднесуточной температурой воздуха 8 °С и ниже.

Отопительные системы предназначены для подачи в отапливаемое здание тепловой энергии в количестве, равном теплотерям рассматриваемого здания. Следовательно, при понижении температуры наружного воздуха, а также при усилении ветра поступление теплоты в помещения должно увеличиваться, а при повышении наружной температуры – уменьшаться. Поступление теплоты должно постоянно регулироваться.

Отопительные системы проектируют и монтируют в процессе возведения зданий, увязывая их элементы со строительными конструкциями и планировкой помещений, поэтому отопление считается отраслью строительной техники. Затем отопительные установки действуют в течение всего срока эксплуатации сооружения, являясь одним из видов инженерного оборудования зданий.

В системах отопления здания или жилого района принимают единый

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист	
								ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01
			Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.		

вид теплоносителя. Давление теплоносителя устанавливают в соответствии с механической прочностью (допустимым рабочим давлением) выбранных отопительных приборов, арматуры и оборудования в зависимости от расчетной температуры теплоносителя.

В зданиях, включающих отдельные помещения иного назначения, предусматривают одну общую систему отопления, а крупные комплексы помещений специального назначения оборудуют отдельными системами отопления.

Общую систему отопления делят на части для обогрева помещений, различно ориентированных по сторонам горизонта, имеющих различный технологический режим.

Теплопроводы постоянно действующей системы отопления прокладывают в здании, начиная от распределительного коллектора или теплового пункта.

В системах водяного и воздушного отопления применяют, как правило, механическое побуждение циркуляции теплоносителя (естественную циркуляцию применяют при технико-экономических обоснованиях).

Высоту систем водяного отопления ограничивают исходя из допустимого гидростатического давления в ее элементах.

В больницах следует применять системы водяного отопления с радиаторами и панелями, при этом температура на поверхности отопительных приборов не должна превышать 75 °С.

В детских дошкольных учреждениях, жилых домах, общежитиях, гостиницах, домах отдыха, санаториях, пансионатах, поликлиниках, аптеках, музеях, архивах, книгохранилищах, библиотеках – системы водяного отопления с радиаторами и конвекторами (в больницах, банях и душевых павильонах –

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

только с радиаторами) при $t = 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($t = 105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – для однотрубных систем) и до $130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – для однотрубных систем при конвекторах с кожухом, если они допустимы в указанных зданиях, за исключением жилых домов, детских учреждений и больниц [1].

В перечисленных зданиях можно применять электрическое отопление (кроме детских учреждений, бань и душевых павильонов), газовое отопление (исключая еще и больницы), а также воздушное отопление (кроме больниц и детских учреждений).

Водяное отопление применяется при местном и централизованном теплоснабжении. Система отопления состоит из теплового пункта, магистралей, отдельных ветвей и стояков с приборными узлами.

Системы водяного отопления различают:

а) по схеме соединения труб с отопительными приборами:

- однотрубные – с последовательным соединением приборов (рис. 5.1);
- двухтрубные – с параллельным соединением приборов (рис. 2.7);
- бифилярные – с последовательным соединением сначала всех первых половин приборов, затем, для течения воды в обратном направлении, всех вторых их половин;

б) по положению труб, объединяющих отопительные приборы по вертикали или по горизонтали, – вертикальные и горизонтальные;

в) по расположению магистралей:

- с верхней разводкой при прокладке подающей магистрали выше отопительных приборов (рис. 2.6, стояки III и IV; рис. 2.7, правая часть);

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

- с нижней разводкой при расположении и подающей и обратной магистралей ниже приборов (рис. 2.6, стояки I и II; рис. 2.7, левая часть);
- с «опрокинутой» циркуляцией воды при прокладке обратной магистрали выше приборов [3];

г) по направлению движения воды в подающей и обратной магистралях системы отопления бывают с тупиковым (рисунки 2.6, 2.7) и с попутным движением (рис. 2.8).

Однотрубной систему отопления называют вследствие того, что стояк имеет одну трубу, теплоноситель имеет температуру $T_{Г}$ только на входе в первый отопительный прибор стояка по ходу движения воды, а за последним отопительным прибором стояка температура теплоносителя – $T_{О}$, следовательно, температурный перепад, приходящийся на стояк, составляет $(T_{Г}-T_{О})$. В однотрубных системах отопления количество гидравлических циркуляционных колец равно количеству стояков.

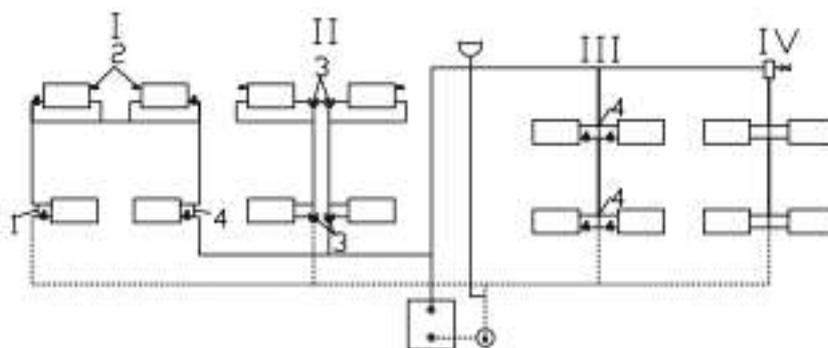


Рисунок 2.6. Схема однотрубной системы водяного отопления с тупиковым движением и искусственной циркуляцией теплоносителя:

1 – смещенный замыкающий участок, 2 – воздушные краны, 3 – трехходовые краны, 4 – осевые замыкающие участки

Система отопления называется двухтрубной из-за наличия двух параллельно прокладываемых стояков – подающего и обратного.

Индв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

Температурный перепад по теплоносителю, приходящийся на каждый отопительный прибор, составляет $(T_T - T_0)$, а количество гидравлических циркуляционных колец равно количеству отопительных приборов.

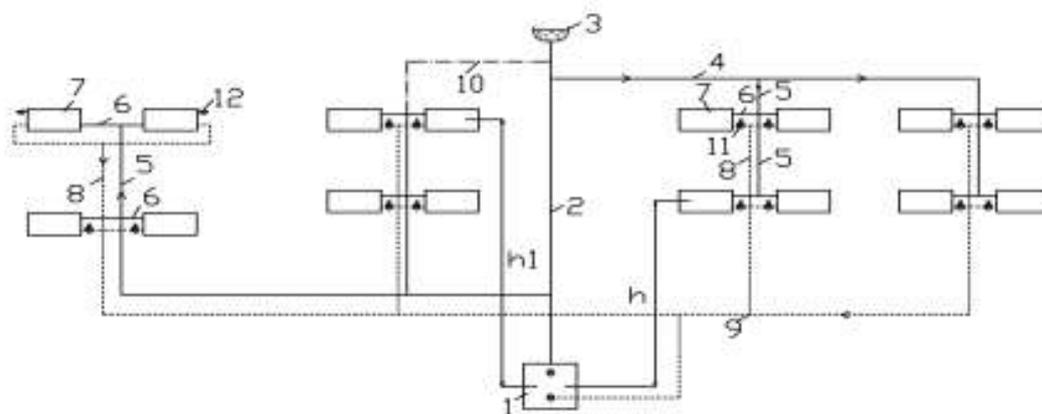


Рисунок 2.7. Схема двухтрубной системы отопления с тупиковым движением в магистралях и естественной циркуляцией теплоносителя

1 – котел, 2 – главный стояк, 3 – расширительный бак, 4 – разводящая магистраль, 5 – подающий стояк, 6 – подводки, 7 – нагревательные приборы, 8 – обратные стояки, 9 – обратная магистраль, 10 – воздушные линии, 11 – краны двойной регулировки, 12 – воздушные краны

В системах отопления с тупиковым движением вода, идущая по подающей магистрали, дойдя до последнего стояка, попадает как бы в тупик и, поступив в обратную магистраль, возвращается в тепловой центр уже в противоположном направлении. Протяженность всех циркуляционных колец в тупиковой системе отопления различна.

Системы отопления с естественной циркуляцией применяют при отсутствии централизованного теплоснабжения, с технико-экономическим обоснованием их преимущества по сравнению с насосными системами, или при технологической необходимости полного исключения шума в здании. В таких системах к самой верхней точке главного стояка присоединяют трубу, идущую к расширительному баку, для восприятия прироста объема расширяющейся при нагревании воды и для удаления из теплопроводов системы воздуха, появляющегося при первичном наполнении ее водой и выделяющегося из воды

Инв.№	Подпись и дата					Взам.инв.№
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	Лист 25

при ее нагревании. Для удаления воздуха и полного опорожнения системы от воды все теплопроводы прокладывают с уклоном. Если направления движения воды и воздуха совпадают, то величина уклона должна быть не менее 0,003. Если направления движения воды и воздуха противоположны, то величина уклона составит 0,005.

При нижней разводке удаление воздуха из системы отопления происходит по специальным воздушным линиям или через специальные воздушные краны, устанавливаемые в отопительных приборах верхних этажей.

В системе отопления с попутным движением теплоносителя протяженность всех циркуляционных колец одинакова (рис. 2.8).

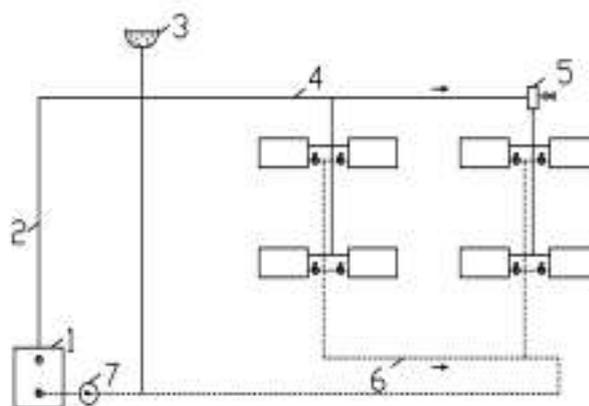


Рисунок 2.8. Схема двухтрубной системы отопления с верхней разводкой, попутным движением и искусственной циркуляцией теплоносителя: 1–4 – см. рис. 2.7, 5 – проточный воздухоотделитель, 6 – обратная магистраль, 7 – центробежный или диагональный насос с электродвигателем

При проектировании водяного отопления предпочтение отдается насосным одно- трубным системам из унифицированных узлов и деталей с автоматическим пофасадным регулированием. Наиболее экономичные однотрубные системы проточного типа проектируют тогда, когда индивидуальное регулирование теплоотдачи отопительных приборов необязательно (стояки на лестничной клетке) или предусматривается установка приборов с воздушными регулирующими клапанами (например, конвекторов).

Однотрубные системы регулируемого типа (с терморегуляторами) используются в тех случаях, когда необходимо индивидуальное регулирование

Инд.№	Подпись и дата	Взам.инв.№

Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист
							26

теплоотдачи приборов.

Однотрубные системы с замыкающими участками у приборов (с терморегуляторами) применяют, когда требуется уменьшить потери давления в приборных узлах, несмотря на относительное увеличение площади нагревательной поверхности приборов (большее – при узлах с осевым замыкающим участком, меньшее – при узлах со смещенным замыкающим участком). Следует учесть, что при смещенных замыкающих участках обеспечивается компенсация теплового удлинения этажестояков.

Вертикальные однотрубные системы с верхней разводкой рекомендуют для зданий, имеющих верхний технический этаж, удаление воздуха обеспечивают централизованно через воздухоотборники, устанавливаемые в верхних точках системы, также эти системы имеют меньшее гидравлическое сопротивление.

Однотрубные системы с нижней разводкой подающих магистралей применяют в зданиях с техническими подпольями и подвалами, но не имеющими чердака. Ее основное достоинство – систему можно поэтажно включать в действие в процессе строительства здания.

Однотрубные системы с опрокинутой циркуляцией воды устраивают преимущественно в зданиях повышенной этажности, в зданиях с обогреваемыми чердачными помещениями. В таких системах рекомендуют применять отопительные приборы с греющими элементами из стальных труб [Щекин].

Бифилярные системы целесообразно устраивать при одинаковых тепловых нагрузках приборов, при автоматическом поддержании заданной температуры помещений путем пофасадного (вертикальные системы) или поэтажного (горизонтальные системы) количественного регулирования теплоотдачи отопительных приборов.

Вертикальные насосные двухтрубные системы с нижней разводкой могут применяться в зданиях, состоящих из разноэтажных частей, с установкой у

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

отопительных приборов, регулирующих термостатических клапанов (малоэтажные здания). Для гидравлической увязки циркуляционных колец в двухтрубных системах отопления у каждого отопительного прибора устанавливают терморегуляторы с повышенным гидравлическим сопротивлением [9].

Двухтрубные системы с верхней разводкой можно устраивать в малоэтажных зданиях, особенно при естественной циркуляции воды. Такие системы используют для квартирного отопления при радиусе действия не более 20 м по горизонтали. Для сокращения длины и диаметра магистралей, вертикальные системы отопления многоэтажных зданий рекомендуется применять с тупиковым движением воды, особенно если предусматривается автоматическое пофасадное регулирование. В насосных системах значительной протяженности при малой тепловой нагрузке стояков следует использовать для увязки потерь давления в параллельно соединенных участках (если расхождение при тупиковом движении воды превышает 15%) попутное движение воды в магистралях.

Одним из требований в настоящее время является установка поквартирных узлов учета потребления тепловой энергии, поэтому в таких зданиях используются комбинированные системы отопления, состоящие из однотрубных горизонтальных систем, которые проектируются в квартире, а к стоякам подключаются по двухтрубной схеме. Чаще всего подача теплоносителя осуществляется в верхнюю часть здания главным стояком, затем производится верхняя разводка для подачи теплоносителя к рабочим стоякам, к которым по двухтрубной схеме с попутным движением теплоносителя присоединяются поквартирные однотрубные горизонтальные ветви через узел учета тепловой энергии. В этом случае гидравлический расчет каждого стояка производится отдельно, а число гидравлических циркуляционных колец равно количеству квартир, подключенных к данному стояку [10].

Инв.№	Взам.инв.№					Лист
	Подпись и дата					
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01

2.3.2 Выбор и размещение отопительных приборов

Система отопления в здании принята электрической на базе напольных конвекторов Noirot Spot E-3. Конвекторы установлены в каждом помещении вдоль фасада здания. В помещении автопарковок на отм. -2,900 и -5,800 система отопления воздушная и осуществляется посредством тепловентиляторов VOLCANO V20 с водяным теплоснабжением. Источником теплоснабжения является электрическая миникотельная ZOTA-24 «МК» (рабочий и резервный модуль).

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

3 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Дата	Подпись	Фамилия	Должность

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № Подп

Изм.	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подпись.	Дата
Выполнил		Пушко А.			
Проверил		Калинин			
Н.Контр.		Калинин			
Реценз.					
Утвердил					

ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01

Расчет и конструирование
системы вентиляции

Стадия	Лист	Листов
--------	------	--------

ВКР

Кафедра: ИСЗиС
группа Б-3431д

3 Расчет и конструирование системы вентиляции

3.1 Расчет воздушного баланса объекта проектирования.

3.1.1 Исходные данные

Район строительства: г. Владивосток;

назначение здания: общественное;

число этажей: восемь – шесть + 2 этажа парковки;

ориентация здания: широтная;

чердак: отсутствует;

подвал: отсутствует.

3.1.2 Задание на проектирование.

Требования	Содержание требований
Приточно-вытяжная вентиляция	Общественные этажи здания. Предусмотреть центральную приточно-вытяжную систему вентиляции воздуха. Приточно-вытяжные установки расположить на кровле здания на отм. +21.460. В составе приточно-вытяжных установок предусмотреть роторные рекуператоры и электрические нагреватели воздуха. В качестве воздухораспределительных устройств предусмотреть круглые вентиляционные диффузоры. В санузлах предусмотреть вытяжную систему вентиляции с установкой вентилятора на кровле здания. Все воздуховоды провести в пространстве подшивного потолка и в шахтах.

Инд.№	Взам.инв.№
Подпись и дата	

Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист 31
-------	--------	-------	--------	-------	------	---------------------------	------------

Требования	Содержание требований
	<p>Этажи автостоянок.</p> <p>Предусмотреть приточную и вытяжную систему вентиляции воздуха.</p> <p>Приточную установку расположить в венткамере автостоянки.</p> <p>Вытяжной вентилятор расположить на кровле здания.</p> <p>Воздуховоды расположить по периметру автостоянки в открытую.</p>

3.1.3 Расчет воздухообмена по нормативной кратности.

Кратность воздухообмена (K_p) – отношение расхода приточного или вытяжного воздуха за 1 ч к объему обслуживаемого помещения, 1/ч. Говоря простыми словами это число, которое показывает, сколько раз за 1 час происходит смена объема воздуха помещения.

Воздухообмен делят на естественный и искусственный. Естественный происходит вследствие разности и перепада давления воздуха внутри помещения и снаружи. Осуществляется он с помощью периодического открывания форточек, фрамуг, окон (аэрация), а также через щели стен, окон, двери (инфильтрация).

Искусственный воздухообмен осуществляется путем использования различных систем механической вентиляции и кондиционирования.

Кратность воздухообмена определяет, сколько раз в час необходимо менять весь воздух помещения, чтобы очистить его до предела допустимой концентрации загрязнения (ПДК).

Кратность воздухообмена N задается формулой:

$$N = \frac{V}{W}, \text{ раз в час} \quad (3.1)$$

где: V (м³/ч) – необходимое количество чистого воздуха, поступающего в

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

помещение в течение 1 часа; $W(\text{м}^3)$ – объем помещения.

Путем естественной аэрации обычно достигают трех – четырехкратного воздухообмена, а при необходимости большей кратности прибегают к механической вентиляции.

Объем чистого приточного воздуха, который должен разбавлять вредные газы до предельно допустимой концентрации, определяется по формуле:

$$V = \frac{B}{\rho_B - \rho_0} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.2)$$

где: B – количество вредного вещества (газа), поступающего в помещение в 1 час, мг/ч;

ρ_B - ПДК вредного вещества в воздухе рабочего помещения, мг/м³;

ρ_0 – концентрация того же вредного вещества в приточном наружном воздухе, мг/м³.

Количество вредных газов B , находящихся в воздухе рабочего помещения, можно определить несколькими способами:

а) Измерением концентрации газа на единицу объема b с помощью газоанализатора. Тогда количество вредного вещества определяется по формуле:

$$B = a \cdot b \cdot W, \text{ мг/ч}, \quad (3.3)$$

где: a – коэффициент инфильтрации (для камеральных цехов $a=1$, для гаражей $a=2$);

b – концентрация вредного вещества в воздухе (мг/м³ в 1 час);

W (м³) – кубатура рабочего помещения.

б) Определением расхода вредного вещества всеми работающими за смену (8 часов) в одном рабочем помещении:

$$B = \frac{i \cdot b_n}{8} \text{ мг/ч}, \quad (3.4)$$

где b_n – количество материала, содержащего вредное вещество, расходуемое всеми работающими в данном помещении, мг.

в) С учетом выделения углекислого газа (СО₂) в процессе дыхания человека в объеме 22,6 литров в 1 час. Тогда:

Инд.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

$$B = 22,6 \cdot n \text{ л/ч}, \quad (3.5)$$

где: n – число работающих в помещении.

Большинство жилых и встроенно-пристроенных помещений общественного назначения характеризуется постоянным составом и интенсивностью вредных выделений. Поэтому для них на основании эксплуатационного опыта и расчетов установлены нормы кратности воздухообмена.

Кратности воздухообмена отнесены к высоте помещения 3 м. При другой высоте помещений эти кратности принимаются с коэффициентом, равным отношению высоты помещения (3 м) к проектной высоте.

При заданной величине кратности воздухообмена по притоку и вытяжке производительность общеобменных систем вентиляции рассчитывается по формуле:

$$L_p = K_p V_{\text{пом}} \quad (3.6)$$

где L_p – расчетный воздухообмен помещения, м³/ч; K_p – нормативная кратность воздухообмена, 1/ч; $V_{\text{пом}}$ – внутренний объем помещения, м³.

Результаты расчетов заносятся в таблицу воздушного баланса здания (Приложение).

3.1.4 Организация воздухообмена в помещениях

Эффективность работы системы вентиляции зависит не только от количества вентиляционного воздуха, но и от способа организации воздухообмена, т.е. способа распределения и подачи приточного воздуха, способа удаления отработанного воздуха и схемы организации воздухообмена. Для правильного принятия организации способа воздухообмена следует руководствоваться «Положениями», изложенными в литературе [11, п. 3].

В зависимости от объемно-планировочных характеристик помещения, технологических и санитарно-гигиенических требований могут быть приняты следующие схемы по направлению движения вентиляционного воздуха: снизу

Инд.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

– вверх; сверху – вниз; сверху – вверх; смешанные.

Для этих схем рекомендуется принимать подачу воздуха струями (таблица): поступающими в рабочую зону вертикально; подаваемыми под углом к рабочей зоне; горизонтальными струями, затухающими вне рабочей зоны (сосредоточенная подача воздуха); непосредственно в рабочую зону.

В помещениях конструкторских и проектных бюро, контор, воздух подается в направлении окон через воздухораспределители, установленные выше обслуживаемой зоны или непосредственно под окнами через воздухораспределители эжекционных кондиционеров-доводчиков.

В зрительные и спортивные залы высотой более 5–6 м воздух подается наклонными компактными или плоскими струями, направленными на экран (сцену) или спортивную площадку из воздухораспределителей, установленных в боковых стенах.

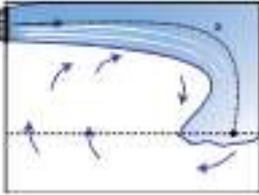
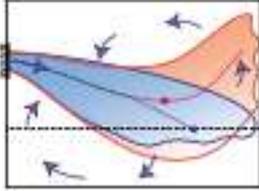
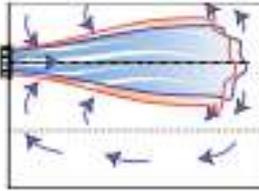
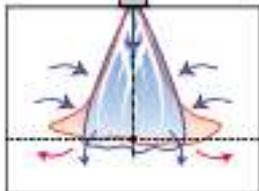
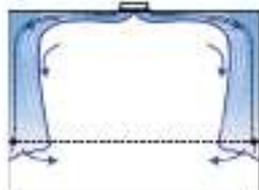
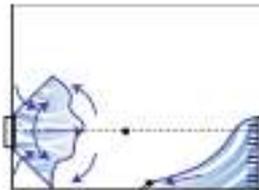
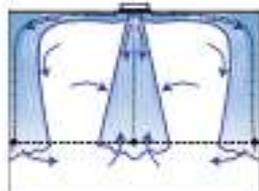
В помещениях общественных зданий высотой более 5 м допускается подавать воздух вертикальными компактными струями из воздухораспределителей с устройствами для отклонения приточной струи в пределах $+30^\circ$ от вертикали.

В помещениях высотой менее 5–6 м, имеющих подшивной потолок (торговые залы, балконы зрительных залов, трибуны спортивных залов), воздух подается настилающимися веерными струями через воздухораспределители – диффузоры и потолочные плафоны.

При наличии на потолке выступающих конструкций (балки, ригели, ребра) или светильников с большими тепловыделениями воздух подается воздухораспределителями, формирующими конические и неполные веерные струи на высоте 3–6 м (таблица 3.1).

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

Схемы подачи воздуха в помещение

<p>Схема А. Подача воздуха сверху вниз настилающимися на потолок струями</p>	
<p>Схема Б. Подача воздуха сверху вниз наклонными струями</p>	
<p>Схема В. Подача воздуха горизонтальными струями выше рабочей зоны</p>	
<p>Схема Г. Подача воздуха сверху вниз коническими, неполными веерными струями</p>	
<p>Схема Д. Подача воздуха сверху вниз настилающимися веерными струями</p>	
<p>Схема Е. Подача воздуха в рабочую зону быстрозатухающими и низкоскоростными потоками</p>	
<p>Схема Ж. Подача воздуха сверху вниз комбинированными струями</p>	

Инв.№	Взам.инв.№
Подпись и дата	

Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата

--	--

3.2 Конструирование и расчет системы вентиляции

В общественных зданиях всех назначений следует предусматривать приточную механическую вентиляцию с очисткой и подогревом приточного воздуха. Число приточных установок в здании определяется их назначением, режимом работы отдельных помещений, размерами и формами здания, величиной воздухообмена.

Рекомендуется принимать следующее минимальное число приточных установок:

- кинотеатры с одним залом – две установки (одна для кинозала, вторая – общая для остальных помещений);
- кинотеатры двухзальные – две установки (общая для двух кинозалов и общая для остальных помещений);
- клубы – три установки (одна для большого зрительного зала; вторая – для зрительного и спортивного залов; третья – для остальных помещений);
- гостиницы – три установки (раздельные для кухни, обеденного зала или ресторана, для остальных помещений);
- клубы-столовые – три установки (раздельные для кухни, обеденного зала, зрительного зала с кинопроекционной);
- школы и библиотеки от одной до трех установок, обслуживающих различные группы помещений.

При выборе количества и типа приточных установок рекомендуется:

- применять приточные установки канального типа при

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

производительности до 5000–7000 м³/ч и радиуса действия до 30 м, а также моноблочные приточные установки.

- использовать центральные приточные установки в строительном исполнении при производительности более 3000 м³/ч и радиусе действия до 80 м. Максимальную производительность отдельной центральной установки в общественных зданиях не следует принимать более 1000–1200 м³/ч.

Приточные установки обычно содержат: запорные и регулирующие устройства, воздушный фильтр, воздухонагреватель, вентагрегат, соединительные и переходные секции. При необходимости приточные установки могут быть снабжены секцией охлаждения и шумоглушителем.

Центральные приточные установки следует располагать на первом этаже или в подвале здания в специальных помещениях вблизи наружных стен. Миниустановки рекомендуется располагать вблизи обслуживаемых помещений в пространстве между конструкцией перекрытия и фальшпотолка. Не допускается размещать приточные установки (камеры) непосредственно под зрительными залами кинотеатров и клубов, читальными залами, классами, которые характеризуются повышенными требованиями к уровню звукового давления. Забор воздуха для приточной установки должен производиться по возможности не со стороны фасада здания, а в местах, где наружный воздух наименее загрязнен. Рекомендуется устройство выносных приточных шахт в зеленой зоне.

Вытяжные установки располагают в выделенных негорючими перегородками помещениях на чердаке или на техническом этаже.

Приточные и вытяжные установки размещаются по возможности в центре данной системы вентиляции, чтобы максимально сократить протяженность воздуховодов.

Воздуховоды предусматриваются как из металла, так и из

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист	
								ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01
			Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.		

неметаллических материалов. В «мокрых» помещениях воздуховоды устраивают из тонколистовой оцинкованной стали. При наличии в помещении внутренних капитальных стен в них следует располагать вертикальные и приточные каналы (с обязательной качественной отделкой внутренней поверхности каналов или прокладкой металлических воздуховодов). Размеры каналов в кирпичных стенах принимают кратными половине кирпича. Конструктивное исполнение воздуховодов и каналов рассматривается в литературе [15, 18, 19].

Воздуховоды в помещениях общественных зданий проектируют как круглого, так прямоугольного сечения. Геометрические размеры стальных воздуховодов и фасонных частей к ним принимаются по СП 60.13330.2012 [1], геометрические размеры неметаллических воздуховодов приведены в источнике [12].

Применяют поперечную и продольную схемы вентилирования помещений (читальные залы, классы, залы предприятий общественного питания, вспомогательные помещения) с соответствующей прокладкой вентиляционных каналов и воздуховодов [14].

Приточные вытяжные каналы и решетки обычно располагают на расстоянии 0,4–0,5 м от потолка в плоскости одной или противоположных стен. Возможна также поэтажная параллельная прокладка вдоль коридора горизонтальных сборных приточных и вытяжных каналов с подключением ответвлений из отдельных помещений. Для исключения пересечения воздуховодов в вертикальной плоскости вытяжной воздуховод прокладывается выше приточного. При необходимости поэтажные каналы объединяют в вертикальный коллектор с присоединением к нему под потолком вышележащего этажа. С целью предотвращения перетекания воздуха из одного помещения в другое присоединение двух или более каналов из смежных помещений на одном уровне к вертикальному каналу, как правило, не допускается (исключение для помещений смежных и близких по своему назначению).

Инв. №	Взам. инв. №					Лист
	Подпись и дата					
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01

При проектировании воздуховодов должны соблюдаться основные требования нормативных документов [1].

3.2.1. Аэродинамический расчет вентиляции.

Расчет воздуховодов заключается в определении их размеров и сопротивления системы. К аэродинамическому расчету приступают после предварительного (по рекомендуемым скоростям) определения площадей сечений и размеров воздуховодов. Вычерчивается аксонометрическая схема сети воздуховодов. На схемах указывают номера расчетных участков, их длину и расходы воздуха. В системах с механическим побуждением расчетным является наиболее протяженное направление, имеющее большую нагрузку (расход воздуха) на участках. В системах с естественным побуждением расчетным направлением является такое, у которого минимальное значение удельных потерь на трение:

$$R_{уд} = \frac{P_{гр.}}{\Sigma L} = \min, \quad (3.7)$$

где $R_{уд}$ – располагаемое гравитационное давление, Па;

ΣL – расстояние по вертикали от центра вытяжной решетки на входе воздуха в расчетное отверстие до среза вытяжной шахты, м.

Расчетное количество участков устанавливается после определения количества приточных и вытяжных решеток, или принятого типа воздухораспределителей. Общая площадь живого сечения ($F_{ж.р.}$) вытяжных или приточных решеток воздухораспределителей определяется по формуле:

$$F_{ж.с.} = \frac{G}{3600} V_{ж.р.} \rho \quad (3.8)$$

где G – расчетный суммарный расход воздуха в помещении, кг/ч;

$V_{ж.р.}$ – рекомендуемая скорость воздуха в живом сечении [12, прил. 7], м/с;

ρ – плотность воздуха, в расчетах принимается 1,2 кг/м³.

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

Предварительно задаются типом решетки воздухораспределителя. В соответствии с рекомендуемой $V_{ж.р.}$ принимают типоразмер решетки воздухораспределителя с известным $F_{ж.с.}$ и определяют количество решеток воздухораспределителя в помещении (округляя полученное значение до целого):

$$N_p = \frac{F_{ж.с.}}{F'_{ж.с.}} \quad (3.9)$$

Необходимые для аэродинамического расчета справочные данные приводятся в литературе [15, 16, 17].

3.2.2 Аэродинамический расчет систем с механическим побуждением

Потери давления в системах вентиляции складываются из потерь давления на трение и потерь давления в местных сопротивлениях:

$$\Delta P_{\text{сист.}} = \Delta P_{\text{тр.}} + z, \text{ Па.} \quad (3.10)$$

Потери давления на трение:

$$\Delta P_{\text{тр.}} = R \cdot l, \text{ Па.,} \quad (3.11)$$

где R – удельные потери на трение, Па/м;

l – длина участка воздуховода, м.

Потери давления в местных сопротивлениях:

$$z = \sum \xi \cdot P_d, \text{ Па.} \quad (3.12)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода, коэффициенты на границе двух участков относят к участку с меньшим расходом.

Динамическое давление:

$$P_d = \frac{v^2}{2}, \text{ Па.} \quad (3.13)$$

Скорость движения воздуха в воздуховоде определяется по формуле:

Индв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

$$v = \frac{L}{3600 \cdot F} \cdot \frac{m}{c}, \quad (3.14)$$

где F – площадь поперечного сечения воздуховода, м²

Для воздуховодов прямоугольного сечения за расчетную величину d принимаем эквивалентный диаметр d_{эКВ}, при котором потери давления в круглом воздуховоде при той же скорости будут равны потерям давления в прямоугольном воздуховоде

$$d_{\text{ЭКВ}} = \frac{2 \cdot A \cdot B}{A + B} \quad (3.15)$$

где A, B – стороны прямоугольного воздуховода или канала, мм. Рекомендуемая скорость воздуха на ответвлениях – до 5 м/с, на магистралях – до 8 м/с. Результаты расчета заносятся в таблицу.

3.2.3 Вентиляция парковки

Вентиляция подземной автомобильной стоянки на 20 парковочных мест (10 мест на отметке -5.800, 10 мест на отметке -2.900).

Воздухообмен на автомобильной стоянке определяется расчетом при усредненном количестве въездов и выездов в течении 1 часа. Согласно задания принимаем число въездов и выездов равным 30% от общего количества машиномест. ПДК оксида углерода (СО) принимать 20 мг/м³. ПДК СН = 300 мг/м³; ПДК НОх=5 мг/м³ [2]. Воздухообмен не должен быть ниже 150 м³/ч на машиноместо, а кратность воздухообмена в помещении стоянки не ниже 2 ч⁻¹ [18, п. 2.1].

Для расчета вредных выделений следует знать деление автомобилей по классу.

Таблица 3.2

Деление автомобилей по классу.

Класс	Рабочий объем двигателя

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

Особо малого класса	до 1,2 л включительно
Малого класса	свыше 1,2 л до 1,8 л
Среднего класса	свыше 1,8 до 3,5 л

Удаление воздуха из автостоянок выполняется отдельными вытяжными системами равномерно из верхней и нижней зоны.

Приточные системы вентиляции должны предусматривать подачу воздуха компактными струями вдоль проездов в рабочую зону; подача притока рекомендуется в размере 80 % от объема вытяжной вентиляции.

Температура рабочей зоны автостоянки обычно принимается $t_B = 5^{\circ}\text{C}$.

Количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения стоянки, определяется по формуле:

$$M_i = 10^{-3} \sum_{i=3}^n \frac{q_i \cdot L \cdot A_э \cdot K_c}{t_B \cdot 3,6}, \text{ г/с}, \quad (3.16)$$

M_i — масса выброса i -го загрязняющего вещества, г/с;

q_i — удельный выброс загрязняющего вещества, г/км; (табл. 3.3)

L — условный пробег одного автомобиля за цикл въезда или выезда по стоянке, км; (табл. 3.4)

$A_э$ — эксплуатационное количество автомобилей на стоянке, шт;

K_c — коэффициент, учитывающий скорость автомобиля;

t_B — принимать 1 час.

Таблица 3.3

Удельные выбросы вредных веществ автомобилем на период с 2000г., q ,
г/км

Автомобили легковые	СО	СН	NO _x
Особо малого и малого класса	17,2	1,4	0.55

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№							Лист
									43
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01			

Среднего класса	20,8	1,3	0,63
-----------------	------	-----	------

Таблица 3.4

Условный пробег легкового автомобиля за цикл (въезд или выезд):

Вид стоянки	Условный пробег L, км	
	въезд	выезд
Открытая стоянка с подогревом	0,3	0,8
Теплая закрытая стоянка манежная	0,25	0,7
Теплая закрытая стоянка боксовая	0,1	0,5

Таблица 3.5

Коэффициент влияния режима скорости и способа хранения на количество вредностей:

Способ хранения и режим движения	Коэффициент К		
	CO	CH	NO _x
Открытая стоянка с подогревом и скоростью движения 10 км/ч	1,2	1,1	1,0
То же, без подогрева $t_B < 0^{\circ}C$	2,0	1,6	1,0
Закрытая стоянка и скорость движения 5 км/ч	1,4	1,2	1,0

Расчет воздухообмена ведется по формуле:

$$L = M_i / U_{\text{пдк}} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3.17)$$

M_i - рассчитываемая вредность, мг/ч;

$U_{\text{пдк}}$ – ПДК вредности, мг/м³.

Исходные данные:

Площадь парковки: $F=522,8 \text{ м}^2$

Высота помещения: $H=2,4\text{м}$

Индв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№
--------	----------------	------------

Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист
							44

Автомобили легкого класса: 5 шт

Автомобили среднего класса: 5 шт

ХП $t_H = -23^{\circ}\text{C}$, $t_B = 5^{\circ}\text{C}$

Расчет по вредным выделениям:

По СО:

$$M_{\text{CO}} = 10^{-3} \cdot [(17,2 \cdot 0,25 \cdot 1,4 \cdot 5) \cdot 0,3 + (20,8 \cdot 0,25 \cdot 1,4 \cdot 5) \cdot 0,3 + (17,2 \cdot 0,7 \cdot 1,4 \cdot 5) \cdot 0,3 + (20,8 \cdot 0,7 \cdot 1,4 \cdot 5) \cdot 0,3] / 1/3,6 = 0,018794 \text{ г/с}$$

$$L_{\text{CO}} = (0,018794 \cdot 3600 \cdot 1000) / 20 = 3383 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По СН:

$$M_{\text{CH}} = 10^{-3} \cdot [(1,4 \cdot 0,25 \cdot 1,2 \cdot 5) \cdot 0,3 + (1,3 \cdot 0,25 \cdot 1,2 \cdot 5) \cdot 0,3 + (1,4 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 5) \cdot 0,3 + (1,3 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 5) \cdot 0,3] / 1/3,6 = 0,0013175 \text{ г/с}$$

$$L_{\text{CH}} = (0,0013175 \cdot 3600 \cdot 1000) / 300 = 15,81 \text{ м}^3/\text{ч}$$

По NOx:

$$M_{\text{NOx}} = 10^{-3} \cdot [(0,55 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 5) \cdot 0,3 + (0,63 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 5) \cdot 0,3 + (0,55 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 5) \cdot 0,3 + (0,63 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 5) \cdot 0,3] / 1/3,6 = 0,0004671 \text{ г/с}$$

$$L_{\text{NOx}} = (0,0004671 \cdot 3600 \cdot 1000) / 8 = 210,195 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Так как все вредности разнонаправленного действия, то воздухообмен принимается по большей из них, т.е по СО.

В соответствии с п. 2.1 МГСН 5.0101 2001 г. «Стояки легковых автомобилей», на каждое машиноместо должно приходиться не менее $150 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$L = 10 \cdot 150 = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Проверяем воздухообмен на кратность:

$$K = L / (F \cdot H) = 3383 / (522,8 \cdot 2,4) = 2,7 > 2$$

Принимаем:

$$\text{Вытяжная система } L_B = 3383 \cdot 2 = 6766 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Приточная система } L_{\text{П}} = 0,8 \cdot L_B = 0,8 \cdot 6766 = 5412 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3.3 Воздушные завесы

Воздушная или воздушно-тепловая завеса (с подогревом воздуха) – это

Индв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

вентиляционное устройство, предотвращающее резкое проникновение (врывание) наружного воздуха в помещение через открытые проемы (двери, ворота). Завесы применяют также для защиты от перетекания воздуха из одного помещения в другое.

3.3.1 Завесы шиберующего типа

Принцип действия таких завес основан на использовании плоских воздушных струй, уменьшающих количество проходящего через проем наружного воздуха, частично шибируя его либо полностью его перекрывая.

При установке воздушно-тепловых завес шиберующего типа для уменьшения потерь тепла с частью струи завесы, уходящей наружу, рекомендуется (особенно при односторонних завесах) устраивать тамбур, имеющий боковые стенки и перекрытие. Воздух выпускается через щелевидные насадки под углом 30° к плоскости проема с направлением наружу. Двусторонние боковые завесы по сравнению с односторонними более надежны в эксплуатации. Завесы с нижней подачей воздуха применяются при ширине проема, значительно большей, чем высота. Они более надежно предохраняют нижнюю зону помещения от поступления холодного воздуха.

Завесы следует рассчитывать на параметры наружного воздуха Б. Метод расчета строится на теории струйных течений с учетом экспериментальных коэффициентов.

Общий расход воздуха завесы, кг/ч, определяется по формуле

$$G_3 = 5100\bar{q}\mu_{\text{пр}}F_{\text{пр}}\sqrt{\Delta P\rho_{\text{см}}}, \quad (3.18)$$

где \bar{q} – отношение расхода воздуха завесы к расходу воздуха, проходящего через проем (при работе боковой завесы рекомендуется принимать 0,6–0,7, при работе нижней завесы – 1,0);

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	

$\mu_{\text{пр}}$ – коэффициент расхода проема при работе завесы (табл. 3.6);

$F_{\text{пр}}$ – площадь открываемого проема оборудованного завесой, м²;

ΔP – разность давлений воздуха с двух сторон наружного ограждения на уровне проема, оборудованного завесой, Па;

$\rho_{\text{см}}$ – плотность смеси подаваемого завесой и наружного воздуха, кг/м³.

Расчетная разность давлений, Па, составит:

$$\Delta P = 9,8h_{\text{расч}}(\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) + k_1 c \frac{\rho_{\text{н}} v_{\text{в}}^2}{2} \quad (3.19)$$

где $h_{\text{расч}}$ – расчетная высота, т. е. расстояние по вертикали от центра проема, оборудованного завесой, до уровня нулевых давлений, где давления снаружи и внутри здания равны (высота нейтральной зоны), м;

$\rho_{\text{н}}$ – плотность воздуха при температуре наружного воздуха (параметры Б), кг/м³;

$\rho_{\text{в}}$ – то же, при средней по высоте помещений температуре внутреннего воздуха, кг/м³;

$v_{\text{в}}$ – расчетная скорость ветра, значение которой принимается при параметрах Б для холодного периода года;

c – расчетный аэродинамический коэффициент [20];

$k_1 = 0,2$ – поправочный коэффициент на ветровое давление (табл. 3.7).

Таблица 3.6

Коэффициенты расхода проемов для завес шибберного типа

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

Тип завесы	Относительная площадь $\bar{F} = F_{пр}/F_{щ}$	Значения $\mu_{пр}$ при \bar{q}					
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Боковая	10	<u>0,42</u>	<u>0,38</u>	<u>0,35</u>	<u>0,33</u>	<u>0,31</u>	<u>0,29</u>
		0,36	0,32	0,31	0,28	0,26	0,25
	20	<u>0,35</u>	<u>0,32</u>	<u>0,3</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>
		0,3	0,27	0,26	0,25	0,25	0,25
	30	<u>0,31</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>
		0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	40	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>
		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Нижняя	10	<u>0,5</u>	<u>0,45</u>	<u>0,4</u>	<u>0,37</u>	<u>0,34</u>	<u>0,31</u>
		0,42	0,38	0,36	0,32	0,3	0,27
	20	<u>0,4</u>	<u>0,35</u>	<u>0,3</u>	<u>0,28</u>	<u>0,25</u>	<u>0,23</u>
		0,34	0,3	0,28	0,25	0,23	0,21
	30	<u>0,35</u>	<u>0,3</u>	<u>0,27</u>	<u>0,24</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>
		0,31	0,26	0,24	0,21	0,2	0,18
	40	<u>0,31</u>	<u>0,27</u>	<u>0,24</u>	<u>0,21</u>	<u>0,2</u>	<u>0,18</u>
		0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15

Примечание. Над чертой приведены значения $\mu_{пр}$ для раздвижного проема, под чертой – для распашного.

Таблица 3.7

Поправочный коэффициент на ветровое давление [21]

Здание	k_1
Без аэрационных проемов	0,2
С аэрационными проемами, закрытыми в холодный период года	0,5
То же, открытыми в холодный период года	0,8

Отношение площади открываемого проема, оборудованного завесой, к суммарной площади воздуховыпускных щелей $\bar{F} = F_{пр}/F_{щ}$ рекомендуется принимать 20–30.

Температура воздуха завесы, °С, находится по формуле

$$t_3 = t_n + \frac{t_{см} - t_n}{\bar{q}(1 - \bar{q})}, \quad (3.20)$$

Где \bar{Q} – отношение количества тепла, теряемого с воздухом, уходящим через открытый проем наружу, к тепловой мощности калориферов завесы.

Индв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

Суммарная тепловая мощность калориферов воздушно-тепловой завесы, Вт, определяется по формуле

$$Q_3 = 0,28G_3(t_3 - t_{\text{нач}}), \quad (3.21)$$

где $t_{\text{нач}}$ – температура воздуха, забираемого для завесы, °С (на уровне всасывающего отверстия вентилятора $t_{\text{нач}}$ принимается равной температуре смеси воздуха, поступающего в помещение; из верхней зоны – равной температуре воздуха в верхней зоне; снаружи – равной температуре наружного воздуха для холодного периода года, соответствующей параметрам Б).

Если в результате расчета t_3 окажется меньше $t_{\text{нач}}$, то следует использовать завесы без калориферных секций.

3.3.2. Завесы смесительного типа

У входных дверей встроено-пристроенных помещений различного назначения рекомендуется устраивать боковые двусторонние завесы смесительного типа, обеспечивающие заданную температуру воздуха в помещении.

Принцип действия таких завес основан на смешивании наружного воздуха, поступающего через открытый проем, с воздухом завесы.

Разность давлений ΔP , обеспечивающая движение воздуха через проем, определяют с учетом ветрового давления по формуле (3.19). При отсутствии полных исходных данных ΔP рекомендуется рассчитывать приближенно по формуле, Па:

$$\Delta P = 9,8h_{\text{расч}}(\rho_n - \rho_v), \quad (3.22)$$

где значение $h_{\text{расч}}$ вычисляют, м, в зависимости от этажности здания по следующим формулам:

– для зданий с числом этажей три и меньше:

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
			ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01				
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата		

$$h_{\text{расч}} = h_{\text{л.к}} - 0,5h_{\text{дв}} \quad (3.23)$$

– для зданий с числом этажей больше трех:

$$h_{\text{расч}} = 0,5(h_{\text{л.к}} + 2h_{\text{эт}} - h_{\text{дв}}), \quad (3.24)$$

где $h_{\text{л.к}}$ – высота лестничной клетки от планировочной отметки земли, м;
 $h_{\text{дв}}$ – высота створки входных дверей, м; $h_{\text{эт}}$ – полная (от уровня пола предыдущего до уровня пола последующего этажа) высота одного этажа, м.

Расход воздуха, кг/ч, для воздушно-тепловой завесы смешивающего типа определяется по формуле

$$G_3 = 5100k_2\mu_{\text{вх}}F_{\text{вх}}(t_{\text{см}} - t_{\text{н}})\sqrt{\Delta P\rho_{\text{н}}}/(t_3 - t_{\text{см}}), \quad (3.25)$$

где $\mu_{\text{вх}}$ – коэффициент расхода входа, зависящий от его конструкции (табл. 3.8);

k_2 – поправочный коэффициент, который учитывает число проходящих людей, место забора воздуха для завесы и тип вестибюля (табл. 3.9);

$F_{\text{вх}}$ – площадь одной открываемой створки наружных входных дверей, м².

Таблица 3.8

Коэффициент расхода для завес смесительного типа

Конструкция входа	$\mu_{\text{вх}}$
Одинарные двери	0,7
Двойные двери с тамбуром, прямой проход	0,65
Тройные двери с тамбуром, прямой проход	0,6
Двойные двери с тамбуром, зигзагообразный проход	0,55

Индв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№							Лист
									50
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01			

Тройные двери с тамбуром, зигзагообразный проход	0,4
Вращающиеся двери	0,1

Таблица 3.9

Поправочный коэффициент k_2 для завес смешивающего типа

Место забора воздуха	Двери	Значения k_2 при числе людей n , проходящих через вход за 1 час								
		100	200	300	500	700	900	1100	1300	1500
Забор воздуха из открытого вестибюля	Одинарные	0,05	0,1	0,15	0,25	0,31	0,39	0,47	0,55	0,61
	Двойные или вращающиеся	0,04	0,08	0,11	0,19	0,26	0,34	0,41	0,48	0,54
	Тройные	0,03	0,06	0,08	0,14	0,2	0,28	0,35	0,41	0,46
То же, закрытого	Одинарные	0,05	0,09	0,14	0,22	0,27	0,35	0,43	0,49	0,55
	Двойные или вращающиеся	0,03	0,07	0,1	0,17	0,23	0,31	0,47	0,43	0,49
	Тройные	0,02	0,05	0,07	0,12	0,18	0,25	0,32	0,37	0,42
Забор воздуха снаружи или при вестибюле открытым	Одинарные	0,04	0,08	0,12	0,2	0,24	0,31	0,38	0,44	0,49
	Двойные или вращающиеся	0,03	0,06	0,09	0,15	0,21	0,27	0,33	0,38	0,43
	Тройные	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,23	0,28	0,33	0,37
То же, закрытом	Одинарные	0,04	0,07	0,11	0,17	0,22	0,28	0,34	0,38	0,42
	Двойные или вращающиеся	0,03	0,05	0,08	0,13	0,18	0,24	0,29	0,33	0,38
	Тройные	0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,24	0,29	0,33

3.3.3 Подбор воздушной завесы

Расчет воздушной завесы производился в онлайн программе группы компаний «Климатик», методика расчета которой полностью соответствует алгоритму, приведенному в предыдущем разделе. После заполнения исходных данных я получил производительность воздушной завесы – 1760 м³/ч. По каталогу VTS Group была подобрана завеса WING E100 (воздушная завеса с электронагревателем, максимальная производительность – 1850 м³/ч)

Взам.инв.№
Подпись и дата
Инв.№

Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист
							51

3.4 Основные решения по разделу проекта

Для обеспечения нормируемых санитарно-гигиенических параметров запроектированы системы вентиляции. В качестве вентиляционных агрегатов были подобраны VENTUS VS-55-R-RH, устанавливаются на кровле объекта, для экономии электроэнергии на нагрев приточного воздуха оснащены рекуператорами тепла роторного типа. Для санузлов был подобран вентилятор для прямоугольных каналов Zilon ZKS 500x250. В качестве воздухораспределительных устройств были применены круглые вентиляционные диффузоры Diaflex DVK 125. Диффузор представляет собой потолочный воздухораспределительный элемент с плавным регулированием расхода воздуха, которое осуществляется с помощью вращения центрального диска. Диффузор изготовлен из полипропилена. Для удобства монтажа снабжен соединительной муфтой, с помощью которой он присоединяется к воздуховодам.

Инв.№	Подпись и дата	Взам.инв.№					Лист
Изм..	Кол.уч	Лист.	№ док.	Подп.	Дата	ДВФУ ИШ ВКР 2018 08.03.01	Лист

Воздушный баланс здания						
№	Наименование помещения	Объем помещения, м ³	Кратность воздухообмена, 1/ч		Воздухообмен, кг/ч	
			вытяжка	приток	вытяжка	приток
Отметка 0.000						
1	Тамбур	36,1			0	0
2	Лестница	93,7			0	0
3	Вестибюль	1894,5	1	1	1900	1900
4	Шлюз при санузлах	23,4		(250)		250
5	Санузел для МГН	13,2	(50)		50	0
6	Помещение уборочного инвентаря	16,4	(100)		100	0
7	Санузел	7,5	(50)		50	0
8	Санузел	7,5	(50)		50	0
9	Лестница	68,3			0	0
10	Венткамера	84,5			0	0
Отметка +4.200						
1	Вестибюль	1398,6	1	1	1500	1500
2	Лестница	57,9			0	0
3	Шлюз при санузлах	18,3		(250)	0	250
4	Санузел для МГН	10,3	(50)		50	0
5	Помещение уборочного инвентаря	12,8	(100)		100	0
6	Санузел	5,9	(50)		50	0
7	Санузел	5,9	(50)		50	0
8	Помещение пожарной охраны	53,1	2	2	100	100
9	Лестница	55,1			0	0
10	Гардероб	100,4		1	0	100
Отметка +7.600						
1	Кабинет администрации	77,3	2	2	200	200
2	Лестница	56,2			0	0
3	Шлюз при санузлах	11,0		(250)	0	250

4	Помещение уборочного инвентаря	8,5	(100)		100	0
5	Санузел женский	16,8	(50)		100	0
6	Санузел мужской	9,0	(50)		50	0
7	Подсобное помещение	134,2	2	2	320	320
8	Кружок японское искусство	96,7	1,5	1,5	240	240
9	Кружок по шахматам	183,1	1,5	1,5	440	440
10	Кружок маленький художник	153,6	1,5	1,5	360	360
11	Подсобное помещение	28,0	1		30	0
12	Кружок макраме	57,7	1,5	1,5	160	160
13	Лестница	55,1			0	0
14	Кружок китайское искусство	100,3	1,5	1,5	240	240
15	Школа шитья	226,8	1,5	1,5	520	520
16	Вестибюль	545,0	1	1	540	540
Отметка +11.000						
1	Кружок графики	135,5	1,5	1,5	320	320
2	Лестница	54,3			0	0
3	Холл	330,1	1	1,5	290	460
4	Шлюз при санузлах	11,8		(250)	0	250
5	Санузел мужской	6,3	(50)		50	0
6	Санузел женский	18,6	(50)		100	0
7	Помещение уборочного инвентаря	9,4	(100)		100	0
8	Кружок масляной живописи	174,7	1,5	1,5	400	400
9	Кружок акварельной живописи	225,3	1,5	1,5	520	520
10	Подсобное помещение	27,0	1		30	0
11	Помещение персонала	57,3	1,5	1,5	160	160
12	Лестница	53,2			0	0

13	Кружок прикладной композиции	99,3	1,5	1,5	240	240
14	Кабинет для теоретических занятий	104,1	1,5	1,5	240	240
15	Кружок декоративно-прикладного искусства	109,1	1,5	1,5	240	240
Отметка +14.400						
1	Лестница	60,1			0	0
2	Холл	1223,1	1	1,5	1300	1920
3	Шлюз при санузлах	18,2		(200)	0	250
4	Санузел для МГН	9,8	(50)		50	0
5	Санузел	6,9	(50)		50	0
6	Помещение уборочного инвентаря	15,1	(100)		100	0
7	Лестница	58,9			0	0

Расчет системы П1

№уч	l, м	L, м3/ч	F, м2	a	b	dэ	V, м/с	Re	λг	Рд	R	ΔP1	Сумма местных сопротивлений Σζ	Рζ	ΣΔP
Отметка 0.000															
13' 13	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
13 12	5,45	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	7,36	0,32	1,58	8,94
12' 12	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,97	3,19	4,80
12 11	6,00	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	10,68	1,83	16,16	26,84
11' 11	1,20	125,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,8	18744,65	0,027	5,14	1,39	1,67	0,85	4,37	7,04
11 10	0,25	325,00	0,0225	0,15	0,15	0,15	4,0	39963,60	0,022	10,38	1,55	0,39	0,13	1,35	1,74
10' 10	0,65	125,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,8	18744,65	0,027	5,14	1,39	0,90	1,78	9,15	11,05
10 2	0,70	450,00	0,0225	0,15	0,15	0,15	5,6	55334,22	0,021	19,91	2,74	1,92	0,32	6,27	8,19
															74,16
9' 9	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
9 8	5,65	100,00	0,015	0,15	0,1	0,12	1,9	14755,79	0,029	2,21	0,53	2,99	0,77	1,70	4,69
8' 8	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,97	3,19	4,80
8 7	3,20	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	5,70	0,94	8,32	14,01
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	2,69	8,85	10,46
7 3	4,55	300,00	0,0225	0,15	0,15	0,15	3,7	36889,48	0,023	8,85	1,35	6,13	1,45	12,83	18,96
															58,48
6' 6	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
6 5	3,70	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	5,00	0,32	1,58	6,58
5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,97	3,19	4,80

5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
5 4	8,83	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	11,93	0,37	1,86	13,79
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,97	3,19	4,80
4 3	4,90	200,00	0,01	0,1	0,1	0,10	5,6	36889,48	0,023	19,91	4,54	22,27	1,59	31,63	53,90
															78,05
															0,04
3 2	9,55	500,00	0,045	0,3	0,15	0,20	3,1	40988,31	0,022	6,14	0,68	6,52	1,48	9,10	93,68
															0,08
2 1	2,65	950,00	0,05	0,3	0,2	0,24	5,3	84108,01	0,019	17,97	1,39	3,69	0,81	14,55	120,49
1 1'	3,40	2000,00	0,1	0,5	0,2	0,29	5,6	105398,51	0,018	19,91	1,22	4,16	0,35	6,97	131,62
Отмет ка +7.600															
11' 11	0,65	130,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,9	19494,44	0,027	5,56	1,49	0,97	1,20	6,67	8,64
11 10	3,30	130,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,6	23978,16	0,025	8,41	2,14	7,06	0,55	4,60	11,66
10' 10	0,65	130,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,9	19494,44	0,027	5,56	1,49	0,97	0,38	2,11	4,08
10 9	2,40	260,00	0,015	0,15	0,1	0,12	4,8	38365,06	0,023	14,95	2,82	6,76	0,38	5,61	12,37
9' 9	0,65	130,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,9	19494,44	0,027	5,56	1,49	0,97	1,14	6,34	8,31
9 8	3,70	390,00	0,03	0,2	0,15	0,17	3,6	41105,42	0,022	8,41	1,09	4,03	0,40	3,34	7,37
8' 8	0,65	130,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,9	19494,44	0,027	5,56	1,49	0,97	1,01	5,62	7,58
8 4	2,00	520,00	0,03	0,2	0,15	0,17	4,8	54807,23	0,021	14,95	1,80	3,61	1,37	20,44	24,04
															84,04
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
7 6	3,35	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	4,53	0,55	2,72	7,25
6' 6	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,97	3,19	4,80
6 5	8,95	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	15,93	1,81	15,97	31,90
5' 5	0,65	135,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	20244,23	0,027	6,00	1,59	1,03	0,73	4,38	6,41

+11.00 0															
9' 9	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53
9 8	4,00	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	7,44	0,55	3,92	11,35
8' 8	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,97	4,59	6,44
8 3	1,73	240,00	0,01	0,1	0,1	0,10	6,7	44267,37	0,022	28,67	6,25	10,82	1,45	41,57	52,38
															77,70
7' 7	0,65	160,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,6	23993,16	0,025	8,42	2,14	1,39	1,20	10,11	12,50
7 6	4,76	160,00	0,01	0,1	0,1	0,10	4,4	29511,58	0,024	12,74	3,08	14,64	0,73	9,24	23,88
6' 6	0,65	160,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,6	23993,16	0,025	8,42	2,14	1,39	0,47	3,96	6,35
6 5	6,00	320,00	0,03	0,2	0,15	0,17	3,0	33727,52	0,023	5,66	0,77	4,63	0,43	2,42	7,04
5' 5	0,65	115,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,6	17245,08	0,028	4,35	1,20	0,78	0,70	3,05	4,83
5 4	3,10	435,00	0,045	0,3	0,15	0,20	2,7	35659,83	0,023	4,65	0,54	1,66	0,40	1,84	3,50
4' 4	0,65	115,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,6	17245,08	0,028	4,35	1,20	0,78	1,15	5,00	6,78
4 3	1,46	550,00	0,045	0,3	0,15	0,20	3,4	45087,14	0,022	7,43	0,81	1,18	1,20	8,92	10,10
															74,98
															0,03
3 2	11,00	790,00	0,045	0,3	0,15	0,20	4,9	64761,53	0,020	15,34	1,52	16,73	3,27	50,16	144,59
14' 14	0,65	133,33	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	19994,30	0,027	5,85	1,56	1,01	1,20	7,02	9,03
14 13	3,38	133,33	0,01	0,1	0,1	0,10	3,7	24592,99	0,025	8,85	2,24	7,54	0,55	4,84	12,38
13' 13	0,65	133,33	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	19994,30	0,027	5,85	1,56	1,01	0,97	5,67	7,68
13 12	3,90	266,67	0,015	0,15	0,1	0,12	4,9	39348,78	0,022	15,73	2,94	11,48	0,42	6,55	18,04
12' 12	0,65	133,33	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	19994,30	0,027	5,85	1,56	1,01	1,11	6,49	8,50
12 11	4,15	400,00	0,0225	0,15	0,15	0,15	4,9	49185,97	0,021	15,73	2,23	9,25	2,72	42,78	52,03
11' 11	1,20	125,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,8	18744,65	0,027	5,14	1,39	1,67	0,67	3,44	6,11
11 10	0,23	525,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	3,9	48417,44	0,021	9,75	1,11	0,25	0,13	1,27	1,52
10' 10	0,65	125,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,8	18744,65	0,027	5,14	1,39	0,90	1,16	5,96	7,87
10 2	0,72	650,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	4,8	59945,40	0,020	14,95	1,61	1,16	0,71	10,55	11,71

															134,87
															0,07
2 1"	2,70	1440,00	0,08	0,4	0,2	0,27	5,0	88534,75	0,018	16,13	1,11	2,99	0,33	5,32	152,91
1" 1"	3,40	5270,00	0,27	0,9	0,3	0,45	5,4	162006,30	0,016	18,96	0,66	2,26	0,24	4,55	165,10
Отмет ка +14.40 0															
8' 8	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53
8 7	2,35	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	4,37	0,61	4,37	8,74
7' 7	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,47	2,23	4,07
7 6	3,60	240,00	0,04	0,2	0,2	0,20	1,7	22133,69	0,026	1,79	0,23	0,84	0,42	0,75	1,58
6' 6	0,55	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,71	0,55	2,61	4,32
6 5	4,93	360,00	0,04	0,2	0,2	0,20	2,5	33200,53	0,023	4,03	0,47	2,33	0,31	1,25	3,58
5' 5	0,55	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,71	0,62	2,94	4,65
5 4	4,15	480,00	0,05	0,25	0,2	0,22	2,7	39348,78	0,022	4,59	0,46	1,92	0,13	0,60	2,52
4' 4	0,55	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,71	1,02	4,83	6,54
4 3	2,60	600,00	0,05	0,25	0,2	0,22	3,3	49185,97	0,021	7,17	0,69	1,78	1,43	10,26	12,05
															55,57
11' 11	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53
11 10	6,00	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	11,15	0,61	4,37	15,53
10 ' 10	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,47	2,23	4,07
10 9	6,46	240,00	0,02	0,2	0,1	0,13	3,3	29511,58	0,024	7,17	1,30	8,38	0,45	3,20	11,58
9' 9	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,39	1,85	3,69
9 3	1,92	360,00	0,02	0,2	0,1	0,13	5,0	44267,37	0,022	16,13	2,64	5,06	0,59	9,44	14,51
															56,90
															0,02
3 2	10,20	960,00	0,07	0,35	0,2	0,25	3,8	64388,91	0,020	9,36	0,73	7,45	2,30	21,55	84,57

13' 13	1,20	125,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,8	18744,65	0,027	5,14	1,39	1,67	1,20	6,17	8,84
13 12	0,23	125,00	0,015	0,15	0,1	0,12	2,3	18444,74	0,027	3,46	0,78	0,18	0,34	1,18	1,35
12' 12	0,65	125,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,8	18744,65	0,027	5,14	1,39	0,90	0,97	4,99	6,89
12 2	0,72	250,00	0,015	0,15	0,1	0,12	4,6	36889,48	0,023	13,82	2,63	1,89	4,91	67,83	69,72
															86,80
															0,03
2 1'''	2,65	1210,00	0,08	0,4	0,2	0,27	4,2	74393,78	0,019	11,39	0,82	2,17	0,59	6,72	95,68
1''' 0	4,70	6480,00	0,33	1,1	0,3	0,47	5,5	170745,59	0,016	19,19	0,63	2,98	0,17	3,26	171,34

Отмет ка +4.200																
9' 9	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56	
9 8	3,80	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	5,13	0,72	3,58	8,72	
8' 8	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,95	3,13	4,74	
8 7	3,95	200,00	0,02	0,2	0,1	0,13	2,8	24592,99	0,025	4,98	0,94	3,73	0,54	2,70	6,43	
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,89	2,93	4,54	
7 6	3,80	300,00	0,03	0,2	0,15	0,17	2,8	31619,55	0,024	4,98	0,69	2,62	0,32	1,59	4,21	
6' 6	1,00	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,94	0,93	3,06	5,00	
6 2	1,82	400,00	0,03	0,2	0,15	0,17	3,7	42159,40	0,022	8,85	1,14	2,07	0,55	4,87	6,94	
															46,13	
5 4	4,50	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	6,08	1,35	6,74	13,82	
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,78	2,57	4,18	
4 3	5,65	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	10,06	0,54	4,73	14,79	
3' 3	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,69	2,27	3,88	
3 2	3,25	300,00	0,02	0,2	0,1	0,13	4,2	36889,48	0,023	11,20	1,92	6,23	0,38	4,20	10,43	
															47,09	
															2%	
2 1	2,00	700,00	0,06	0,3	0,2	0,24	3,2	51645,27	0,021	6,77	0,59	1,18	0,80	5,42	53,70	
1 1'	3,40	1400,00	0,1	0,5	0,2	0,29	3,9	73778,96	0,019	9,75	0,66	2,23	0,82	7,99	69,73	
Отмет ка +7.600																
15' 15	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	1,20	8,49	10,69	
15 14	3,20	146,67	0,0225	0,15	0,15	0,15	1,8	18034,86	0,027	2,11	0,38	1,23	0,47	0,99	2,23	
14' 14	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	0,78	5,52	6,71	
14 12	0,50	293,33	0,0225	0,15	0,15	0,15	3,6	36069,71	0,023	8,46	1,29	0,65	0,67	5,67	6,31	

															25,94
13' 13	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	1,20	8,49	10,69
13 12	2,10	146,67	0,01	0,1	0,1	0,10	4,1	27052,28	0,025	10,71	2,64	5,55	0,98	10,50	16,05
															26,74
															3%
12 11	1,20	440,00	0,0225	0,15	0,15	0,15	5,4	54104,57	0,021	19,03	2,63	3,16	0,27	5,04	34,14
11' 11	1,30	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,68	0,28	1,33	3,01
11 10	4,72	560,00	0,03	0,2	0,15	0,17	5,2	59023,17	0,020	17,34	2,05	9,69	0,32	5,55	15,24
10' 10	1,30	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,68	0,49	2,32	4,00
10 9	0,90	680,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,0	62712,11	0,020	16,36	1,75	1,57	0,29	4,75	6,32
9' 9	0,65	135,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	20244,23	0,027	6,00	1,59	1,03	0,76	4,56	5,59
9 8	1,65	815,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	6,0	75162,31	0,019	23,51	2,40	3,95	0,24	5,64	9,59
8' 8	1,30	160,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,6	23993,16	0,025	8,42	2,14	2,78	0,67	5,64	8,43
8 7	5,95	975,00	0,05	0,25	0,2	0,22	5,4	79927,20	0,019	18,92	1,60	9,53	0,31	5,87	15,40
7' 7	1,30	160,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,6	23993,16	0,025	8,42	2,14	2,78	1,10	9,26	12,05
7 6	0,23	1135,00	0,06	0,3	0,2	0,24	5,3	83739,12	0,019	17,81	1,38	0,32	0,18	3,21	3,52
6' 6	0,65	135,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	20244,23	0,027	6,00	1,59	1,03	0,22	1,32	2,35
6 2	4,05	1270,00	0,06	0,3	0,2	0,24	5,9	93699,28	0,018	22,30	1,68	6,80	2,57	57,19	64,00
															183,65
5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
5 4	2,80	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	3,78	0,95	4,73	8,51
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,47	1,55	2,16
4 3	5,90	200,00	0,01	0,1	0,1	0,10	5,6	36889,48	0,023	19,91	4,54	26,81	1,74	34,71	61,52
3' 3	0,65	135,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	20244,23	0,027	6,00	1,59	1,03	1,04	6,24	7,27
3 2	6,35	335,00	0,015	0,15	0,1	0,12	6,2	49431,90	0,021	24,82	4,39	27,87	2,27	56,29	84,16
															169,18
															8%
2 1'	2,00	1605,00	0,08	0,4	0,2	0,27	5,6	98679,36	0,018	20,03	1,34	2,68	1,27	25,34	211,67
1' 1"	3,40	3005,00	0,1625	0,65	0,25	0,36	5,1	123169,87	0,017	17,02	0,80	2,71	0,42	7,20	221,58

Отмет ка +14.40 0																
10' 10	0,55	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	0,74	1,20	5,97	7,72	
10 8	2,23	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	3,01	0,31	1,56	4,57	
															12,29	
9' 9	0,55	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,52	1,20	3,95	5,46	
9 8	1,10	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	1,49	0,81	4,05	5,53	
															11,00	
															10%	
8 2	5,15	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	9,17	2,89	25,59	47,05	
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56	
7 6	2,62	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	3,53	0,44	2,21	5,74	
6' 6	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,71	2,34	2,95	
6 5	2,55	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	4,54	0,41	3,66	8,20	
5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,69	2,27	2,88	
5 4	2,05	300,00	0,0225	0,15	0,15	0,15	3,7	36889,48	0,023	8,85	1,35	2,76	0,36	3,14	5,90	
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,26	0,86	1,47	
4 3	4,10	400,00	0,03	0,2	0,15	0,17	3,7	42159,40	0,022	8,85	1,14	4,67	0,27	2,39	7,06	
3' 3	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,50	1,64	2,26	
3 2	3,55	500,00	0,03	0,2	0,15	0,17	4,6	52699,26	0,021	13,82	1,68	5,98	0,33	4,49	10,47	
															52,48	
															10%	
2 1'''	2,00	700,00	0,04	0,2	0,2	0,20	4,9	64556,59	0,020	15,24	1,51	3,03	0,59	8,99	64,50	
1''' 0	4,70	4955,00	0,24	0,8	0,3	0,44	5,7	166170,34	0,016	21,21	0,76	3,58	0,17	3,61	239,11	

Расчет системы П2

№уч	l, м	L, м3/ч	F, м2	a	b	дэ	V, м/с	Re	$\lambda_{г}$	Rд	R	ΔP_1	Сумма местных сопротивлений $\sum \zeta$	R ζ	$\sum \Delta P$
Отметка 0.000															
13' 13	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
13 12	4,95	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	6,69	0,55	2,72	9,41
12' 12	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,40	1,32	2,93
12 11	3,74	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	6,66	0,25	2,21	8,87
11' 11	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,61	2,01	3,62
11 10	5,28	300,00	0,015	0,15	0,1	0,12	5,6	44267,37	0,022	19,91	3,62	19,11	0,63	12,52	31,62
10' 10	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,67	2,20	3,82
10 9	3,70	400,00	0,02	0,2	0,1	0,13	5,6	49185,97	0,021	19,91	3,17	11,74	0,30	5,91	17,64
9' 9	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,53	1,74	3,35
9 8	3,37	500,00	0,03	0,2	0,15	0,17	4,6	52699,26	0,021	13,82	1,68	5,68	0,40	5,53	11,21
8' 8	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,35	1,15	2,76
8 7	3,80	600,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	4,4	55334,22	0,021	12,74	1,40	5,33	0,25	3,19	8,51
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,50	1,64	3,26
7 6	2,81	700,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,2	64556,59	0,020	17,34	1,84	5,16	0,28	4,86	10,01
6' 6	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,67	2,20	3,82
6 2	0,74	800,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,9	73778,96	0,019	22,65	2,32	1,72	0,93	20,95	22,67
															149,05
5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
5 4	2,63	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	3,55	0,55	2,72	6,27
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,97	3,19	4,80
4 3	3,10	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	5,52	0,47	4,19	9,71

3' 3	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,11	3,65	5,26
3 2	7,10	300,00	0,015	0,15	0,1	0,12	5,6	44267,37	0,022	19,91	3,62	25,69	3,95	78,63	104,33
															135,93
															9%
2 1	7,90	1100,00	0,05	0,25	0,2	0,22	6,1	90174,28	0,018	24,09	1,98	15,64	1,20	28,91	193,59
Отмет ка +4.20 0															
11' 11	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	4,56
11 10	4,94	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	6,67	0,30	1,49	8,17
10' 10	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,40	1,32	1,93
10 9	3,74	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	6,66	0,25	2,21	8,87
9' 9	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,19	0,63	1,24
9 8	5,30	300,00	0,02	0,2	0,1	0,13	4,2	36889,48	0,023	11,20	1,92	10,16	0,50	5,64	15,80
8' 8	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,31	1,02	1,63
8 7	3,70	400,00	0,03	0,2	0,15	0,17	3,7	42159,40	0,022	8,85	1,14	4,22	0,13	1,15	5,37
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,34	1,12	1,73
7 6	3,37	500,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	3,7	46111,85	0,022	8,85	1,02	3,43	0,25	2,21	5,65
6' 6	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,29	0,95	1,57
6 5	3,80	600,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	4,4	55334,22	0,021	12,74	1,40	5,33	0,25	3,19	8,51
5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,21	0,69	1,30
5 2	3,55	700,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,2	64556,59	0,020	17,34	1,84	6,52	0,28	4,86	11,37
															77,69
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
4 3	1,70	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	2,30	1,82	9,08	11,37
3' 3	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	2,01	6,61	8,22

3 2	5,75	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	10,23	3,98	35,17	45,40
															70,56
															10%
2 1	7,80	900,00	0,06	0,3	0,2	0,24	4,2	66401,06	0,020	11,20	0,92	7,17	0,81	9,07	93,93
1 1'	3,40	2000,00	0,1	0,5	0,2	0,29	5,6	105398,51	0,018	19,91	1,22	4,16	0,35	6,97	204,72
Отмет ка +7.60 0															
15' 15	0,90	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,16	1,20	5,68	7,85
15 14	4,66	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	8,66	0,38	2,72	11,39
14' 14	0,90	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,16	0,40	1,89	4,06
14 13	7,82	240,00	0,015	0,15	0,1	0,12	4,4	35413,90	0,023	12,74	2,45	19,15	0,25	3,19	22,33
13' 13	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	0,61	4,32	6,51
13 12	3,30	386,67	0,02	0,2	0,1	0,13	5,4	47546,44	0,021	18,60	2,99	9,87	0,50	9,37	19,24
12' 12	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	0,40	2,83	5,03
12 11	3,65	533,33	0,03	0,2	0,15	0,17	4,9	56212,54	0,021	15,73	1,89	6,88	0,13	2,04	8,93
11' 11	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	0,53	3,75	5,95
11 10	3,85	680,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,0	62712,11	0,020	16,36	1,75	6,72	0,30	4,91	11,63
10' 10	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,35	1,66	3,50
10 9	2,30	800,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,9	73778,96	0,019	22,65	2,32	5,33	0,25	5,66	11,00
9' 9	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,50	2,37	4,21
9 8	1,87	920,00	0,05	0,25	0,2	0,22	5,1	75418,49	0,019	16,85	1,45	2,71	0,28	4,72	7,43
8' 8	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,67	3,17	5,01
8 6	8,00	1040,00	0,06	0,3	0,2	0,24	4,8	76730,12	0,019	14,95	1,18	9,48	0,44	6,58	16,05
															150,10
7' 7	0,65	160,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,6	23993,16	0,025	8,42	2,14	1,39	1,20	10,11	12,50

7 6	4,55	160,00	0,01	0,1	0,1	0,10	4,4	29511,58	0,024	12,74	3,08	13,99	8,47	107,8 7	121,87
															134,36
															10%
6 5	0,62	1200,00	0,06	0,3	0,2	0,24	5,6	88534,75	0,018	19,91	1,52	0,94	1,33	26,38	177,42
5' 5	0,65	135,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	20244,23	0,027	6,00	1,59	1,03	3,00	17,99	20,02
5 2	0,44	1335,00	0,08	0,4	0,2	0,27	4,6	82079,09	0,019	13,86	0,97	0,43	0,60	8,32	8,74
															206,19
4' 4	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53
4 3	3,30	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	6,13	1,57	11,23	17,36
3' 3	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,67	3,17	5,01
3 2	11,70	240,00	0,015	0,15	0,1	0,12	4,4	35413,90	0,023	12,74	2,45	28,65	0,44	5,61	34,26
															64,16
2 1'	1,10	1575,00	0,08	0,4	0,2	0,27	5,5	96834,88	0,018	19,29	1,30	1,43	0,67	12,92	270,35
1' 1"	3,30	3575,00	0,1625	0,65	0,25	0,36	6,1	146533,21	0,016	24,09	1,08	3,56	0,35	8,43	282,34
Отмет ка +11.0 00															
13' 13	0,65	173,33	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,9	25992,59	0,025	9,88	2,46	1,60	1,20	11,86	14,46
13 12	3,52	173,33	0,01	0,1	0,1	0,10	4,8	31970,88	0,024	14,95	3,54	12,45	0,61	9,12	21,58
12' 12	0,65	173,33	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,9	25992,59	0,025	9,88	2,46	1,60	0,47	4,65	7,25
12 11	5,95	346,67	0,02	0,2	0,1	0,13	4,8	42627,84	0,022	14,95	2,47	14,69	0,65	9,73	24,42
11' 11	0,65	173,33	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,9	25992,59	0,025	9,88	2,46	1,60	0,70	6,92	9,52
11 5	11,00	520,00	0,03	0,3	0,1	0,15	4,8	47956,32	0,021	14,95	2,13	23,44	0,70	10,52	33,97
															111,19
10' 10	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53

10 9	3,30	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	6,13	0,55	3,92	10,05
9' 9	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,97	4,59	6,44
9 8	2,40	240,00	0,015	0,15	0,1	0,12	4,4	35413,90	0,023	12,74	2,45	5,88	0,41	5,16	11,04
8' 8	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,73	3,46	5,30
8 7	3,70	360,00	0,02	0,2	0,1	0,13	5,0	44267,37	0,022	16,13	2,64	9,76	0,47	7,53	17,29
7' 7	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,47	2,23	4,07
7 6	14,45	480,00	0,03	0,2	0,15	0,17	4,4	50591,29	0,021	12,74	1,57	22,66	1,86	23,70	46,35
6' 6	0,65	115,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,6	17245,08	0,028	4,35	1,20	0,78	0,70	3,05	4,83
6 5	1,00	595,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	4,4	54873,10	0,021	12,53	1,38	1,38	0,65	8,14	9,53
															122,41
															9%
5 2	9,80	1115,00	0,06	0,3	0,2	0,24	5,2	82263,54	0,019	17,19	1,34	13,11	0,13	2,15	137,67
4' 4	0,65	160,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,6	23993,16	0,025	8,42	2,14	1,39	1,20	10,11	12,50
4 3	6,25	160,00	0,01	0,1	0,1	0,10	4,4	29511,58	0,024	12,74	3,08	19,22	1,40	17,84	37,06
3' 3	0,65	115,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,6	17245,08	0,028	4,35	1,20	0,78	0,67	2,91	4,70
3 2	0,61	275,00	0,01	0,1	0,1	0,10	7,6	50723,03	0,021	37,64	7,94	4,86	2,33	87,51	92,36
															146,62
															6%
2 1"	1,51	1390,00	0,08	0,4	0,2	0,27	4,8	85460,63	0,019	15,02	1,04	1,57	0,42	6,31	154,50
1" 1"	3,40	4965,00	0,24	0,8	0,3	0,44	5,7	166505,69	0,016	21,30	0,76	2,60	0,24	5,11	290,05
Отмет ка +14.4 00															
10' 10	0,70	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,91	1,20	5,68	7,59
10 9	3,55	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	6,60	0,52	3,75	10,35
9' 9	0,85	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,10	0,40	1,89	3,99

9 8	6,65	240,00	0,02	0,2	0,1	0,13	3,3	29511,58	0,024	7,17	1,30	8,63	0,25	1,79	10,42
8' 8	0,95	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,23	0,19	0,90	3,13
8 7	5,36	360,00	0,03	0,3	0,1	0,15	3,3	33200,53	0,023	7,17	1,12	6,00	0,42	3,04	9,04
7' 7	1,00	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,29	0,31	1,47	3,76
7 6	3,25	480,00	0,045	0,3	0,15	0,20	3,0	39348,78	0,022	5,66	0,64	2,07	0,35	2,00	4,07
6' 6	1,00	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,29	0,34	1,61	3,90
6 5	8,45	600,00	0,06	0,3	0,2	0,24	2,8	44267,37	0,022	4,98	0,45	3,82	0,38	1,87	5,69
5' 5	0,80	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,04	0,51	2,43	4,47
5 2	2,45	720,00	0,08	0,4	0,2	0,27	2,5	44267,37	0,022	4,03	0,33	0,81	0,18	0,73	1,53
															67,96
4' 4	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53
4 3	4,55	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	8,46	0,92	6,62	15,08
3' 3	0,70	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,91	0,47	2,23	4,13
3 2	5,47	240,00	0,02	0,2	0,1	0,13	3,3	29511,58	0,024	7,17	1,30	7,10	3,98	28,49	35,58
															62,32
															8%
2 1'''	6,45	960,00	0,08	0,4	0,2	0,27	3,3	59023,17	0,020	7,17	0,55	3,52	0,59	4,23	75,70
1''' 0	4,70	5925,00	0,3	1	0,3	0,46	5,5	168130,90	0,016	19,41	0,66	3,09	0,17	3,30	296,44

Расчет системы В2

№уч	l, м	L, м3/ч	F, м2	a	b	dэ	V, м/с	Re	λг	Rд	R	ΔP1	Сумма местных сопротивлений Σζ	Rζ	ΣΔP
Отметка 0.000															
13' 13	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
13 12	4,95	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	6,69	0,55	2,72	9,41
12' 12	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,40	1,32	2,93
12 11	3,74	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	6,66	0,25	2,21	8,87
11' 11	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,61	2,01	3,62
11 10	5,28	300,00	0,015	0,15	0,1	0,12	5,6	44267,37	0,022	19,91	3,62	19,11	0,63	12,52	31,62
10' 10	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,67	2,20	3,82
10 9	3,70	400,00	0,02	0,2	0,1	0,13	5,6	49185,97	0,021	19,91	3,17	11,74	0,30	5,91	17,64
9' 9	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,53	1,74	3,35
9 8	3,37	500,00	0,03	0,2	0,15	0,17	4,6	52699,26	0,021	13,82	1,68	5,68	0,40	5,53	11,21
8' 8	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,35	1,15	2,76
8 7	3,80	600,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	4,4	55334,22	0,021	12,74	1,40	5,33	0,25	3,19	8,51
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,50	1,64	3,26
7 6	2,81	700,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,2	64556,59	0,020	17,34	1,84	5,16	0,28	4,86	10,01
6' 6	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,67	2,20	3,82
6 2	0,74	800,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,9	73778,96	0,019	22,65	2,32	1,72	0,93	20,95	22,67
															149,05
5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56
5 4	2,63	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	3,55	0,55	2,72	6,27
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,97	3,19	4,80
4 3	3,10	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	5,52	0,47	4,19	9,71

3' 3	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,11	3,65	5,26
3 2	7,10	300,00	0,015	0,15	0,1	0,12	5,6	44267,37	0,022	19,91	3,62	25,69	3,95	78,63	104,3 3
															135,9 3
															9%
2 1	7,90	1100,00	0,05	0,25	0,2	0,22	6,1	90174,28	0,018	24,09	1,98	15,64	1,20	28,91	193,5 9
Отметк а +4.200															
11' 11	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	4,56
11 10	4,94	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	6,67	0,30	1,49	8,17
10' 10	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,40	1,32	1,93
10 9	3,74	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	6,66	0,25	2,21	8,87
9' 9	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,19	0,63	1,24
9 8	5,30	300,00	0,02	0,2	0,1	0,13	4,2	36889,48	0,023	11,20	1,92	10,16	0,50	5,64	15,80
8' 8	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,31	1,02	1,63
8 7	3,70	400,00	0,03	0,2	0,15	0,17	3,7	42159,40	0,022	8,85	1,14	4,22	0,13	1,15	5,37
7' 7	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,34	1,12	1,73
7 6	3,37	500,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	3,7	46111,85	0,022	8,85	1,02	3,43	0,25	2,21	5,65
6' 6	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,29	0,95	1,57
6 5	3,80	600,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	4,4	55334,22	0,021	12,74	1,40	5,33	0,25	3,19	8,51
5' 5	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	0,21	0,69	1,30
5 2	3,55	700,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,2	64556,59	0,020	17,34	1,84	6,52	0,28	4,86	11,37
															77,69
4' 4	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	1,20	3,95	5,56

4 3	1,70	100,00	0,01	0,1	0,1	0,10	2,8	18444,74	0,027	4,98	1,35	2,30	1,82	9,08	11,37
3' 3	0,65	100,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,3	14995,72	0,029	3,29	0,94	0,61	2,01	6,61	8,22
3 2	5,75	200,00	0,015	0,15	0,1	0,12	3,7	29511,58	0,024	8,85	1,78	10,23	3,98	35,17	45,40
															70,56
															10%
2 1	7,80	900,00	0,06	0,3	0,2	0,24	4,2	66401,06	0,020	11,20	0,92	7,17	0,81	9,07	93,93
1 1'	3,40	2000,00	0,1	0,5	0,2	0,29	5,6	105398,51	0,018	19,91	1,22	4,16	0,35	6,97	204,7 2
Отметк а +7.600															
15' 15	0,90	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,16	1,20	5,68	7,85
15 14	4,66	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	8,66	0,38	2,72	11,39
14' 14	0,90	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,16	0,40	1,89	4,06
14 13	7,82	240,00	0,015	0,15	0,1	0,12	4,4	35413,90	0,023	12,74	2,45	19,15	0,25	3,19	22,33
13' 13	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	0,61	4,32	6,51
13 12	3,30	386,67	0,02	0,2	0,1	0,13	5,4	47546,44	0,021	18,60	2,99	9,87	0,50	9,37	19,24
12' 12	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	0,40	2,83	5,03
12 11	3,65	533,33	0,03	0,2	0,15	0,17	4,9	56212,54	0,021	15,73	1,89	6,88	0,13	2,04	8,93
11' 11	0,65	146,67	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,3	21993,73	0,026	7,08	1,84	1,20	0,53	3,75	5,95
11 10	3,85	680,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,0	62712,11	0,020	16,36	1,75	6,72	0,30	4,91	11,63
10' 10	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,35	1,66	3,50
10 9	2,30	800,00	0,0375	0,25	0,15	0,19	5,9	73778,96	0,019	22,65	2,32	5,33	0,25	5,66	11,00
9' 9	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,50	2,37	4,21
9 8	1,87	920,00	0,05	0,25	0,2	0,22	5,1	75418,49	0,019	16,85	1,45	2,71	0,28	4,72	7,43
8' 8	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,67	3,17	5,01
8 6	8,00	1040,00	0,06	0,3	0,2	0,24	4,8	76730,12	0,019	14,95	1,18	9,48	0,44	6,58	16,05

															150,10
7' 7	0,65	160,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,6	23993,16	0,025	8,42	2,14	1,39	1,20	10,11	12,50
7 6	4,55	160,00	0,01	0,1	0,1	0,10	4,4	29511,58	0,024	12,74	3,08	13,99	8,47	107,87	121,87
															134,36
															10%
6 5	0,62	1200,00	0,06	0,3	0,2	0,24	5,6	88534,75	0,018	19,91	1,52	0,94	1,33	26,38	177,42
5' 5	0,65	135,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,0	20244,23	0,027	6,00	1,59	1,03	3,00	17,99	20,02
5 2	0,44	1335,00	0,08	0,4	0,2	0,27	4,6	82079,09	0,019	13,86	0,97	0,43	0,60	8,32	8,74
															206,19
4' 4	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53
4 3	3,30	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	6,13	1,57	11,23	17,36
3' 3	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	0,67	3,17	5,01
3 2	11,70	240,00	0,015	0,15	0,1	0,12	4,4	35413,90	0,023	12,74	2,45	28,65	0,44	5,61	34,26
															64,16
2 1'	1,10	1575,00	0,08	0,4	0,2	0,27	5,5	96834,88	0,018	19,29	1,30	1,43	0,67	12,92	270,35
1' 1"	3,30	3575,00	0,1625	0,65	0,25	0,36	6,1	146533,21	0,016	24,09	1,08	3,56	0,35	8,43	282,34
Отметк а +11.00 0															
13' 13	0,65	173,33	0,0123	0,1	0,1	0,10	3,9	25992,59	0,025	9,88	2,46	1,60	1,20	11,86	14,46
13 12	3,52	173,33	0,01	0,1	0,1	0,10	4,8	31970,88	0,024	14,95	3,54	12,45	0,61	9,12	21,58

2 1"	1,51	1390,00	0,08	0,4	0,2	0,27	4,8	85460,63	0,019	15,02	1,04	1,57	0,42	6,31	154,5 0
1" 1"	3,40	4965,00	0,24	0,8	0,3	0,44	5,7	166505,69	0,016	21,30	0,76	2,60	0,24	5,11	290,0 5
Отметк а +14.40 0															
10' 10	0,70	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,91	1,20	5,68	7,59
10 9	3,55	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	6,60	0,52	3,75	10,35
9' 9	0,85	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,10	0,40	1,89	3,99
9 8	6,65	240,00	0,02	0,2	0,1	0,13	3,3	29511,58	0,024	7,17	1,30	8,63	0,25	1,79	10,42
8' 8	0,95	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,23	0,19	0,90	3,13
8 7	5,36	360,00	0,03	0,3	0,1	0,15	3,3	33200,53	0,023	7,17	1,12	6,00	0,42	3,04	9,04
7' 7	1,00	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,29	0,31	1,47	3,76
7 6	3,25	480,00	0,045	0,3	0,15	0,20	3,0	39348,78	0,022	5,66	0,64	2,07	0,35	2,00	4,07
6' 6	1,00	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,29	0,34	1,61	3,90
6 5	8,45	600,00	0,06	0,3	0,2	0,24	2,8	44267,37	0,022	4,98	0,45	3,82	0,38	1,87	5,69
5' 5	0,80	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	1,04	0,51	2,43	4,47
5 2	2,45	720,00	0,08	0,4	0,2	0,27	2,5	44267,37	0,022	4,03	0,33	0,81	0,18	0,73	1,53
															67,96
4' 4	0,65	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,84	1,20	5,68	7,53
4 3	4,55	120,00	0,01	0,1	0,1	0,10	3,3	22133,69	0,026	7,17	1,86	8,46	0,92	6,62	15,08
3' 3	0,70	120,00	0,0123	0,1	0,1	0,10	2,7	17994,87	0,027	4,74	1,29	0,91	0,47	2,23	4,13
3 2	5,47	240,00	0,02	0,2	0,1	0,13	3,3	29511,58	0,024	7,17	1,30	7,10	3,98	28,49	35,58
															62,32
															8%
2 1"	6,45	960,00	0,08	0,4	0,2	0,27	3,3	59023,17	0,020	7,17	0,55	3,52	0,59	4,23	75,70

1" 0	4,70	5925,00	0,3	1	0,3	0,46	5,5	168130,90	0,016	19,41	0,66	3,09	0,17	3,30	296,4 4
------	------	---------	-----	---	-----	------	-----	-----------	-------	-------	------	------	------	------	------------

Расчет системы В4

№уч	l, м	L, м3/ч	F, м2	d, м	V, м/с	Re	λ г	Rд	R	ΔP l	Сумма местных сопротивлений $\sum \zeta$	R ζ	$\sum \Delta P$
Отметка 0.000													
5' 5	0,35	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,212	1,20	2,39	3,605
5 4	1,15	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,698	0,15	0,30	0,997
4' 4	0,35	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,212	0,20	0,40	1,611
4 3	0,90	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	1,837	0,39	3,11	4,950
3' 3	0,35	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	0,714	0,18	1,44	3,150
3 2	0,80	200,00	0,0123	0,13	4,5	37489,31	0,023	13,16	2,394	1,915	0,28	3,71	5,621
2' 2	3,25	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	1,972	0,59	1,17	4,147
2 1	4,15	250,00	0,0201	0,16	3,5	36705,95	0,023	7,70	1,100	4,565	0,20	1,54	6,105
													30,185
Отметка +4.200													
5' 5	0,35	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,212	1,20	2,39	3,605
5 4	1,15	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,698	0,15	0,30	0,997
4' 4	0,35	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,212	0,20	0,40	1,611
4 3	0,90	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	1,837	0,39	3,11	4,950
3' 3	0,35	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	0,714	0,31	2,48	4,190
3 2	0,80	200,00	0,0123	0,13	4,5	37489,31	0,023	13,16	2,394	1,915	0,28	3,71	5,621
2' 2	3,25	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	1,972	0,59	1,17	4,147
2 1	0,75	250,00	0,0201	0,16	3,5	36705,95	0,023	7,70	1,100	0,825	0,20	1,54	2,365

1 1'	3,40	500,00	0,0314	0,20	4,4	58741,21	0,020	12,62	1,282	4,360	0,25	3,15	35,000
Отметка +7.600													
5' 5	0,35	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,212	1,20	2,39	3,605
5 4	1,15	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,698	0,15	0,30	0,997
4' 4	0,35	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,212	0,20	0,40	1,611
4 3	0,90	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	1,837	0,39	3,11	4,950
3' 3	3,05	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	6,226	0,31	2,48	9,701
3 2	0,80	200,00	0,0123	0,13	4,5	37489,31	0,023	13,16	2,394	1,915	0,28	3,71	5,621
2' 2	0,40	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,243	0,59	1,17	2,417
2 1'	0,60	250,00	0,0201	0,16	3,5	36705,95	0,023	7,70	1,100	0,660	0,20	1,54	2,200
1' 1"	3,40	750,00	0,0314	0,20	6,6	88111,81	0,018	28,39	2,607	8,864	0,25	7,10	47,06
Отметка +11.000													
5' 5	0,35	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	0,714	1,20	9,57	11,284
5 4	0,80	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	1,633	0,15	1,20	2,829
4' 4	0,35	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,212	0,20	0,40	1,611
4 3	0,42	150,00	0,0079	0,10	5,3	35021,66	0,023	17,94	4,150	1,743	0,39	7,00	8,748
3' 3	3,40	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	2,063	0,31	0,62	3,682
3 2	0,63	200,00	0,0123	0,13	4,5	37489,31	0,023	13,16	2,394	1,508	0,28	3,71	5,214
2' 2	0,45	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,273	0,59	1,17	2,447
2 1"	0,70	250,00	0,0201	0,16	3,5	36705,95	0,023	7,70	1,100	0,770	0,20	1,54	2,310
1" 1'''	3,40	1000,00	0,0397	0,23	7,0	104535,68	0,018	31,58	2,470	8,396	0,25	7,89	54,416
Отметка +14.400													
4' 4	0,60	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	1,225	1,20	9,57	11,794
4 3	1,50	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	3,062	0,28	2,24	5,298
3' 3	0,60	50,00	0,0079	0,10	1,8	11673,89	0,030	1,99	0,607	0,364	0,33	0,66	2,023
3 2	1,33	150,00	0,0123	0,13	3,4	28116,98	0,024	7,40	1,447	1,924	0,41	3,05	4,971

2' 2	0,45	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	0,919	0,55	4,38	6,297
2 1'''	2,00	250,00	0,0201	0,16	3,5	36705,95	0,023	7,70	1,100	2,200	1,13	8,70	10,900
1''' 1''''	2,90	1250,00	0,0491	0,25	7,1	117392,69	0,017	32,26	2,205	6,396	0,25	8,06	55,742

Отметка
+17.800

3' 3	0,40	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	0,816	1,33	10,61	12,426
3 2	2,25	100,00	0,0123	0,13	2,3	18744,65	0,027	3,29	0,712	1,601	0,30	0,99	2,593
2' 2	0,45	100,00	0,0079	0,10	3,5	23347,77	0,026	7,97	2,041	0,919	0,57	4,54	6,456
2 1''''	1,64	200,00	0,0201	0,16	2,8	29364,76	0,024	4,93	0,744	1,217	1,26	6,21	7,426
1'''' 0	2,00	1450,00	0,0491	0,25	8,2	136175,52	0,016	43,40	2,860	5,719	0,20	8,68	70,142

Расчет ограждающей конструкции

Стена		δ , мм	λ	$R_{г}$	$R_{д}$	$1/R_{д}$	Примечания		$R_{тр}$
1	Монолитный железобетон	400	1,7	0,24	4,09	0,24	ООО "Монолит-Град"		3,08399
2	Утеплитель ТЕХНОВЕНТ	140	0,038	3,684211			Товар линейки ТЕХНОНИКОЛЬ		
3	Керамогранит	10	0,9	0,01			Уральский гранит		
Покрытие		δ , мм	λ	$R_{г}$	$R_{д}$	$1/R_{д}$	Примечания		$R_{тр}$
1	Керамогранит	10	0,9	0,01	4,61	0,22	Уральский гранит		4,6057
2	Цементно-песчаная стяжка	80	0,76	0,11			СНиП 2-3-79 Ц-п раствор		
3	Слой пароизоляции	10	0,037	0,27			Пенофол		
4	Утеплитель ТЕХНОВЕНТ	150	0,038	3,947368			Товар линейки ТЕХНОНИКОЛЬ		
5	Железобетонная плита	250	2,04	0,12			СП 50.13330.2012		
Световые проемы		КБЕ Эталон. Оконная система – 58мм/3 камеры. Стеклопакет 20 мм. Однокам. Аргон			0,65	1,538461538	4М1-Аг12-4М1		0,51

Теплопотери здания

№ пом.	Наимен. помещения	tв	огр. констр.	ориент. и угловые		разм.		площадь	разность темп. tв-тн	1/Rд	n	Qo	1+∑β	Q	Qинф	Qбыт	Qпомещ
				–	–	м	м ²										
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
103	Вестибюль	20	НС1	СВ	У	5,70	1,40	7,98	43,00	0,24	1,00	83,92	1,15	96,50	22304,40	5120,30	26431,82
			О1	СВ	У	6,30	2,00	12,60		1,54	1,00	833,54	1,15	958,57			
			НС2	ЮВ	У	15,33	1,40	21,46		0,24	1,00	225,69	1,10	248,26			
			О2	ЮВ	У	6,90	2,00	13,80		1,54	1,00	912,92	1,10	1004,22			
			НС2'	ЮВ	У	10,55	3,70	39,04		0,24	1,00	410,49	1,10	451,54			
			НС3	ЮЗ	–	16,85	1,40	23,59		0,24	1,00	248,07	1,10	272,88			
			О3	ЮЗ	–	16,85	2,00	33,70		1,54	1,00	2229,38	1,10	2452,32			
			НС3'	ЮЗ	–	4,05	3,70	14,99		0,24	1,00	157,58	1,10	173,34			
			НС4	СВ	–	17,00	3,70	62,90		0,24	1,00	661,45	1,10	727,60			

			Пл		–			512,03		0,22	0,60	2862,50	1,00	2862,50			
110	Венткамера	20	НС1	Ю3	У	4,73	3,70	17,50	43,00	0,24	1,00	184,04	1,15	211,65	994,93	228,40	1434,74
			НС2	С3	У	3,35	3,70	12,40		0,24	1,00	130,34	1,15	149,90			
			НС3	СВ	У	4,00	3,70	14,80		0,24	1,00	155,64	1,15	178,98			
			Пл		–			22,84		0,22	0,60	127,69	1,00	127,69			

201	Вестибюль	20	НС1	ЮВ	У	15,15	0,90	13,64	43,00	0,24	1,00	143,38	1,10	157,72	21007,59	4822,60	25228,71
			НС1'	ЮВ	У	10,60	2,90	30,74		0,24	1,00	323,26	1,10	355,59			
			О1	ЮВ	У	15,15	2,00	30,30		1,54	1,00	2004,46	1,10	2204,91			
			НС2	Ю3	У	23,12	0,90	20,81		0,24	1,00	218,82	1,15	251,64			
			НС2'	Ю3	У	10,55	2,90	30,60		0,24	1,00	321,73	1,15	369,99			
			О2	Ю3	У	23,12	2,00	46,24		1,54	1,00	3058,95	1,15	3517,80			
			НС3	СВ	–	0,85	0,90	0,77		0,24	1,00	8,04	1,10	8,85			
			О3	СВ	–	3,20	2,00	6,40		1,54	1,00	423,38	1,10	465,72			
			НС3'	СВ	–	3,20	2,00	6,40		0,24	1,00	67,30	1,10	74,03			

			О2	СВ	–	4,30	2,00	8,60		1,54	1,00	568,92	1,10	625,82		
			Пл		–			34,63		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00		

301	Кабинет администрации	20	НС1	ЮЗ	У	4,12	0,90	3,71	43,00	0,24	1,00	38,99	1,15	44,84	1161,76	266,70	3050,37
			О1	ЮЗ	У	4,12	2,00	8,24		1,54	1,00	545,11	1,15	626,87			
			НС1'	ЮЗ	У	1,30	2,90	3,77		0,24	1,00	39,65	1,15	45,59			
			НС2	СЗ	У	3,00	0,90	2,70		0,24	1,00	28,39	1,15	32,65			
			О2	СЗ	У	3,00	2,00	6,00		1,54	1,00	396,92	1,15	456,46			
			НС3	СВ	У	5,82	0,90	5,24		0,24	1,00	55,08	1,15	63,34			
			О3	СВ	У	5,82	2,00	11,64		1,54	1,00	770,03	1,15	885,54			
			Пл		–			26,67		0,22	0,00	0,00	0,00	0,00			
307	Подсобное помещение	20	НС1	ЮЗ	–	7,50	0,90	6,75	43,00	0,24	1,00	70,98	1,10	78,08	2015,12	462,60	2760,72
			О1	ЮЗ	–	7,50	2,00	15,00		1,54	1,00	992,31	1,10	1091,54			
			НС1'	ЮЗ	–	1,15	2,90	3,34		0,24	1,00	35,07	1,10	38,58			
			Пл		–			46,26		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			

308	Кружок японское искусство	20	НС1	ЮЗ	–	5,90	0,90	5,31	43,00	0,24	1,00	55,84	1,10	61,42	1453,19	333,60	2056,46
			О1	ЮЗ	–	5,90	2,00	11,80		1,54	1,00	780,62	1,10	858,68			
			НС1'	ЮЗ	–	0,50	2,90	1,45		0,24	1,00	15,25	1,10	16,77			
			Пл		–			33,36		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
309	Кружок по шахматам	20	НС1	ЮЗ	У	5,90	0,90	5,31	43,00	0,24	1,00	55,84	1,15	64,22	2749,99	631,30	4613,21
			О1	ЮЗ	У	5,90	2,00	11,80		1,54	1,00	780,62	1,15	897,71			
			НС1'	ЮЗ	У	0,50	2,90	1,45		0,24	1,00	15,25	1,15	17,54			
			НС2	ЮВ	У	9,50	0,90	8,55		0,24	1,00	89,91	1,10	98,90			
			О2	ЮВ	У	9,50	2,00	19,00		1,54	1,00	1256,9 2	1,10	1382,6 2			
			НС2'	ЮВ	У	1,00	2,90	2,90		0,24	1,00	30,50	1,10	33,55			

			Пл		–			63,13		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
310	Кружок маленький художник	20	НС1	ЮВ	–	5,65	0,90	5,09	43,00	0,24	1,00	53,47	1,05	56,15	2306,98	529,60	2759,33
			О1	ЮВ	–	5,65	2,00	11,30		1,54	1,00	747,54	1,05	784,92			
			НС1'	ЮВ	–	4,40	2,90	12,76		0,24	1,00	134,18	1,05	140,89			
			Пл		–			52,96		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
311	Подсобное помещение	20	НС1	ЮВ	–	2,90	2,90	8,41	43,00	0,24	1,00	88,44	1,05	92,86	420,80	96,60	417,06
			Пл		–			9,66		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
312	Кружок макраме	20	НС1	ЮВ	У	2,36	0,90	2,12	43,00	0,24	1,00	22,34	1,10	24,57	866,86	199,00	2371,25
			О1	ЮВ	У	2,36	2,00	4,72		1,54	1,00	312,25	1,10	343,47			
			НС1'	ЮВ	У	0,50	2,90	1,45		0,24	1,00	15,25	1,10	16,77			

			НС2	СВ	У	7,98	0,90	7,18		0,24	1,00	75,53	1,15	86,85			
			О2	СВ	У	7,98	2,00	15,96		1,54	1,00	1055,8 2	1,15	1214,1 9			
			НС2'	СВ	У	0,50	2,90	1,45		0,24	1,00	15,25	1,15	17,54			
			Пл		–			19,90		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
314	Кружок китайское искусство	20	НС1	СВ	–	3,00	0,90	2,70	43,00	0,24	1,00	28,39	1,10	31,23	1506,77	345,90	1726,00
			О1	СВ	–	3,00	2,00	6,00		1,54	1,00	396,92	1,10	436,62			
			НС1'	СВ	–	2,90	2,90	8,41		0,24	1,00	88,44	1,10	97,28			
			Пл		–			34,59		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
315	Школа шитья	20	НС1	СВ	–	12,30	0,90	11,07	43,00	0,24	1,00	116,41	1,10	128,05	3407,32	782,20	4576,84
			О1	СВ	–	12,30	2,00	24,60		1,54	1,00	1627,3 8	1,10	1790,1 2			

			НС1'	СВ	–	1,00	2,90	2,90		0,24	1,00	30,50	1,10	33,55			
			Пл		–			78,22		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
316	Вестибюль	20	НС1	СВ	–	6,13	0,90	5,52	43,00	0,24	1,00	58,02	1,10	63,82	8186,37	1879,30	7600,33
			О1	СВ	–	6,13	2,00	12,26		1,54	1,00	811,05	1,10	892,15			
			НС1'	СВ	–	0,85	2,90	2,47		0,24	1,00	25,92	1,10	28,51			
			НС2	С3	–	1,98	0,90	1,78		0,24	1,00	18,74	1,10	20,61			
			О2	С3	–	1,98	2,00	3,96		1,54	1,00	261,97	1,10	288,17			
			Пл		–			187,93		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			

401	Кружок графики	20	НС1	Ю3	У	6,07	0,80	4,86	43,00	0,24	1,00	51,07	1,15	58,73	2107,47	483,80	3996,92
			О1	Ю3	У	6,07	2,00	12,14		1,54	1,00	803,11	1,15	923,57			
			НС1'	Ю3	У	2,87	2,80	8,04		0,24	1,00	84,51	1,15	97,18			

			НС2	С3	У	4,00	0,80	3,20		0,24	1,00	33,65	1,15	38,70			
			О2	С3	У	4,00	2,00	8,00		1,54	1,00	529,23	1,15	608,62			
			НС3	СВ	У	3,05	0,80	2,44		0,24	1,00	25,66	1,15	29,51			
			О3	СВ	У	3,05	2,00	6,10		1,54	1,00	403,54	1,15	464,07			
			НС3'	СВ	У	4,52	2,80	12,64		0,24	1,00	132,94	1,15	152,88			
			Пл		–			48,38		0,22	0,00	0,00	0,00	0,00			
403	Холл	20	НС1	СВ	–	7,40	0,80	5,92	43,00	0,24	1,00	62,25	1,10	68,48	5135,37	1178,90	5134,33
			О1	СВ	–	7,40	2,00	14,80		1,54	1,00	979,08	1,10	1076,98			
			НС1'	СВ	–	1,00	2,80	2,80		0,24	1,00	29,44	1,10	32,39			
			Пл		–			117,89		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
408	Кружок маслянной живописи	20	НС1	Ю3	–	8,60	0,80	6,88	43,00	0,24	1,00	72,35	1,10	79,58	2718,62	624,10	3607,12
			О1	Ю3	–	8,60	2,00	17,20		1,54	1,00	1137,85	1,10	1251,63			
			НС1'	Ю3	–	5,60	2,80	15,68		0,24	1,00	164,89	1,10	181,38			

			Пл		–			62,41		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
409	Кржок акварельно й живописи	20	НС1	ЮЗ	У	6,90	0,80	5,52	43,00	0,24	1,00	58,05	1,15	66,76	3505,77	804,80	4499,70
			О1	ЮЗ	У	6,90	2,00	13,80		1,54	1,00	912,92	1,15	1049,86			
			НС1'	ЮЗ	У	0,50	2,80	1,40		0,24	1,00	14,72	1,15	16,93			
			НС2	ЮВ	У	3,00	0,80	2,40		0,24	1,00	25,24	1,10	27,76			
			О2	ЮВ	У	3,00	2,00	6,00		1,54	1,00	396,92	1,10	436,62			
			НС2'	ЮВ	У	6,20	2,80	17,36		0,24	1,00	182,56	1,10	200,81			
			Пл		–			80,48		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
410	Подсобное помещение	20	НС1	ЮВ	–	3,00	2,80	8,40	43,00	0,24	1,00	88,33	1,05	92,75	420,80	96,60	416,95
			Пл		–			9,66		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			

411	Помещение персонала	20	НС1	ЮВ	У	2,38	0,80	1,90	43,00	0,24	1,00	20,02	1,10	22,02	890,82	204,50	2366,29
			О1	ЮВ	У	2,38	2,00	4,76		1,54	1,00	314,89	1,10	346,38			
			НС1'	ЮВ	У	0,50	2,80	1,40		0,24	1,00	14,72	1,10	16,19			
			НС2	СВ	У	7,90	0,80	6,32		0,24	1,00	66,46	1,15	76,43			
			О2	СВ	У	7,90	2,00	15,80		1,54	1,00	1045,2 3	1,15	1202,0 2			
			НС2'	СВ	У	0,50	2,80	1,40		0,24	1,00	14,72	1,15	16,93			
			Пл		–			20,45		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
413	Кружок прикладной композиции	20	НС1	СВ	У	2,93	0,80	2,34	43,00	0,24	1,00	24,61	1,15	28,30	1545,53	354,80	1764,82
			О1	СВ	У	2,93	2,00	5,85		1,54	1,00	387,00	1,15	445,05			
			НС1'	СВ	У	2,98	2,80	8,33		0,24	1,00	87,60	1,15	100,74			

			Пл		–			35,48		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
414	Кабинет для теоретических занятий	20	НС1	СВ	–	5,90	0,80	4,72	43,00	0,24	1,00	49,64	1,10	54,60	1619,15	371,70	2193,12
			О1	СВ	–	5,90	2,00	11,80		1,54	1,00	780,62	1,10	858,68			
			НС1'	СВ	–	1,00	2,80	2,80		0,24	1,00	29,44	1,10	32,39			
			Пл		–			37,17		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			
415	Кружок декоративно-прикладного искусства	20	НС1	СВ	–	12,30	0,80	9,84	43,00	0,24	1,00	103,48	1,10	113,82	1697,56	389,70	3244,20
			О1	СВ	–	12,30	2,00	24,60		1,54	1,00	1627,38	1,10	1790,12			
			НС1'	СВ	–	1,00	2,80	2,80		0,24	1,00	29,44	1,10	32,39			
			Пл		–			38,97		0,19	0,00	0,00	0,00	0,00			

502	Холл	20	НС1	ЮЗ	У	8,53	1,10	9,38	43,00	0,24	1,00	98,61	1,15	113,41	17186,45	3945,40	27468,65
-----	------	----	-----	----	---	------	------	------	-------	------	------	-------	------	--------	----------	---------	----------

			HC1'	IO3	Y	1,00	3,10	3,10		0,24	1,00	32,60	1,15	37,49		
			O1	IO3	Y	8,53	2,00	17,05		1,54	1,00	1127,92	1,15	1297,11		
			HC2	C3	Y	4,07	1,10	4,48		0,24	1,00	47,08	1,15	54,14		
			HC2'	C3	Y	0,50	3,10	1,55		0,24	1,00	16,30	1,15	18,74		
			O2	C3	Y	4,07	2,00	8,14		1,54	1,00	538,49	1,15	619,27		
			HC3	CB	-	37,10	1,10	40,80		0,24	1,00	429,10	1,10	472,01		
			O3	CB	-	39,60	2,00	79,19		1,54	1,00	5238,72	1,10	5762,60		
			HC3'	CB	-	8,15	3,10	25,25		0,24	1,00	265,52	1,10	292,07		
			HC4	IOB	Y	4,68	1,10	5,15		0,24	1,00	54,14	1,10	59,55		
			O4	IOB	Y	8,68	2,00	17,36		1,54	1,00	1148,43	1,10	1263,27		
			HC4'	IOB	Y	9,50	3,10	29,45		0,24	1,00	309,69	1,10	340,66		
			HC5	IO3	Y	7,00	1,10	7,70		0,24	1,00	80,97	1,15	93,12		
			O5	IO3	Y	8,50	2,00	17,00		1,54	1,00	1124,62	1,15	1293,31		
			HC5'	IO3	Y	1,50	3,10	4,65		0,24	1,00	48,90	1,15	56,23		

			HC6	Ю3	–	9,15	1,10	10,07		0,24	1,00	105,84	1,10	116,43		
			О6	Ю3	–	9,15	2,00	18,30		1,54	1,00	1210,62	1,10	1331,68		
			HC7	ЮВ	У	2,60	1,10	2,86		0,24	1,00	30,08	1,10	33,08		
			О7	ЮВ	У	3,60	2,00	7,20		1,54	1,00	476,31	1,10	523,94		
			HC7'	ЮВ	У	1,00	3,10	3,10		0,24	1,00	32,60	1,10	35,86		
			HC8	Ю3	У	2,50	1,10	2,75		0,24	1,00	28,92	1,15	33,26		
			О8	Ю3	У	2,50	2,00	5,00		1,54	1,00	330,77	1,15	380,38		
			Пл		–			394,54		0,22	0,00	0,00	0,00	0,00		

601	Холл	20	HC1	Ю3	У	6,95	1,10	7,65	43,00	0,24	1,00	80,39	1,15	92,45	6686,13	1534,90	8589,26
			HC1'	Ю3	У	1,00	2,10	2,10		0,24	1,00	22,08	1,15	25,40			
			О1	Ю3	У	7,95	1,00	7,95		1,54	1,00	525,92	1,15	604,81			
			HC2	С3	У	3,50	1,10	3,85		0,24	1,00	40,49	1,15	46,56			
			HC2'	С3	У	0,50	2,10	1,05		0,24	1,00	11,04	1,15	12,70			
			О2	С3	У	4,00	1,00	4,00		1,54	1,00	264,62	1,15	304,31			

			HC3	CB	–	14,90	1,10	16,39		0,24	1,00	172,36	1,10	189,59			
			O3	CB	–	16,40	1,00	16,40		1,54	1,00	1084,92	1,10	1193,42			
			HC3'	CB	–	5,80	2,10	12,18		0,24	1,00	128,08	1,10	140,89			
			HC4	ЮВ	У	4,89	2,10	10,27		0,24	1,00	107,99	1,10	118,79			
			HC5	ЮВ	У	3,50	1,10	3,85		0,24	1,00	40,49	1,10	44,53			
			O5	ЮВ	У	4,50	1,00	4,50		1,54	1,00	297,69	1,10	327,46			
			HC5'	ЮВ	У	1,00	2,10	2,10		0,24	1,00	22,08	1,10	24,29			
			HC6	ЮЗ	У	3,50	1,10	3,85		0,24	1,00	40,49	1,15	46,56			
			O6	ЮЗ	У	3,50	1,00	3,50		1,54	1,00	231,54	1,15	266,27			
			Пл		–			153,49		0,22	0,00	0,00	0,00	0,00			
609	Холл	20	HC1	CB	У	3,35	1,10	3,69	43,00	0,24	1,00	38,75	1,15	44,56	4261,55	978,30	5376,83
			O1	CB	У	3,85	1,00	3,85		1,54	1,00	254,69	1,15	292,90			
			HC1'	CB	У	0,50	2,10	1,05		0,24	1,00	11,04	1,15	12,70			
			HC2	ЮВ	У	4,10	1,10	4,51		0,24	1,00	47,43	1,10	52,17			

			O2	ЮВ	У	6,80	1,00	6,80		1,54	1,00	449,85	1,10	494,83			
			HC2'	ЮВ	У	10,00	2,10	21,00		0,24	1,00	220,83	1,10	242,92			
			HC3	Ю3	У	4,70	1,10	5,17		0,24	1,00	54,37	1,15	62,52			
			O3	Ю3	У	5,20	1,00	5,20		1,54	1,00	344,00	1,15	395,60			
			HC3'	Ю3	У	2,10	2,10	4,41		0,24	1,00	46,38	1,15	53,33			
			HC4	ЮВ	У	4,73	1,10	5,20		0,24	1,00	54,66	1,10	60,12			
			O4	ЮВ	У	4,73	1,00	4,73		1,54	1,00	312,58	1,10	343,83			
			HC4'	Ю3	У	1,50	2,10	3,15		0,24	1,00	33,13	1,15	38,09			
			Пл		–			97,83		0,22	0,00	0,00	0,00	0,00			

	Парковка	5	HC1	СВ	У	2,87	2,40	6,88	28,00	0,24	1,00	47,08	1,15	54,15	14808,86	0,00	17766,30
HC2			ЮВ	У	4,00	2,40	9,60	0,24		1,00	65,74	1,10	72,31				
HC3			ЮВ	У	6,40	2,40	15,36	0,24		1,00	105,18	1,10	115,70				
HC4			Ю3	У	19,90	2,40	47,76	0,24		1,00	327,04	1,15	376,10				



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

Инженерная школа

Кафедры инженерных систем зданий и сооружений

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВКР

на выпускную квалификационную работу студента

Пушко Александра Владимировича

(фамилия, имя, отчество)

направление (специальность) 08.03.01. Теплогазоснабжение и вентиляция

группа Б-3431 д

Руководитель ВКР

старший преподаватель А.О. Калинин

(ученая степень, ученое звание, и. о. фамилия)

На тему: Проектирование системы отопления и вентиляции в доме творчества в районе ул.1-я Морская,15-ул.Арсеньева,17 в г. Владивостоке

Дата защиты ВКР « 29 » июня 2018 г.

Дипломный проект выполнен в соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу, представлен пояснительной запиской из четырёх глав на 53 страницах, списка литературы из 21 наименований и графической частью на трёх листах формата А1.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обоснована нормативными документами, требующими поддержание нормируемых параметров микроклимата в жилых зданиях для обеспечения их комплексной безопасности.

Расчетная часть работы выполнена в полном объеме, соответствует нормативным требованиям и включает: теплотехнический расчёт ограждающих конструкций, расчёт тепловых потерь помещений, аэродинамический расчёт системы вентиляции.

В первой главе проведен анализ объекта проектирования и собраны основные сведения.

Вторая глава посвящена расчету и проектированию системы отопления. На основе полученных расчетных данных, а также анализа нормативно-технической литературы принятые технические решения реализуемой системы отопления для жилых помещений и лестничной клетки, соответствуют предъявляемым требованиям и обеспечивают требуемые параметры температуры внутреннего воздуха.

В третьей главе рассмотрен вопрос расчета и конструирования системы вентиляции. Запроектированная система вентиляции отвечает предъявляемым требованиям и обеспечивает нормативный воздухообмен в полном объеме.

Графическая часть работы представлена в полном объеме не в полном объеме, выполнена на невысоком уровне.

Принятые технические решения обоснованы и соответствуют современным требованиям нормативно-технической документации, действующей на территории Российской Федерации.

Достоинством выпускной квалификационной работы является её практическая значимость и возможность использовать проект, как один из вариантов при разработке систем отопления, вентиляции здания дома творчества в районе ул.1-я Морская,15-ул.Арсеньева,17 в г.Владивосток..

Представленная работа заслуживает оценки **хорошо**, а Пушко Александр Владимирович присвоения квалификации бакалавра техники и технологии по направлению «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Оригинальность текста ВКР составляет 75 %.

Руководитель ВКР _____ ст. преподаватель _____
(уч. степень, уч. звание) (подпись)



(и. о. фамилия)

А.О. Калинин

«25» 06 20 18 г.

Студент [подпись]
« 26 » 06 20 18 г.

Руководитель ВКР [подпись] ст. преподаватель
(подпись) (должность, ученое звание)
Кашин А.О.
(ФИО)
« 29 » 06 20 18 г.

«Допустить к защите»

Руководитель ОП канд.техн.наук, доцент
(ученое звание)
[подпись] В.П. Черненко
(подпись) (и. о.ф)
« 25 » 06 20 18 г.

*Сведения, содержащиеся
в док. тайны нет
В.П. Черненко [подпись]*

Зав. кафедрой канд.техн.наук, доцент
(ученое звание)
[подпись] А.В. Кобзарь
(подпись) (и. о.ф)
« 26 » 06 20 18 г.

Защищена в ГЭК с оценкой хорошо

Секретарь ГЭК [подпись]
подпись
Н.С. Ткач
И.О.Фамилия
« 29 » 06 20 18 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Инженерной школы

[подпись] / _____
Подпись / Ф.И.О.
« ____ » _____ 201 г.

В материалах данной выпускной квалификационной работы не содержатся сведения, составляющие государственную тайну, и сведения, подлежащие экспортному контролю.

Уполномоченный по экспортному контролю

_____ / _____ / « ____ » _____ 201 г.
Подпись