

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный

(институт)

«Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(кафедра)

270800.62 (08.03.01) Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Теплогазоснабжение и вентиляция

(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему г.о. Тольятти. Административное здание. Отопление и вентиляция.

Студент(ка)	<u>С.В. Чебыкина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Е.В. Одокиенко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.В. Щипанов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Нормоконтроль	<u>И.Ю. Амирджанова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой доцент М.Н. Кучеренко _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный
(институт)
«Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ТГВВиВ

М.Н. Кучеренко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ на выполнение бакалаврской работы

Студент Чебыкина София Викторовна

1. Тема г.о. Тольятти. Административное здание. Отопление и вентиляция.

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 10.06.2016

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Строительные чертежи административного здания

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Литературный обзор. Тепловой баланс здания. Отопление. Вентиляция. Автоматизация. Организации монтажных работ. Безопасность и экологичность технического объекта.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала Лист общих данных. Планы здания. Аксонометрические схемы системы отопления, вентиляции.

6. Консультанты по разделам А.В. Щипанов

7. Дата выдачи задания «18» апреля 2016 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

Е.В. Одокиенко

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.В. Чебыкина

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный
(институт)
«Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ТГВВиВ

М.Н. Кучеренко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН выполнения бакалаврской работы

Студента Чебыкиной Софии Викторовны
по теме г.о. Тольятти. Административное здание. Отопление и вентиляция.

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Исходные данные	26.04.2016	26.04.2016	Выполнено	
Литературный обзор	3.05.2016	3.05.2016	Выполнено	
Теплотехнический расчёт	3.05.2016	3.05.2016	Выполнено	
Отопление	17.05.2016	17.05.2016	Выполнено	
Вентиляция	30.05.2016	30.05.2016	Выполнено	
Автоматизация	30.05.2016	30.05.2016	Выполнено	
Организация монтажных работ	24.05.2016	24.05.2016	Выполнено	
Безопасность и экологичность технического объекта	1.06.2016	1.06.2016	Выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

Е.В. Одокиенко

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.В. Чебыкина

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект состоит из литературного обзора альтернативного источника теплоснабжения, краткого описания проектируемого объекта, параметров наружного и внутреннего микроклиматов, теплотехнического расчета. На основании расчета теплопотерь и теплопоступлений, составлен тепловой баланс помещений. По результатам расчета воздухообмена, составлен воздушный баланс здания. Произведен гидравлический расчет системы отопления, подобрано оборудование. Расчетом определены воздухораспределители, произведен аэродинамический расчет общеобменной приточно-вытяжной и местной вытяжной системы вентиляции. Произведен расчет подбора оборудования и тепловой завесы.

Проект представлен на 70 листах, содержит 15 таблиц, 40 литературных источников.

Графическая часть проекта содержится на 7 листах.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	6
<u>1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ</u>	7
<u>2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК</u>	10
<u>3 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ЗДАНИЯ</u>	15
<u>3.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций</u>	15
<u>3.2 Расчет теплопотерь здания</u>	18
<u>3.3 Расчет теплопоступлений</u>	26
<u>4 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ</u>	31
<u>4.1 Описание системы отопления</u>	31
<u>4.2 Гидравлический расчет системы отопления</u>	31
<u>4.3 Расчет и подбор оборудования</u>	33
<u>5 СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ</u>	34
<u>5.1 Описание системы вентиляции</u>	34
<u>5.2 Расчет воздухообмена</u>	34
<u>5.3 Аэродинамический расчет систем вентиляции</u>	38
<u>5.4 Подбор оборудования</u>	52
<u>5.5 Подбор воздушно-тепловых завес</u>	59
<u>6 АВТОМАТИЗАЦИЯ</u>	60
<u>7 ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ</u>	61
<u>7.1 Выбор и обоснование решений по производству работ. Технологическая последовательность выполнения работ</u>	61
<u>7.2 Определение состава и объема работ</u>	62
<u>8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА</u>	64
<u>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</u>	65
<u>ПРИЛОЖЕНИЯ</u>	

ВВЕДЕНИЕ

В связи с повышающейся стоимостью на энергоносители, экономическим кризисом и с прогрессом развития технологий, актуально применение нетрадиционных способов теплоснабжения. В рамках Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» поставлена задача радикального снижения энергоемкости систем инженерного обеспечения зданий. К 2020 году должно быть достигнуто снижение энергоемкости ВВП на 40% к уровню 2007 года. С 2013 г. в качестве дополнительных технических требований, вводятся требования по интеграции в энергетический баланс зданий, строений, сооружений нетрадиционных источников энергии и вторичных энергоресурсов [1]. К одним из таких источников энергии относятся теплонасосные установки. В России наибольшее применение нашли тепловые насосы с грунтовыми теплообменниками, так как грунт является наиболее стабильной средой для получения тепловой энергии. Экономически обосновано применение их к малоэтажным зданиям при отсутствии централизованного теплоснабжения или достаточно дорогое подключение к нему. Именно таким зданием является проектируемый объект, административное здание г. Тольятти, для которого были запроектированы инженерные коммуникации с применением альтернативных источников в виде теплового насоса и солнечных панелей для выработки электрической энергии, что позволяет резко снизить электропотребление здания.

Целью проекта является проектирование системы отопления и вентиляции с применением альтернативного источника тепловой энергии. Для решения этой цели необходимо выполнить ряд задач:

1. Выполнить литературный обзор и аргументировать целесообразность применения альтернативного способа теплоснабжения здания;
2. Запроектировать систему отопления и вентиляции;
3. Выполнить систему автоматизации;
4. Обеспечить безопасность и экологичность объекта.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1 Параметры наружного воздуха

Параметры наружного воздуха принимаются по СП [2, прил. 8], параметры Б.

Для холодного периода года

Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, $t_n = -30$ °С.

Энтальпия наружного воздуха, наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, $I = -29,8$ кДж/кг.

Количество дней со среднесуточной температурой наружного воздуха < 8 °С, $Z_{om} = 203$ сут.

Средняя температура периода, в котором температура наружного воздуха < 8 °С, $t_{om} = -5,2$ °С.

Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, $\varphi_n = 84$ %.

Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, $v_n = 5,4$ м/с

Зона влажности района строительства – нормальная, согласно СП [2, прил.Б].

Для теплого периода года

Температура наружного воздуха обеспеченностью $t_n = 28,5$ °С.

Энтальпия наружного воздуха, $I = 52,8$ кДж/кг.

Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, $v_n = 3,2$ м/с.

Средняя месячная относительная влажность воздуха, $\varphi_n = 49$ %.

1.2 Источники тепло и хладоснабжения

Источниками теплоснабжения является тепловой насос с параметрами теплоносителя 45°-35°С. Источником хладоснабжения является тепловой насос с параметрами хладоносителя 10°-15°С .

1.3 Параметры внутреннего микроклимата

Параметры внутреннего воздуха определяются по ГОСТ [3].

Для холодного периода года

Температура воздуха в основных помещениях, $t_{в}=21^{\circ}\text{C}$

Температура воздуха в тренажерном зале, $t_{в}=19^{\circ}\text{C}$

Температура воздуха в складских помещениях, лестничной клетке, $t_{в}=16^{\circ}\text{C}$

Влажность воздуха, $\varphi_{в}=30\%$,

Подвижность воздуха, $v_{г}=0,2$ м/с.

Влажностный режим помещений – нормальный, согласно СП [4, таб.1].

Условия эксплуатации – А, согласно СП [4, таб.2].

Время работы здания – 8⁰⁰ - 19⁰⁰.

Для теплого периода года

Температура воздуха в основных помещениях, $t_{в}=23^{\circ}\text{C}$

Температура воздуха в тренажерном зале, $t_{в}=23^{\circ}\text{C}$

Температура воздуха в складских помещениях, лестничной клетке – не нормируется

Влажность воздуха, $\varphi_{в}=60\%$,

Подвижность воздуха, $v_{г}=0,15$ м/с.

1.4 Архитектурно-планировочное описание объекта

Проектируемое административное здание находится в г. Тольятти, в Автозаводском районе, юго-западнее по ул. Ботаническая 20. Ориентация главного фасада – запад. Отдельно стоящее двухэтажное панельной здание, сложной конфигурации с размерами в плане 47,6 х 19,2 м. Высота здания 13,25 м. Высота помещений 4 м. Не имеет подвала и чердака. Объем здания 7900 м³. Здание имеет один главный вход, один служебный вход и пожарный выход со второго этажа. Окна – двухкамерный стеклопакет в одинарном ПВХ переплете с твердым селективным покрытием, на отметке +1.100 и +5.420. На первом этаже расположены офисные, подсобные помещения, тренажерный зал, гардеробная, комната отдыха, санузлы, венткамера, складские помещения в осях 4-5 А-В. На втором этаже основную часть занимают офисные и подсобные

помещения, имеются комната отдыха, душевая, санузлы, венткамера. С северной стороны имеется неостекленная терраса. В таблице 1 приведен состав ограждающих конструкций.

Таблица 1 – Состав ограждающих конструкций

Наименование конструкции	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·°С	Термическое сопротивление $R_o = \delta/\lambda$, м ² ·°С/Вт
Стены, навесной вентилируемый фасад			
Керамзитобетонные блоки полнотелые на цем.-песч. растворе $\gamma=1200\text{кг/м}^3$	0,39	0,52	0,75
Утеплитель — Роквул Венти Баттс	\bar{b}_x	0,038	$\bar{b}_x/0,038$
Фасадная панель - EQUITONE	0,12	0,407	0,29
Стены второго этажа, навесной вентилируемый фасад			
Керамзитобетонные блоки полнотелые на цем.-песч. растворе $\gamma=1200\text{кг/м}^3$	0,19	0,52	0,37
Утеплитель — Роквул Венти Баттс	\bar{b}_x	0,038	$\bar{b}_x/0,038$
Фасадная панель - EQUITONE	0,12	0,407	0,29
Основная кровля			
Утеплитель — Роквул Руф Баттс В	0,04	0,042	0,95
Утеплитель — Роквул Руф Баттс Н	\bar{b}_x	0,041	$\bar{b}_x/0,041$
Цементно-песчаный раствор	0,015	0,76	0,02
Керамзитобетон $\gamma=800\text{кг/м}^3$	0,02	0,24	0,08
Сборная многопустотная ж.-б. плита перекрытия	0,22	1,92	0,12
Перекрытие (потолок складов)			
Утеплитель — Роквул Венти Баттс	\bar{b}_x	0,038	$\bar{b}_x/0,038$
Сборная многопустотная ж.-б. плита перекрытия	0,22	1,92	0,12
Конструкция пола второго этажа: Керамическая плитка на цем.-песч. растворе по подстилающему слою из бетона	0,08	1,74	0,05

2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК

2.1 История развития и возможность применения тепловых насосов

Актуальной проблемой является рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. Главным плюсом применения теплонасосных установок для систем теплоснабжения в сравнении с иными способами теплоснабжения заключается в высокой оптимизации энергозатрат. Тепловые насосы относятся к особому виду теплоэнергетического оборудования, они не подчиняются понятию коэффициента полезного действия, потому что теплонасосные установки способны вырабатывать тепловой энергии больше, чем электроэнергии необходимой для их работы. Критерием оценки эффективности данного оборудования является коэффициент преобразования теплоты, смысл которого заключается в отношении полученной теплоты к затраченной энергии на совершение термодинамического цикла установки. Значение этого коэффициента в тепловом насосе находится от 2,5 до 5.

Принцип действия теплового насоса выходит из работ Карно и описания термодинамического цикла Карно, опубликованного в диссертации в 1824 г. Толчок развития производства тепловых насосов пришелся на время энергетических кризисов 1973 и 1979 г. Объем применения теплонасосных установок в настоящее время представлен в таблицах 2 и 3.

По оценкам Мирового энергетического комитета (МИРЭЖ) к 2020 г. в передовых странах доля отопления и горячего водоснабжения тепловыми насосами составит 75%.

Таблица 2 - Количество эксплуатируемых тепловых насосов [5]

Страна	Количество эксплуатируемых теплонасосных установок, млн	Количество производимых теплонасосных установок, млн в год
США	25 (около 60% в жилом фонде)	1 (в том числе 0,5 на экспорт)
Япония	5	0,5
Китай	18	1
Европа	4 в 1996 г. (около 70% в жилом фонде)	0,5

Примерно 77 % установленных в Европе тепловых насосов используют наружный воздух в качестве источника тепла.

Таблица 3 – Уровень мирового использования теплонасосных установок[5]

Страна	Установленная мощность оборудования, МВт	Произведенная энергия, ТДж/год	Страна	Установленная мощность оборудования, МВт	Произведенная энергия, ТДж/год
Австралия	24,0	57,6	Польша	26,2	108,3
Австрия	228,0	1094,0	Россия	1,2	11,5
Болгария	13,3	162,0	Сербия	6,0	40,0
Великобритания	0,6	2,7	Словакия	1,4	12,1
Венгрия	3,8	20,2	Словения	2,6	46,8
Германия	344,0	1149,0	США	4 800,0	12 000,0
Греция	0,4	3,1	Турция	0,5	4,0
Дания	3,0	20,8	Финляндия	80,5	484,0
Исландия	4,0	20,0	Франция	48,0	255,0
Италия	1,2	6,4	Чехия	8,0	38,2
Канада	360,0	891,0	Швейцария	300,0	1 962,0
Литва	21,0	598,8	Швеция	377,0	4 128,0
Нидерланды	10,8	57,4	Япония	3,9	64,0
Норвегия	6,0	31,9	Всего:	6 675,4	23 268,9

В России использование тепловых насосов также набирает темп развития. Примеры использования тепловых насосов в Российской Федерации представлены в таблице 4[5].

Таблица 4 - Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения

Наименование объекта	Источник низкопотенциальной теплоты	Мощность, кВт	Тип и производитель тепловых насосов
1	2	3	4
с. Большие Орлы Нижегородской области, отопление жилого дома площадью 200 м ²	Грунтовая вода, 5...10°С	24	ТН-24, ЗАО «НПФ Тритон»

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
г. Нижний Новгород, отопление комплекса административных зданий, складов и гаража площадью 1200 м ²	Грунтовая вода, 5...10°С	45	ТН-45, ЗАО «НПФ Тритон»
г. Нижний Новгород, горячее водоснабжение гостиничного комплекса площадью 7000 м ²	Грунтовая вода, 5...10°С	600	ТН-600, ЗАО «НПФ Тритон»
г. Москва, здание пожарной части	Речная вода, 5...20°С	16 (μ=3,4)	фирма «Экип», г. Москва
г. Москва, плавательный бассейн	Сбросная вода душевых, 30...40°С	Нет данных (μ=6,1)	фирма «Экип», г. Москва
г. Москва, аквапарк	Сбросная вода, 20...30°С	1500	ЗАО «Энергия»
Тюмень, отопление поселка	Питьевая вода из водозабора, 7...9 °С	3700	2 насоса НТ-3000, ЗАО «Энергия»
г. Карасук Новосибирской обл., отопление школы	Грунтовая вода, 24 °С	700	2 насоса НКТ-300, ЗАО «Энергия»
г. Горноалтайск, Отопление здания ЦСУ	Грунтовая вода, 7-9 °С	270	Насос НКТ-300, ЗАО «Энергия»
г. Елизово Камчатской обл., отопление здания	Питьевая вода из водозабора, 2...9 °С	270	Насос НКТ-300, ЗАО «Энергия»

Ряд работ выполняется в рамках региональных программ энергосбережения и замены традиционных систем теплоснабжения теплонасосными установками в Новосибирской обл., Нижегородской обл., Норильск, Нерюнгри, Якутия, Дивногорск, Красноярском крае [6].

Крупным проектом является теплоснабжение Дивногорска Красноярского края, расположенного в непосредственной близости от Красноярской гидроэлектростанции (ГЭС) на Енисее, где в качестве низкопотенциального источника теплоты используется вода реки.

Широкое применение установки нашли на курортах морских побережий России (Крым, Кавказ и тд.) для приготовления горячей воды и подготовки

воды для бассейнов, так как в данных районах существуют повышенные требования к воздушному бассейну [6].

2.2 Целесообразность применения теплонасосной установки г. Тольятти

Теплонасосные установки находят применение в России в частном малоэтажном строительстве. В целях оптимизации энергоресурсов Министерством энергетики Российской Федерации проводится программа развития нетрадиционной энергетики, в которой 30 крупных проектов применения теплонасосных установок в жилищно-коммунальном секторе.

Эксплуатационные расходы с применением различных способов теплоснабжения в г. Тольятти представлены в таблице 5 [7].

Таблица 5 - Эксплуатационные расходы на теплоснабжение в г. Тольятти*

Вид отопления	Вид энергии	Стоимость единицы энергии, руб.	Расход единиц энергии в час	Годовые затраты, руб.	Примечание
Электрическое	Электричество, кВт	2,45	15	62 475	–
Индивидуальный газовый котел	Природный газ, м ³	4,63 (1.07.15 г.)	2,2	17 316	КПД котла 75%
Централизованное теплоснабжение	Теплота, Гкал	1 341,66	0,0129	29 423	–
Тепловой насос	Электричество, кВт	2,45	3,65	15 202	μ= 3,5

* Отапливаемая площадь 180 м², отопительная мощность 15 кВт, 1700 рабочих часов в год

В данных экономических условиях использование теплового насоса для индивидуального теплоснабжения по затратам намного экономичней электрообогрева, но соизмеримо с газовым отоплением. При дальнейшем выравнивании стоимости на энергоносители, применение тепловых насосов становится, несомненно, выгодным. Также стоит учитывать стоимость

начального подключения к городским тепловым сетям, которая для частных предпринимателей составляет около нескольких миллионов рублей.

Преимущества использования тепловых насосов для индивидуального теплоснабжения :

- исключение протяженных тепловых сетей и подключения к теплоцентрали, так как тепловой насос является индивидуальным источником теплоснабжения. Данное преимущество особенно актуально для проектирования зданий в местах удаленных от теплоцентрали или невозможностью подключения к ней.

- снижение количества природного топлива, используемого для теплоснабжения, приблизительно в 1,5–2 раза;

- улучшение экологической обстановки воздушного бассейна в населенных пунктах

- безопасность эксплуатации в сравнении с индивидуальными котельными, использующими газовое топливо;

- меньшие эксплуатационные затраты, так как теплонасосные установки малой мощности, не нуждаются в постоянном обслуживании, периодический контроль необходим лишь установкам с большой мощностью.

Недостатки использования тепловых насосов:

- высокие начальные капиталовложения, со сроком окупаемости около 5-6 лет;

- дешевизна природного топлива в сравнении с электроэнергией.

Следовательно, сопоставив достоинства и недостатки данного вида теплоснабжения, применение теплонасосных установок становится достойной альтернативой получения тепловой энергии на коммунальные нужды жилых и административных зданий.

3 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ЗДАНИЯ

3.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Выполняется согласно методике СП [4].

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций выполняется из условия, что приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций будет не меньше нормируемого значения, то есть:

$$R_0 \geq R^{TP}, \quad (3.1)$$

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

R^{TP} - нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, определяется в зависимости от градусо-суток района строительства ГСОП, $\text{°C} \cdot \text{сут}$.

Также учитывается коэффициент теплотехнической однородности γ , в зависимости от вида ограждающей конструкции.

Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, $\text{°C} \cdot \text{сут}$, определяют по следующей формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) Z_{\text{от}}, \quad (3.2)$$

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

$t_{\text{в}}$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °C ;

$t_{\text{от}}$ - средняя температура наружного воздуха, °C , отопительного периода;

$Z_{\text{от}}$ - продолжительность, сут, отопительного периода;

Подставив в (2.2) значения соответствующих величин, получим:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) Z_{\text{от}} = (21 + 5,2) * 203 = 5319 \text{ °C} \cdot \text{сут}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций находится по следующей формуле:

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{в}} + R + 1/\alpha_{\text{н}}, \quad (3.3)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимается согласно СП [4, таб.7];

R – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$;

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C), , принимается согласно СП [8].

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R, (м²·°C)/Вт, определяют по формуле:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (3.4)$$

где R₁, R₂, R_n - сопротивление теплопередаче отдельных слоев ограждающей конструкции, (м²·°C)/Вт.

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

$$R_i = \delta_i / \lambda_i, \quad (3.5)$$

где δ_i - толщина i-го слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i - расчетный коэффициент теплопроводности материала i-го слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·°C), определяется по СП [8, прил. Д] согласно условиям эксплуатации.

Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций k, Вт/(м²·°C), по формуле:

$$k = 1 / R_0, \quad (3.6)$$

где k - коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций, Вт/(м²·°C);

Теплотехнический расчет наружных стен первого этажа

Коэффициент теплотехнической однородности навесного вентилируемого фасада равен 0,6, значит нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен составит $R^{TP} = 2,674 / 0,6 = 4,457$ м²·°C/Вт.

Толщина утеплителя по формуле (3.7) для первого этажа :

$$\delta = (4,457 - 1 / 8,7 - 0,75 - 1 / 23) \cdot 0,038 = 0,135 \text{ м.}$$

Принимается толщина утеплителя 150 мм [9].

Для второго этажа:

$$\delta = (4,457 - 1 / 8,7 - 0,37 - 1 / 23) \cdot 0,038 = 0,149 \text{ м.}$$

Принимается толщина утеплителя 150 мм [9].

Теплотехнический расчет покрытия (основная кровля)

Коэффициент теплотехнической однородности при креплении утеплителя к потолку равен 0,8, нормируемое сопротивление теплопередаче составляет $R = 3,565 / 0,8 = 4,456 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

$$R^{\text{TP}} = 4,456 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Толщина утеплителя по формуле (3.7) для основной кровли:

$$\delta = (4,457 - 1/8,7 - 0,95 - 0,02 - 0,08 - 0,12 - 1/23) \cdot 0,041 = 0,108 \text{ м.}$$

Принимается толщина утеплителя 110 мм.[10]

Для перекрытия (потолок склада и гаража):

$$\delta = (4,457 - 1/8,7 - 0,12 - 0,05 - 1/23) \cdot 0,038 = 0,158 \text{ м.}$$

Принимается толщина утеплителя 200 мм[9].

Окна

$$R^{\text{TP}} = 0,446 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Окна в ПВХ-переплетах с $R_0=0,58 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ — двухкамерный стеклопакет в одинарном переplete с межстекольным расстоянием 12 мм, с твердым селективным покрытием[8, табл. Л.1].

Балконные двери

Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций [4]:

$$R_0^{\text{БД}} = R_0^{\text{ок}} \cdot 1,5 = 0,58 \cdot 1,5 = 0,87 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Наружные двери

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных дверей определяется по формуле:

$$R_0 = 0,6 \cdot \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{н}}}, \quad (3.7)$$

где R_0 - приведенное сопротивление теплопередаче наружных дверей, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

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

Δt_n - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_e и температурой внутренней поверхности t_b ограждающей конструкции, °С, определяется по СП [4, таб.5]: $\Delta t_n = 4,5$ °С;

$$R_0 = 0,6 \cdot \frac{(14 + 30)}{8,7 \cdot 4,5} = 0,751 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт};$$

По формуле (2.6) найдем k :

$$k = 1/0,751 = 1,331 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Результаты теплотехнического расчета сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты теплотехнического расчета

Наименование ограждающей конструкции	Толщина утепляющего слоя, δ ут м	Толщина ограждающей конструкции, δ , м	Приведенное сопротивление теплопередаче, R_0 , м ² ·°С/Вт	Коэффициент теплопередачи, k , Вт/(м ² ·°С)
Наружная стена 1-го этажа	0,15	0,54	4,855	0,206
Наружная стена 2-го этажа	0,15	0,34	4,482	0,223
Покрытие (основная кровля)	0,11	0,405	4,011	0,249
Перекрытие (потолок складов первого этажа)	0,2	0,5	5,591	0,179
Окно	Двухкамерный стеклопакет в одинарном ПВХ переплете		0,58	1,724
Наружная дверь	Одинарный тамбур		0,751	1,331
Балконная дверь	Балконная дверь БС		0,87	1,149

3.2 Расчет теплопотерь здания

Потери теплоты через наружные ограждения определяются [11]:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_b - t_n) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta), \text{Вт} \quad (3.8)$$

где β - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь на ориентацию и угловые помещения.

Теплопотери через полы, лежащие на грунте, рассчитываются по зонам.

Потери тепла за счет инфильтрации, Вт, определяется по формуле[11]:

$$Q_{и} = 0,28 \cdot G_{инф} \cdot c \cdot A \cdot (t_b - t_n) \cdot k, \text{Вт} \quad (3.9)$$

где $G_{инф}$ - воздухопроницаемость расчетного этажа, кг/(м²·ч), и определяется по формуле:

$$G_{инф} = \frac{1}{R^{ок}_{инф}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{2/3}, \quad (3.10)$$

Для двери:

$$G_{инф} = \frac{1}{R^o_{инф}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{1/2}, \quad (3.11)$$

Где $R^{ок}_{инф}$ - фактическое сопротивление воздухопроницанию окна, м²*ч/кг;
 $R^{тр}_{инф} = R^{ок}$

$$R^{мп}_{инф} = \frac{1}{G_n} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{2/3}, \quad (3.12)$$

Для двери:

$$R^{мп}_{инф} = \frac{1}{G_n} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right)^{1/2}, \quad (3.13)$$

где G_n - нормируемая воздухопроницаемость ограждающей конструкции кг/(м²·ч);

Воздухопроницаемость окон принимается по СП [4, таб. 9] $G_n = 5$ кг/(м²·ч), для входных дверей $G_n = 7$ кг/(м²·ч),

A- площадь поверхности ограждающей поверхности, м²;

k- коэффициент экономайзерного эффекта, для массивных ограждений k= 1;

c – теплоемкость воздуха, c = 1,005 кДж/(кг град);

$\Delta p = 10$ Па– разность давлений воздуха;

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающей конструкции Δp , Па, определяется по следующей формуле:

$$p_b = 0,55 \cdot H \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_b) + 0,3(\rho_n \cdot v_n^2), \quad (3.14)$$

где H- высота здания от уровня первого этажа до верха перекрытия здания, м;

H = 8,92 м;

g = 9,81 м/ с² - ускорение свободного падения;

ρ_n - плотность наружного воздуха, кг/м³;

ρ_b - плотность внутреннего воздуха, кг/м³;

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с.

Расчетная разность давлений между давлением на наружную и внутреннюю поверхность ограждающей конструкции :

$$\Delta p_i = p_n - p_b, \quad (3.15)$$

где p_b – давление внутреннего воздуха помещения и определяется по формуле:

$$p_b = 0,5 \cdot H \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_b) + 0,5 \cdot (\rho_n \cdot v_n^2) / 2 \cdot (c_n - c_3) \cdot k_{дин}, \quad (3.16)$$

где $k_{дин}$ - коэффициент динамического сопротивления, зависит от высоты и окружения проектируемого здания;

c_n - коэффициент зоны повышенного давления (навстрелнная сторона здания),

$$c_n = 0,6;$$

c_3 - коэффициент зоны пониженного давления (заветренная сторона здания),

$$c_3 = -0,8;$$

p_n - давление наружного воздуха помещения, зависит от расчетной высоты и определяется по формуле:

$$p_b = (H - h_i) \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_b) + (\rho_n \cdot v_n^2) / 2 \cdot (c_n - c_3) \cdot k_{дин}, \quad (3.17)$$

где h_i - расстояние от поверхности земли до верхней отметки окон расчетного этажа.

Данные по расчету теплотерьер помещений приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Теплотерьеры через ограждающие конструкции, инфильтрация

Ограждающие конструкции								Добавки			Q(1+Σβ), Вт	Q _и , Вт	ΣQ _{общ} , Вт	ΣQ _{общ} , Вт, х.к.	ΣQ _{общ} , Вт, т.к.
Наименование	Ориентация	Размер, м		F, м ²	k, Вт/м ² ·С°	Δt·n	Q, Вт	На ориентацию	Прочие	Σβ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101															
Витр.	СЗ	4,42	3,5	10,0	1,72	51	882	0,1	0,05	0,05	926				
Д	СЗ	2,14	1,27	2,7	1,33	51	184	0,1	0,05	0,05	194				
Д	СЗ	2,14	1,27	2,7	1,33	51	184	0,1	0,05	0,05	194				
ПЛ I		1,05	7,05	7,4	0,48	51	180				180				
II		2	9,95	19,9	0,23	51	236				236				
III		2	10,35	20,7	0,12	51	123				123				
IV		1,8	4,1	7,3	0,07	51	26				26	435			

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
												399	2713	1428	1285

103B																	
НС	3	4,42	1,7	5,9	0,21	51	62	0,1	0	0,1	68						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,1	0	0,1	157						
ПЛ I				3,5	0,48	51	85				85						
II				7,1	0,23	51	84				84						
III				9,5	0,12	51	56				56						
IV				1,7	0,07	51	6				6	76	532	280	252		
104																	
НС	3	4,42	4,28	15,7	0,21	51	165	0,05	0	0,05	173						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
ПЛ I		2	4,28	8,6	0,48	51	208				208						
II		2	4,28	8,6	0,23	51	102				102						
III		0,6	4,28	2,6	0,12	51	15				15						
												151	948	499	449		
105																	
НС	3	4,42	2,9	11,2	0,21	51	118	0,05	0	0,05	124						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
ПЛ I		2	2,9	5,8	0,48	51	141				141						
II		2	2,9	5,8	0,23	51	69				69						
III		0,6	2,9	1,7	0,12	51	10				10						
												76	569	299	269		
106																	
НС	3	4,42	11,87	44,4	0,21	51	466	0,05	0	0,05	289						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
ПЛ I		2	11,87	23,7	0,48	51	377				377						
II		2	11,87	23,7	0,23	51	282				282						
III		0,6	11,87	7,1	0,12	51	42				42						
												278	1025	540	485		
107A																	
НС	3	4,42	6,48	23,8	0,21	51	250	0,05	0,05	0,1	275						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0,05	0,1	157						
О	3	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0,05	0,1	157						
О	Ю	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0	0,05	0,05	150						
ПЛ I		2	5,3	10,6	0,48	51	257				257						
II		1,1	2,1	2,3	0,23	51	27				27						
												227	1249	657	592		
107Б																	
НС	ЮВ	4,42	5,27	20,1	0,21	51	211	0,05	0	0,05	221						
О	ЮВ	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						

Продолжение таблицы 7

О	ЮВ	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150						
---	----	------	-----	-----	------	----	-----	------	---	------	-----	--	--	--	--	--	--

ПЛ I		2	4,45	8,9	0,48	51	216				216				
II		1,7	3,4	5,8	0,23	51	69				69				
												151	956	503	453
1086 с/у															
НС	В	4,42	3,32	12,5	0,21	55	119	0,1	0	0,1	130				
О	В	1,35	1,6	2,2	1,72	55	171	0,1	0	0,1	188				
ПЛ I		2	3,32	6,6	0,48	55	145				145				
II		0,33	3,32	1,1	0,23	55	12				12				
												91	567	298	269
109															
НС	ЮВ	4,42	8,12	32,7	0,21	49	343	0,05	0	0,05	260				
О	ЮВ	1,35	1,2	1,6	1,72	49	142	0,05	0	0,05	150				
О	ЮВ	1,35	1,2	1,6	1,72	49	142	0,05	0	0,05	150				
ПЛ I		2	8,12	16,2	0,48	49	194				194				
II		2	5,5	11,0	0,23	49	130				130				
III		1,1	3,5	3,8	0,12	49	23				23				
												151	649	316	283
110															
НС	ЮВ	4,42	3,18	12,4	0,21	51	131	0,05	0	0,05	137				
О	ЮВ	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,05	0	0,05	150				
ПЛ I		2	3,18	6,4	0,48	51	154				154				
II		2	3,25	6,5	0,23	51	77				77				
III		1,2	2,25	2,7	0,12	51	16				16				
												76	610	321	289
111															
НС	В	4,42	2,61	9,9	0,21	51	104	0,1	0	0,1	115				
ВС	Ю	4,42	4,4	14,2	1,61	5	161				161				
О	В	1,35	1,2	1,6	1,33	51	110	0,1	0	0,1	121				
ПЛ I		2	2,61	5,2	0,48	51	127				127				
II		2	2,61	5,2	0,23	51	62				62				
III		0,4	2,61	1,0	0,12	51	6				6				
												76	666	351	316
113(склад)															
НС	В	4,42	10,79	28,9	0,21	46	262	0,1	0	0,1	289				
Д	В	2,5	2,5	6,3	1,33	46	366	0,1	0	0,1	403				
Д	В	2,5	2,5	6,3	1,33	46	366	0,1	0	0,1	403				
Д	В	2,5	2,5	6,3	1,33	46	366	0,1	0	0,1	403				
ПЛ I		2	10,5	21,0	0,48	46	440				440				
II		2	10,65	21,3	0,23	46	218				218				
III		2	10,45	20,9	0,12	46	107				107				
IV		0,5	16,6	8,3	0,07	46	26				26				
												1143	3431		
112(склад)															
НС	В	4,42	11,2	43,3	0,21	46	392	0,1	0,05	0,15	451				

Продолжение таблицы 7

НС	Ю	4,42	6,35	28,1	0,21	46	254	0	0,05	0,05	267				
----	---	------	------	------	------	----	-----	---	------	------	-----	--	--	--	--

Д	В	2,5	2,5	6,3	1,33	46	366	0,1	0	0,1	403				
ПЛ I		2	21,5	43,0	0,48	46	901				901				
II		2	19,5	39,0	0,23	46	399				399				
III		2	16,9	33,8	0,12	46	173				173				
IV		1,5	20,3	30,5	0,07	46	94				94				
												381	3069		
116															
НС	С	4,42	6,4	25,0	0,21	51	263	0,1	0,05	0,15	303				
НС	З	4,42	6,7	28,0	0,21	51	294	0,05	0,05	0,1	324				
О	С	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,1	0,05	0,15	164				
О	С	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,1	0,05	0,15	164				
О	С	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,1	0,05	0,15	164				
О	С	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,1	0,05	0,15	164				
ПЛ I		2	13,1	26,2	0,48	51	636				636				
II		2	7,9	15,8	0,23	51	187				187				
III		1,8	2,1	3,8	0,12	51	22				22				
												302	2429	1279	1151
117															
НС	С	4,42	5,9	22,8	0,21	51	240	0,1	0	0,1	264				
НС	В	4,42	1,8	6,3	0,21	51	67	0,1	0	0,1	73				
О	С	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,1	0	0,1	157				
О	С	1,35	1,2	1,6	1,72	51	142	0,1	0	0,1	157				
ПЛ I		2	9,4	21,3	0,48	51	517				517				
II		2		9,4	0,23	51	111				111				
III		1,8	2,5	4,5	0,12	51	27				27				
												151	1457	767	690
119 ЛК															
НС	С	8,92	6,73	60,0	0,21	46	544	0,1	0,05	0,15	626				
НС	З	8,92	10,99	96,7	0,21	46	876	0,05	0,05	0,1	964				
О	З	1,16	1,17	1,4	1,72	46	103	0,05	0,05	0,1	113				
О	З	1,16	1,17	1,4	1,72	46	103	0,05	0,05	0,1	113				
ПЛ I		2	12,95	29,9	0,48	46	626				626				
II		1,7	4,9	8,4	0,23	46	86				86	34			
												54	2503	0	2503
124															
НС	З	4,42	4,5	19,9	0,21	51	209	0,05	0	0,05	219				
НС	С	4,42	2,7	11,9	0,21	51	125	0,1	0	0,1	138				
НС	Ю	4,42	1,2	5,3	0,21	51	56	0	0	0	56				
ПЛ I		2	7	14,0	0,48	51	340				340				
													753	396	357
201															
НС	З	4,5	1,85	8,3	0,22	51	95	0,05	0	0,05	99				
Витр.	З	4,5	13,5	60,8	1,72	51	5341	0,05	0	0,05	5608				

Продолжение таблицы 7

ПТ				163,1	0,25	51	2071				2071				
----	--	--	--	-------	------	----	------	--	--	--	------	--	--	--	--

												908	8687	4572	4115
202Б															
ПТ		1,5	6,4	9,6	0,25	51	122	0	0	0	122		122	64	58
203А															
НС	3	4,5	3,59	12,0	0,22	51	136	0,05	0	0,05	143				
О	3	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0	0,05	385				
ПТ		3,6	6	21,6	0,25	51	274				274				
												118	921	485	436
203Б															
НС	3	4,5	3,59	12,0	0,22	51	136	0,05	0	0,05	143				
О	3	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0	0,05	385				
ПТ		3,6	6	21,6	0,25	51	274				274				
												118	921	485	436
203В															
НС	3	4,5	3,59	12,0	0,22	51	136	0,05	0	0,05	143				
О	3	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0	0,05	385				
ПТ		3,6	6	21,6	0,25	51	274				274				
												118	921	485	436
203Г															
НС	3	4,5	3,59	12,0	0,22	51	136	0,05	0	0,05	143				
О	3	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0	0,05	385				
ПТ		3,6	6	21,6	0,25	51	274				274				
												118	921	485	436
204															
НС	3	4,5	3,59	12,0	0,22	51	136	0,05	0	0,05	143				
НС	ЮВ	4,5	12,9	41,4	0,22	51	470	0,05	0,05	0,1	517				
О	3	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0	0,05	385				
О	ЮВ	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0,05	0,1	403				
О	ЮВ	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0,05	0,1	403				
О	ЮВ	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0,05	0,1	403				
О	ЮВ	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0,05	0,1	403				
ПТ				57,7	0,25	51	733				733				
												591	3983	2096	1887
205															
НС	ЮВ	4,5	4,66	16,8	0,22	51	191	0,05	0	0,05	201				
О	ЮВ	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0	0,05	385				
ПТ				15,2	0,25	51	193				193				
												118	897	472	425
206															
НС	ЮВ	4,5	5,61	21,1	0,22	51	240	0,05	0	0,05	252				
НС	В	4,5	1,2	5,4	0,22	51	61	0,1	0,05	0,15	71				
О	ЮВ	1,76	2,37	4,2	1,72	51	367	0,05	0	0,05	385				
ПТ				23,7	0,25	51	300				300				

Продолжение таблицы 7

												118	1126	593	533
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	------	-----	-----

208															
НС	В	4,5	4,67	19,0	0,21	51	200	0,1	0	0,1	220				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0	0,1	192				
ПТ				16,8	0,25	51	213				213				
												60	684	360	324
209															
НС	Ю	4,5	6,85	30,8	0,21	51	324	0	0,05	0,05	340				
НС	В	4,5	4,03	16,2	0,21	51	170	0,1	0,05	0,15	195				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0,05	0,15	201				
ПТ				22,9	0,25	51	291				291				
ПЛ				22,9	0,18	5	21				21				
												60	1107	583	524
210															
НС	В	4,5	3,55	14,0	0,21	51	147	0,1	0	0,1	162				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0	0,1	192				
ПТ		3,54	6,64	23,5	0,25	51	299				299				
ПЛ				23,5	0,18	5	21				21				
												60	733	386	347
211															
НС	В	4,5	3,55	14,0	0,21	51	147	0,1	0	0,1	162				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0	0,1	192				
ПТ		3,54	6,64	23,5	0,25	51	299				299				
ПЛ				23,5	0,18	5	21				21				
												60	733	386	347
212															
НС	В	4,5	3,55	14,0	0,21	51	147	0,1	0	0,1	162				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	48	0,1	0	0,1	53				
ПТ		3,54	6,64	23,5	0,25	51	299				299				
ПЛ				23,5	0,18	5	21				21				
												60	594	312	281
213А															
НС	В	4,5	9,83	38,3	0,21	51	402	0,1	0	0,1	442				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0	0,1	192				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0	0,1	192				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0	0,1	192				
ПТ		9,81	5,22	51,3	0,25	51	651				651				
ПЛ		9,81	5,22	51,3	0,18	5	64				64				
												179	1912	1006	906
213Б															
НС	В	4,5	5,08	20,9	0,21	51	219	0,1	0,05	0,15	252				
НС	С	4,5	6,83	28,2	0,21	51	296	0,1	0,05	0,15	341				
О	В	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0,05	0,15	201				
О	С	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0,05	0,15	201				
О	С	1,35	2,1	2,8	1,72	51	249	0,1	0,05	0,15	287				

Продолжение таблицы 7

БД	С	0,87	0,63	0,5	1,15	51	32	0,1	0,05	0,15	37				
----	---	------	------	-----	------	----	----	-----	------	------	----	--	--	--	--

ПТ		4,52	6,28	28,4	0,25	51	360				360					
												221	1899	1000	900	
213В																
НС	3	4,5	5,1	21,0	0,22	51	238	0,05	0,05	0,1	262					
НС	С	4,5	7,37	30,6	0,21	51	322	0,1	0,05	0,15	370					
О	3	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,05	0,05	0,1	192					
О	С	1,35	1,47	2,0	1,72	51	174	0,1	0,05	0,15	201					
О	С	1,35	2,1	2,8	1,72	51	249	0,1	0,05	0,15	287					
БД	С	0,87	0,63	0,5	1,15	51	32	0,1	0,05	0,15	37					
ПТ		5,39	6,11	30,3	0,25	51	385				385					
												221	1954	1029	926	
214																
НС	3	4,5	2,5	7,9	0,22	51	89	0,05	0	0,05	94					
О	3	1,35	2,1	2,8	1,72	51	249	0,05	0	0,05	262					
БД	3	0,87	0,63	0,5	1,15	51	32	0,05	0	0,05	34					
ПТ		4,83	3,32	16,0	0,25	51	203				203					
												102	695	366	329	
215																
ПТ		5,6	4,1	23,0	0,25	51	292				292		292	154	138	
												Итого:		55425		
												Фанкойлы:		48925	24436	24490

3.3 Расчет теплопоступлений

Теплопоступления от людей

Количество тепла, Вт, поступающее в помещение от людей определяется по формуле[12]:

$$Q_{л} = q \cdot n, \quad (3.18)$$

где q – удельное выделение тепла человеком, принимается равным в холодный период q=92 Вт/чел; в теплый период q=78 Вт/чел [12, табл.2.24];

n – количество человек в помещении;

Расчет произведен для административных помещений площадью более 35 м² и тренажерного зала №109.

Помещение №106

В холодный период: В теплый период:

$$Q_{л} = 92 \cdot 10 = 920 \text{ Вт} \quad Q_{л} = 78 \cdot 10 = 780 \text{ Вт}$$

Помещение №109 (тренажерный зал)

В холодный период: В теплый период:

$$Q_{\text{л}} = 135 \cdot 5 = 675 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{л}} = 107 \cdot 5 = 535 \text{ Вт};$$

Помещение №204

В холодный период:

В теплый период:

$$Q_{\text{л}} = 92 \cdot 5 = 460 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{л}} = 78 \cdot 5 = 390 \text{ Вт};$$

Помещение №213А

В холодный период:

В теплый период:

$$Q_{\text{л}} = 92 \cdot 1 = 92 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{л}} = 78 \cdot 1 = 78 \text{ Вт};$$

Теплопоступления от солнечной радиации

Расчет ведется по формуле:

$$Q_{\text{сол}} = (q_{\text{вп}} + q_{\text{вр}}) \cdot F_0 + k_1 + k_2 + k_3 + \beta_{\text{ср}}, \quad (3.19)$$

где $q_{\text{вп}}$ – поступление тепла от прямой солнечной радиации через вертикальное и горизонтальное одинарное остекление световых проемов [13, табл.2.10];

$q_{\text{вр}}$ – поступление тепла от рассеянной солнечной радиации через вертикальное и горизонтальное одинарное остекление световых проемов [13, табл.2.10];

F_0 – площадь остекления, м²;

k_1 – коэффициент, учитывающий затенение остекления и загрязнения атмосферы [12, табл.2.17];

k_2 – коэффициент, учитывающий загрязнение стекла [12, табл.2.18];

k_3 – коэффициент пропускания солнечной энергии [14];

$\beta_{\text{сз}}$ – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств, принимаемый равным 1.

Расчет сведен в таблицу 8.

Таблица 8 - Теплопоступления от солнечной радиации

Часы суток																
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
помещение №106																
3																
q _{вп}	0	0	0	0	0	0	0	0	105	280	457	572	607	664	442	160
q _{вр}	13	39	59	72	77	77	81	87	98	113	135	166	174	160	99	29
F, м ²	8,1															
k1	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
k2	0,9															
k3	0,394															
βсз	1															
Q _{с.р.}	43	128	193	236	252	252	265	285	280	542	816	985	1000	1025	746	261
Часы суток																
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
помещение №204																
ЮВ																
q _{вп}	5	154	316	457	521	518	465	373	230	65	0	0	0	0	0	0
q _{вр}	20	71	122	149	154	149	131	116	105	98	92	85	73	58	35	12
F, м ²	20,75															
k1	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
k2	0,9															
k3	0,394															
βсз	1															
Q _{с.р.}	210	1887	3674	5083	6258	5595	4999	4102	1183	576	325	300	258	205	24	42

Продолжение таблицы 8

Часы суток																
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
помещение №213А																
В																
q _{вп}	60	442	64	607	572	457	280	105	0	0	0	0	0	0	0	0
q _{вр}	29	99	160	174	166	135	113	98	87	81	77	77	72	59	39	13
F, м ²	5,94															
k1	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
k2	0,9															
k3	0,394															
βсз	1															
Qс.р.	191	547	899	856	839	599	397	205	209	194	185	185	173	142	94	31
помещение №109																
В																
q _{вп}	160	442	664	607	572	457	280	105	0	0	0	0	0	0	0	0
q _{вр}	29	99	160	174	166	135	113	98	87	81	77	77	72	59	39	13
F, м ²	3,24															
k1	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
k2	0,9															
k3	0,394															
βсз	1															
Qс.р.	248	709	1079	1023	967	775	515	266	48	45	42	42	40	33	22	7

После определения всех теплоступлений составляется тепловой баланс расчетных помещений, приведенный в таблице 9. Тепло потери помещений полностью компенсируются системой отопления.

Таблица 9 - Тепловой баланс помещений № 106,109, 204, 2013А

Наим. уч.	Период года	V, м ³	Теплоступления в помещение, Вт				Избытки		Недостатки	
			Q _л	Q _{с.р}	Q _{проч}	ΣQ	+Q _в	+q	-Q _в	-q
№ 106 каб.	ТП	213,2	780	1025	181	1986	1986	9,3		
	ХП		920	-	92	1012	1012	4,7		
Наим. уч.	Период года	V, м ³	Теплоступления в помещение, Вт				Избытки		Недостатки	
			Q _л	Q _{с.р}	Q _{проч}	ΣQ	+Q _в	+q	-Q _в	-q
№ 109 тренаж. зал	ТП	113,6	535	967	150	1652	1652	14,5		
	ХП		675	-	67,5	743	743	6,5		
Наим. уч.	Период года	V, м ³	Теплоступления в помещение, Вт				Избытки		Недостатки	
			Q _л	Q _{с.р}	Q _{проч}	ΣQ	+Q _в	+q	-Q _в	-q
№ 204 каб.	ТП	226,8	390	6258	665	7313	7313	32,2		
	ХП		460	-	46	506	506	2,2		
Наим. уч.	Период года	V, м ³	Теплоступления в помещение, Вт				Избытки		Недостатки	
			Q _л	Q _{с.р}	Q _{проч}	ΣQ	+Q _в	+q	-Q _в	-q
№ 213А каб.	ТП	200	78	839	92	1009	1009	5,0		
	ХП		92	-	9,2	101	101,2	0,5		

4 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

4.1 Описание системы отопления

В здании запроектирована двухтрубная горизонтальная система отопления с тупиковым движением теплоносителя с параметрами теплоносителя 45-35С°. Теплоносителем является 25% водный раствор пропилен гликоля. Тепло насосная установка с двумя аккумулирующими емкостями объемом 900л каждая, расположены в помещении склада в осях Б-В, 4-5. На ответвлениях предусмотрена регулирующая арматура и клапаны ручной регулировки.

В качестве отопительных приборов приняты 4-х трубные фанкойлы настенного типа с нижним подключением в количестве 46 шт. Одновременно задействованы 4 трубы и 2 теплообменника фанкойла. На лестничной клетке установлен 2-х трубный фанкойл FWV 03 TN/TV. Складские помещения отапливаются посредством АВО в количестве 2 шт., установленных под потолком первого этажа на отм.+3,750.

Трубопроводы системы отопления выполнены из полипропиленовых труб типа PPRC PN20 Stabi диаметрами 16-75. У каждого прибора для регулирования потока предусмотрен трехходовой клапан, воздух отводчик, сетчатый фильтр и сливной кран. Магистральные трубопроводы прокладываются под подшивным потолком первого этажа с уклоном не менее 0,002 м в место дренажа. В местах проходов через строительные конструкции предусмотрены гильзы из тонколистовой стали.

Трубопроводы покрыты теплоизоляцией K-FLEX толщиной 13мм.

4.2 Гидравлический расчет системы отопления

Гидравлический расчет произведен согласно методу удельных потерь на трение [15].

Общие потери давления определяются по формуле:

$$P_{yч} = R \cdot l + Z, \text{ Па} \quad (4.1)$$

где Z – потери на местные сопротивления, можно определить по формуле:

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2g}, \text{ Па} \quad (4.2)$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления, для каждого участка определяется по [16];

R - удельные потери на трение находятся по формуле:

$$R = \frac{\lambda}{d_y} \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \text{ Па/м} \quad (4.3)$$

Результаты гидравлического расчета приведены в таблице в приложении А.

Увязка ответвлений приведена в таблице гидравлического расчета с помощью балансировочных клапанов фирмы Danfoss тип MSV-I [17], номограмма подбора приведена в приложении Б.

Расчетные схемы приведены в приложениях В, Г.

Удлинение полимерных труб за счет их температурного расширения, мм, определяется по формуле:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t, \quad (4.5)$$

где L – длина трубопровода, м;

α – коэффициент теплового расширения, $1/^\circ\text{C}$, принимаемый $0,15 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ [18];

Δt – разность температур (монтаж и эксплуатация), $^\circ\text{C}$.

По формуле (4.5), уч.5-6:

$$\Delta L = 0,15 \cdot 2,2 \cdot (45-21) = 7,9 \text{ мм.}$$

За счет компенсирующей способности элементов трубопровода (само компенсация), правильной расстановкой опор (креплений), наличием отводов в трубопроводе в местах поворота, других гнутых элементов и установкой температурных компенсаторов удастся избежать перенапряжения материала труб, соединительных деталей и соединений трубопровода [18]. Расстояние между опорами определяется по СП [18].

Формула длины пружинящего участка трубопровода для Г-образного компенсатора имеет вид:

$$L_{пруж} = k \cdot \sqrt{D} \cdot \Delta L + D, \quad (4.6)$$

где $L_{пруж}$ – длина пружинящего участка, мм;

k – константа, характеризующая упругие свойства трубы равная 30[16];

D – наружный диаметр трубы, мм;

ΔL – увеличение длины участка трубопровода при его нагреве, мм.

$$L_{пруж} = 30 \cdot \sqrt{50} \cdot 7,92 + 50 = 1050 \text{ мм.}$$

Таким образом, расстояние между перпендикулярными неподвижными опорами должно быть не менее 1050 мм.

4.3 Расчет и подбор оборудования

По полной тепловой нагрузке на здание равной 158,7 кВт по каталогу [19] подобрано два двухступенчатых тепловых насоса марки Viessmann Vitocal 300G 300.A45 с тепловой мощностью одной ступени 43,5 кВт. Характеристики установки приведены в приложении Д.

Отопительные приборы

Фанкойлы и агрегаты воздушного отопления выбраны в соответствии с тепловой нагрузкой. Подобраны фанкойлы фирмы Daikin FWV 02 FN/FV[20], технические характеристики приведены в приложении Е, для лестничной клетки 1 шт. FWV 03 TN/TV и агрегаты воздушного отопления типа АВО-42[21].

Насосное оборудование

Подбор насоса осуществляется по каталогу [22].

Подобран циркуляционный насос фирмы GRUNDFOS тип MAGNA 32-120F N 2 шт., подключенные параллельно с характеристиками, приведенными в приложении Ж.

5 СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

5.1 Описание системы вентиляции

В проектируемом административном здании запроектирована механическая приточно-вытяжная вентиляция по средствам двух центральных кондиционеров, расположенных на первом этаже ПВ2 помещение №118 и втором этаже здания ПВ1 в помещении венткамеры №219. Центральный кондиционер на вытяжной линии состоит из воздушного клапана, противоточного пластинчатого рекуператора, секции рециркуляции, форсуночного увлажнителя, вентиля торной секции, ячеякового фильтра; на приточной линии: воздушного клапана, ячеякового фильтра, рекуператора, жидкостного нагревателя, форсуночного увлажнителя, второго жидкостного нагревателя, секции пробиотиков, жидкостного охладителя, вентиля торной секции. Подача и удаление воздуха в помещения производится в верхней зоне через потолочные диффузоры типа 4АПН, расположенных в подшивном потолке на отметке +4.000. Для увязки ответвлений воздуховодов применяются регуляторы расхода фирмы Systemair. Места прокладки воздуховодов находятся в пространстве между подшивным потолком и перекрытием, заизолированы изоляцией K-FLEX AIR толщиной 10мм. Из душевых, санузлов, комнаты отдыха, складских помещений удаление воздуха осуществляется системами В1-В10. Выброс систем ПВ1, В6, В7, В8, В10 осуществляется выше кровли на отметке +10.500, выброс систем ПВ2, В3, В4, В5, В9 на отметке +12.800. Подобраны вентиляторы фирм EBM Paps и Systemair. У наружных дверей в осях 5-7 Г-Е запроектирована воздушная тепловая электрическая завеса типа КЭВ-45П5031Е.

5.2 Расчет воздухообмена

Для основных помещений здания воздухообмен определяется по нормируемой кратности по СП [23].

Расход воздуха по нормируемой кратности, м³/ч, находится по формуле:

$$L=k*V, \quad (5.1)$$

где k – кратность воздухообмена, ч⁻¹, принимается по СП [23];

V - объем помещения, м³.

Определение воздушного баланса здания приведено в таблице 10.

Таблица 10 – Воздушный баланс здания

№ пом.	Наименование помещения	t _в , °С	Площадь пом. м ²	Объем помещения, V, м ³	Приток		Вытяжка	
					k, ч ⁻¹	L, м ³ /ч	k, ч ⁻¹	L, м ³ /ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
101	Вестибюль	21	88,4	353,6	2	707	-	
104	Отдел кадров	21	19,3	77,2	1,5	116	-	116
105	Комната для собеседования	21	12,6	50,4	1,5	76	-	76
107a	Каб. начальников ПО	21	13,4	53,6	1,5	80	-	
107б		21	13,4	53,6	1,5	80	-	
108a	Гардероб м/ж с душевой	25	11,6	58,4	-		75 м ³ /ч на 1 душ.	75
108б		25		58,4	-		75 м ³ /ч на 1 душ.	75
110	Кабинет	21	18,8	75,2	1,5	113	-	
111	Каб. зав. складом	21	10,6	42,4	1,5	64	-	
112	Склад		131,5	526	-		0,5	263
113	Склад		75,8	303,2	-		0,5	152
114	Комната водителей	21	15,7	62,8	1,5	94	-	
115	Подсобное помещение		10	40	-	-	0,5	20
116	Отдел инж.-тех. снабжения	21	34,8	139,2	1,5	209	-	
117	Комната отдыха	21	26,5	106	2	212	3	318
120	Кладовая		4,2	16,8	-		0,5	8
121	МСУ	21	6,3	25,2	-		50 м ³ /ч на 1 унитаз; 25 м ³ /ч на писсуар	75
122	ЖСУ	21	6,4	25,6	-		50 м ³ /ч на 1 унитаз	100
123	туал. комната МГН	21	4,1	16,4	-		50 м ³ /ч на 1 унитаз	50

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
124	Тех. комната охраны	21	5,8	23,2	1,5	35	-	
201	Холл	21	166,9	667,6	2	1335	-	
203а	Кабинеты руководителей проектов	21	20,5	82	1,5	123	-	
203б		21	20,5	82	1,5	123	-	
203в		21	20,5	82	1,5	123	-	
203г		21	20,5	82	1,5	123	-	
205	Каб. сист. Администратора	21	14,4	57,6	1,5	86	-	
206	Каб. для раб. с документацией	21	23,7	94,8	1,5	142	-	
207	Кладовая	21	17,2	68,8	1,5	103	-	
208	Комната отдыха	21	16	64	2	128	3	192
209	Кабинет директора ООО "ИПИК"	21	20,8	83,2	1,5	125	-	
210	Юр. отдел	21	20,8	83,2	1,5	125	-	
211	Каб. админ.	21	20,8	83,2	1,5	125	-	
212	Каб. директора	21	20,9	83,6	1,5	125	-	
213б	Кабинеты директоров	21	30,3	121,2	1,5	182	-	
213в		21	31,5	126	1,5	189	-	
214	Приёмная	21	25,9	103,6	1,5	155	-	
215	Комната переговоров	21	23	92	3	276	3	276
217	Подсобное помещение	21	4,9	19,6	-		1	20
218	Кладовая	21	4,5	18	-		0,5	9
220	ЖСУ с КЛГЖ	25	6,2	24,8	-	-	5 и 50 м3/ч на 1 унитаз	81
221	СУ с душевой	25	7,3	29,2	-	-	75 м3/ч на 1 душ., 50 м3/ч на 1 унитаз	125
						$\Sigma L_{п} =$ 5375	$\Sigma L_{в} =$ 2030	
						$\Delta L =$ 3345		

Для компенсации воздушного баланса излишки удаляются из кабинетов и холла 2-го этажа.

Для помещений 106, 109, 204, 213А воздухообмен определяется расчетом, Id – диаграммы для теплого и холодного периода приведены в приложении И.

Необходимый воздухообмен для разбавления избытков явной теплоты:

$$L_{я} = \frac{3,6 \cdot Q_{я}}{c \cdot (t_{y} - t_{n})}, \quad (5.2)$$

где c – объемная теплоемкость воздуха, равная $1,2 \text{ кДж/м}^3\text{°C}$;

Расчет сведен в таблицу 11.

Таблица 11 – Воздухообмен помещений 106, 109,204, 213А

№ пом.	Период года	grad t , °C/м	Темп. внутр. воздуха, °C	Темп. удал. воздуха, °C	Раб. разность темп., Δt_p	Темп. прит. воздуха, °C	Явное тепло с учетом отопл., Вт	Расход воздуха $\text{м}^3/\text{ч}$
106	ХП	0,3	21	21,6	3	18	2037	1698
каб.	ТП	0,5	23	24	3	20	1986	1490
109	ХП	1	19	21	3	18	1392	1392
тр.зал	ТП	0,4	23	23,8	3	20	1652	1304
204	ХП	0,2	21	21,4	3	18	3983	3514
каб.	ТП	1,5	23	26	3	20	7312	3656
213А	ХП	0,1	21	21,2	3	18	2013,2	1887
каб.	ТП	0,3	23	23,6	3	20	1009	841

Нормируемый удельный расход приточного воздуха [25]:

$$L_{н} = N \cdot m, \quad (5.3)$$

где N – количество людей в помещении, чел;

m - нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., $\text{м}^3/\text{ч}$, $m = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$ [25]

$$\text{№106} : L_{н} = 10 \cdot 60 = 600 \text{ м}^3/\text{ч} < L_{я} = 1698 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{№ 109} : L_{н} = 5 \cdot 80 = 400 \text{ м}^3/\text{ч} < L_{я} = 1392 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{№204} : L_{н} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ м}^3/\text{ч} < L_{я} = 3656 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{№213А} : L_{н} = 1 \cdot 60 = 60 \text{ м}^3/\text{ч} < L_{я} = 989 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Из полученных расходов, выбираем наибольший для каждого помещения и принимаем его за расчетный.

5.3 Аэродинамический расчет систем вентиляции

Расчет производится согласно методике [28] по методу удельных потерь давления. Невязка потерь давления на ответвлениях определяется по формуле:

$$\frac{\Delta p_m - \Delta p_{om}}{\Delta p_{om}} \cdot 100\% \leq 10 - 15\%, \quad (5.4)$$

Аэродинамический расчет обще обменной механической приточно-вытяжной вентиляции представлен в таблице 12. Расчет вытяжной механической вентиляции В4 приведен в таблице 13. Аксонометрические схемы приведены в приложениях К, Л, М.

Увязка ответвлений регуляторами расхода фирмы Systemair [29] приведена в таблице аэродинамического расчета.

Выбор и расчет воздухораспределительных устройств

Расчет воздухораспределительных устройств определяется для холодного периода года.

Для данного здания в качестве воздухораспределительных устройств выбраны потолочные диффузоры АПН прямоугольного сечения, образующие веерные и конические струи [26]. Предназначены для подачи воздуха в жилых, административных помещениях с повышенными требованиями к интерьеру вентиляционных систем.

Выбор и расчет воздухораспределительных устройств для помещения №106 производится по методике [26]:

1. Определяются количество, тип, высоту установки устройств.
2. Определяется количество, подаваемого воздуха через один ВР по формуле:

$$L_0 = \frac{L}{Z}, \quad \frac{m^3}{ч} \quad (5.5)$$

где L - количество приточного воздуха, $\frac{m^3}{ч}$

Z - количество воздухораспределительных устройств.

$$L_0 = \frac{1698}{3} = 566 \frac{m^3}{ч}$$

3. Уточняется тип ВР и определяются коэффициенты m, n, ξ и площадь живого сечения воздухораспределителя F_0 , м² [26, таблица 4.1].

Тип воздухораспределителя: 4АПР ; $F_0 = 0,346 \text{ м}^2$; $m = 2,2$; $n = 1,6$; $\xi = 1,3$

4. Определяется скорость воздуха на выходе из ВР по формуле:

$$g_0 = \frac{L_0}{3600 \cdot F_0}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (5.6)$$

$$g_0 = \frac{566}{3600 \cdot 0,346} = 0,45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

5. Рассчитывается скорость воздуха в рабочей зоне по формуле:

$$g_x = \frac{m \cdot g_0 \cdot \sqrt{F_0}}{X} \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_H, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (5.7)$$

где X - дальность струи, м ;

m - скоростной коэффициент;

K_H - коэффициент неизотермичности. Рассчитывается в зависимости от геометрической характеристики струи H .

Для компактных и веерных струй H определяется по формуле:

$$H = 5,45 \cdot \frac{m \cdot g_0 \cdot \sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_0}}, \quad (5.8)$$

где Δt_0 - разница температур между температурой на выходе из ВР и температурой внутреннего воздуха, °С

$$\Delta t_0 = t_n - t_B \quad (5.9)$$

При соблюдении условия $100 > \frac{H}{\sqrt{F_0}} > 14,7$ K_H будет рассчитываться по формуле:

$$k = \sqrt[3]{1 \pm \left(\frac{x}{H}\right)^2}, \quad (5.10)$$

Если условие не выполняется, то K_H определяется по номограмме [27, рис 3.3]

K_B - коэффициент взаимодействия, принимается по справочнику [27].

K_c - коэффициент стеснения, коэффициент принимается по справочнику [27].

Для веерной струи зависит от отношения:

$$\frac{Hn - hp.3}{\sqrt{F_n}}, \quad (5.11)$$

F_n - площадь поверхности, перпендикулярная струе, м²

$$g_x = \frac{2,2 \cdot 0,45 \cdot \sqrt{0,346}}{2,5} \cdot 0,75 \cdot 1,1 = 0,17 \frac{м}{с}$$

$$X = 2,5 м; H = 5,45 \cdot \frac{2,2 \cdot 0,45 \cdot \sqrt[4]{0,346}}{\sqrt{1,6 \cdot 3}} = 1,88$$

$$\Delta t_0 = t_n - t_B = 18 - 21 = 3 \text{ } ^\circ C$$

Коэффициент K_H находится: если $\frac{H}{\sqrt{F_0}} = \frac{1,88}{\sqrt{0,346}} = 3,1 < 14,7$, то коэффициент

определяется по номограмме [27, рис 3.3], $k_H = 1$;

Коэффициент K_B : $\frac{x}{l} = \frac{2,5}{1,8} = 1,4$, количество струй равно 3 – по справочнику

[27, табл.3.7], $K_B = 1$;

K_C при, $\frac{4 - 1,5}{\sqrt{17,8}} = 0,6$, определяется, по справочнику [27, табл 3.6]: $K_C = 0,75$;

6. Согласно требованиям СП [25] при выполнении расчетов должно выполняться условие :

$$g_x \leq K \cdot g_B, \quad (5.12) \text{ где } g_B = 0,2 \text{ – скорость воздуха в}$$

помещении, $\frac{м}{с}$

K - коэффициент отклонения скорости от нормируемой; определяется по СП [25] $K = 1,2$.

$0,17 \leq 1,2 \cdot 0,2$; $0,17 < 0,24$ - условие выполняется;

7. Максимальная разность температур для веерных и конических струй находится по формуле:

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{F_0}}{X} \cdot \frac{K_B}{K_C \cdot K_H}, \quad ^\circ C \quad (5.13)$$

$$\Delta t_x = \frac{1,6 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,346}}{2,5} \cdot \frac{1}{0,75 \cdot 1} = 1,5 \text{ } ^\circ C$$

8. Определяется максимальную разность температур, и сравниваем с нормируемой величиной: $\Delta t_x \leq \Delta t_H$;

где Δt_H - нормируемая температура воздуха; определяется по прил. В СП [25]:

1,5 < 2,0 – условие выполняется.

Для остальных помещений расчет ведется аналогично, результаты сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Подбор воздухораспределительных устройств

№ пом.	Тип/размер ВР	Кол-во, шт	№ пом.	Тип/размер ВР	Кол-во, шт
101	4АПН 450х450	2	201	4АПН 525х525	8
104	4АПН 450х450	2	203а- 203г	4АПН 450х450	4
105	4АПН 375х375	2	204	4АПН 600х600	3
106	4АПН 750х750	5	205	4АПН 450х450	2
107а	4АПН 375х375	2	206	4АПН 450х450	2
107б	4АПН 375х375	2	207	4АПН 450х450	2
108	ДПУ-М 100	2	208	4АПН 450х450	2
109	4АПН 825х825	3	209	4АПН 450х450	2
110	4АПН 450х450	2	210	4АПН 450х450	2
111	4АПН 375х375	2	211	4АПН 450х450	2
112	ДПУ-М 100	2	212	4АПН 450х450	2
113	ДПУ-М 100	1	213а	4АПН 675х675	4
114	4АПН 450х450	2	213б	4АПН 525х525	2
115	ДПУ-М 100	1	213в	4АПН 525х525	2
116	4АПН 450х450	2	214	4АПН 525х525	2
117	4АПН 450х450	4	215	4АПН 600х600	2
120	ДПУ-М 100	1	217	ДПУ-М 100	1
121	ДПУ-М 100	2	218	ДПУ-М 100	1
122	ДПУ-М 100	2	220	ДПУ-М 100	3
123	ДПУ-М 100	1	221	ДПУ-М 100	3
124	4АПН 300х300	2			

Таблица 12 – Аэродинамический расчет обще обменной приточно-вытяжной системы ПВ1

№ уч.	L, м³/ч	l, м	Воздуховоды				R, Па/м	R*I, Па	Σξ	Рд, Па	Z, Па	R*I+Z, Па	Σ(R*I+Z), Па	Прим.	
			d, мм	d _{экв} , мм	f, м²	V, м/с									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			a	b											
Приток, ветвь «б», магистраль															
ВР	80		375	375		0,045	0,49			1,3	0,15	0,19	0,19		
1	80	5,80	80	80	0,005	4,42	3,86	22,39	2,12	11,98	25,40	47,79	48,0	5 отв. 90°, тр. на проход	
2	160	0,82	100	100	0,008	5,66	4,57	3,75	0,3	19,63	5,89	9,64	57,6	тр. на проход.	
3	273	5,4	125	125	0,012	6,18	2,29	12,37	1,3	23,41	30,44	42,80	100,4	2 отв. 90°, тр. на проход	
4	1663	5,7	280	280	0,062	7,51	2,12	12,08	0,23	34,51	7,94	20,02	120,4	тр. на проход	
5	2692	0,4	355	355	0,099	7,56	1,83	0,73	0,3	34,99	10,50	11,23	131,7	тр. на проход	
6	4390	2,1	450	450	0,159	7,67	1,26	2,65	0,2	36,04	7,21	9,85	141,5	тр. на проход	
7	4454	2,7	450	450	0,159	7,78	1,32	3,56	2,25	37,10	83,48	87,05	228,6	тр. на отвл.	
Невязка: ((250,0-228,6)/252,7)*100%=7%															
ВР	113		450	450		0,083	0,38			1,3	0,09	0,11	0,11		
8	113	5,80	100	100	0,008	4,00	6,58	38,16	1,05	9,79	10,28	48,45	48,6	1 отв. 90°, тр. на отв.	
Невязка: ((57,6-48,6)/57,6)*100%=15%															
ВР	64		375	375		0,045	0,40			1,3	0,10	0,12	0,12		
9	64	8,70	80	80	0,005	3,54	3,86	33,58	1,1	7,67	8,44	42,02	42,1	2 отв. 90°, тр. на проход	
Невязка: ((178-42,1)/178)*100%=76%, устанавливается регулятор расхода SPI															
ВР	80		375	375		0,045	0,49			1,3	0,15	0,19	0,19		
11	80	5,80	80	80	0,005	4,42	3,86	22,39	1,1	11,98	13,18	35,57	35,8	2 отв. 90°, тр. на проход	
Невязка: ((48-35,8)/48)*100%=28%, устанавливается регулятор расхода SPI															
ВР	695		825	825		0,44	0,44			1,3	0,12	0,15	0,15		
12	695	2,9	200	200	0,031	6,15	1,14	3,31	0,75	23,15	17,36	20,67	20,8	1 отв. 90°, тр. на проход	

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
13	1390	3,3	250	250	0,049	7,87	2,61	8,61	1,15	37,93	43,62	52,24	73,1	1 отв.90,тр.на отвл.	
Невязка: $((100,4-73,1)/100)*100\%=32\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	695		825	825		0,44	0,44			1,3	0,12	0,15	0,15		
14	695	5,80	250	250	0,049	3,93	0,63	3,65	1,85	9,48	17,54	21,20	21,4	1 отв. 90°, тр. на отвл.	
Невязка: $((20,8-21,4)/20,8)*100\%=3\%$															
BP	94		450	450		0,083	0,31			1,3	0,06	0,08	0,08		
15	94	8,5	100	100	0,008	3,33	1,2	10,20	2,9	6,78	19,65	29,85	29,9	2 отв 90, тр. на проход	
16	448	2,6	180	180	0,025	4,89	1,52	3,95	0,7	14,66	10,26	14,22	44,1	отв.90, тр. на прох.	
17	837	3,2	250	250	0,049	4,74	1,14	3,65	0,15	13,75	2,06	5,71	49,9	тр. на проход	
18	953	4,4	250	250	0,049	5,40	1,37	6,03	0,15	17,83	2,67	8,70	58,6	тр. на прох.	
19	1029	2,6	250	250	0,049	5,83	1,54	4,00	1,75	20,79	36,38	40,38	98,9	отв.90,тр.на отвл.	
Невязка: $((113-98,9)/113)*100\%=13\%$															
BP	354		600	600		0,192	0,51			1,3	0,16	0,21	0,21		
20	354	1,35	160	160	0,020	4,89	1,9	2,57	0,65	14,67	9,53	12,10	12,3	1 отв. 90°, тр. на прох.	
Невязка: $((29,9-12,3)/29,9)*100\%=29\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	354		600	600		0,192	0,51			1,3	0,16	0,21	0,21		
21	354	1,30	160	160	0,020	4,89	1,9	2,47	0,3	14,67	4,40	6,87	7,1	тр. на прох.	
22	389	1,65	160	160	0,020	5,38	2,12	3,50	0,58	17,71	10,27	13,77	20,8	тр. на ответвление	
Невязка: $((44,1-20,8)/44,1)*100\%=53\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	35		300	300		0,019	0,51			1,3	0,16	0,21	0,21		
23	35	4,02	80	80	0,005	1,94	0,91	3,66	0,65	2,29	1,49	5,15	5,4	1 отв. 90°, тр. на прох.	
Невязка: $((7,1-5,4)/7,1)*100\%=20\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	116		450	450		0,083	0,39			1,3	0,09	0,12	0,12		
24	116	4,70	100	100	0,008	4,10	2,53	11,89	4,6	10,32	47,47	59,36	59,5	тр. на ответвление	
Невязка: $((52,9-59,5)/52,9)*100\%=-12\%$															
BP	76		375	375		0,045	0,47			1,3	0,13	0,18	0,18		
25	76	5,20	80	80	0,005	4,20	0,82	4,26	5	10,82	54,08	58,34	58,5	1 отв. 90°, тр. на отвл.	
Невязка: $((66,8-58,5)/66,8)*100\%=12\%$															

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BP	566		750	750		0,346	0,45			1,3	0,13	0,16	0,16		
26	566	4,70	225		225	0,040	3,96	0,84	3,95	0,7	9,59	6,71	10,66	10,8	отв.90, тр. на прох.
27	1132	3,6	225		225	0,040	7,91	3,01	10,84	0,3	38,35	11,50	22,34	33,2	тр. на прох.
28	1698	2,9	250		250	0,049	9,61	4,01	11,63	1,25	56,61	70,76	82,39	115,6	отв 90, тр. на отвл.
Невязка: $((151,1-115,6)/151,1)*100\%=23\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	566		750	750		0,346	0,45			1,3	0,13	0,16	0,16		
10	566	1,2	225		225	0,040	3,96	0,84	1,01	0,95	9,59	9,11	10,12	10,3	тр. на отв.
Невязка: $((10,8-10,3)/10,8)*100\%=1\%$															
BP	566		750	750		0,346	0,45			1,3	0,13	0,16	0,16		
29	566	1,20	225		225	0,040	3,96	0,84	1,01	2,65	9,59	25,40	26,41	26,6	тр. на ответвление
Невязка: $((33,2-26,6)/33,2)*100\%=17\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
№ уч.	L, м³/ч	l, м	Воздуховоды				R, Па/м	R*I, Па	Σξ	Рд, Па	Z, Па	R*I+Z, Па	Σ(R*I+Z), Па	прим. П1а	
			d, мм	dэкв, мм	f, м²	V, м/с									
			a	b											
Приток, ветвь «а», магистраль															
BP	1219		1050	1050		0,789	0,43			1,3	0,11	0,15	0,15		
1	1219	5,10	280		280	0,062	5,50	1,2	6,12	1,1	18,54	20,40	26,52	26,7	2 отв. 90°, тр. на проход
2	2438	2,5	355		355	0,099	6,85	1,35	3,38	0,55	28,70	15,79	19,16	45,8	отв. 90°, тр. на проход
3	3657	1,9	400		400	0,126	8,09	1,64	3,12	0,2	40,07	8,01	11,13	57,0	тр. на проход
4	3743	1,9	400		400	0,126	8,28	1,69	3,21	0,2	41,97	8,39	11,61	68,6	тр. на проход
5	3866	3,6	400		400	0,126	8,55	1,81	6,52	0,2	44,78	8,96	15,47	84,0	тр. на проход
6	3989	3,2	400		400	0,126	8,82	1,85	5,92	0,15	47,67	7,15	13,07	97,1	тр. на проход
7	4235	1,7	400		400	0,126	9,37	2,04	3,47	0,52	53,73	27,94	31,41	128,5	отв.90, тр. на проход
8	5571	0,4	400		400	0,126	12,32	3,48	1,39	0,2	92,98	18,60	19,99	148,5	тр. на проход

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9	5674	0,76	400		400	0,126	12,55	3,56	2,71	1	96,45	96,45	99,16	247,7	2 отв.90, тр. на прох.
10	10128	0,7	800	400	533	0,223	12,62	3,38	2,37		97,48	0,00	2,37	250,0	
														287,5	с учетом 15 %
BP	334		600	600		0,192	0,48			1,3	0,14	0,19	0,19		
11	334	4,60	160		160	0,020	4,62	1,72	7,91	0,75	13,05	9,79	17,70	17,9	1 отв. 90°, тр. на проход
12	668	3,2	200		200	0,031	5,91	1,85	5,92	0,3	21,39	6,42	12,34	30,23	тр. на проход
13	1336	10	300	150	200	0,031	11,82	7,4	74,00	0,38	85,56	32,51	106,51	136,74	тр. на проход
Невязка: $((133,5-136,74)/133,5)*100\%=-2\%$															
BP	334		600	600		0,192	0,48			1,3	0,14	0,19	0,19		
14	334	1,05	180		180	0,025	3,65	1,72	1,81	1,5	8,15	12,23	14,03	14,2	тр. на ответвление
Невязка: $((17,9-14,2)/17,9)*100\%=21\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	334		600	600		0,192	0,48			1,3	0,14	0,19	0,19		
15	334	4,60	180		180	0,025	3,65	0,92	4,23	0,75	8,15	6,11	10,34	10,5	1 отв. 90°, тр. на проход
16	668	0,5	225		225	0,040	4,67	1,17	0,59	1,5	13,35	20,03	20,61	31,15	Тр на отвл.
Невязка: $((30,23-31,15)/30,23)*100\%=3\%$															
BP	334		600	600		0,192	0,48			1,3	0,14	0,19	0,19		
17	334	1,05	180		180	0,025	3,65	0,92	0,97	1,35	8,15	11,00	11,97	12,2	тр. на ответвление
Невязка: $((10,5-12,2)/10,5)*100\%=-15\%$															
BP	103			450		0,083	0,34			1,3	0,07	0,09	0,09		
18	103	8,75	80		80	0,005	5,69	5,55	48,56	3,4	19,86	67,54	116,10	116,2	тр. на ответвление
Невязка: $((153,5-116,22)/153,5)*100\%=36\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	762		825	825		0,44	0,48			1,3	0,14	0,18	0,18		
19	762	5,45	250		250	0,049	4,31	0,83	4,52	3,33	11,40	37,96	42,49	42,7	тр. на ответвление
Невязка: $((45,8-42,7)/45,8)*100\%=8\%$															
BP	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		
20	123	5,45	100		100	0,008	4,35	2,91	15,86	3,4	11,60	39,45	55,31	55,4	тр. на ответвление
Невязка: $((68,6-55,4)/68,6)*100\%=19\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
21	123	5,45	100		100	0,008	4,35	2,91	15,86	3,4	11,60	39,45	55,31	55,4	тр. на ответвление
Невязка: $((84-55,4)/84)*100\%=34\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		
22	123	8,92	100		100	0,008	4,35	2,91	25,96	0,75	11,60	8,70	34,66	34,8	1 отв. 90°, тр. на проход
23	246	0,5	110		110	0,009	7,19	5,87	2,94	1,5	31,70	47,55	50,49	85,3	тр. на отвл.
Невязка: $((97,1-85,3)/97,1)*100\%=12\%$															
BP	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		
24	123	1,05	100		100	0,008	4,35	2,91	3,06	1,85	11,60	21,47	24,52	24,7	отв.90,тр.на ответвление
Невязка: $((34,8-24,7)/34,8)*100\%=29\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	86		450	450		0,083	0,29			1,3	0,05	0,07	0,07		
25	86	6,50	80		80	0,005	4,75	4,49	29,19	2,1	13,85	29,08	58,27	58,3	тр. на ответвление
Невязка: $((57-58,3)/57)*100\%=-2\%$															
BP	1219		1050	1050		0,789	0,43			1,3	0,11	0,15	0,15		
26	1219	1,30	315		315	0,078	4,35	1,2	1,56	2,45	11,58	28,36	29,92	30,1	отв.90,тр.на ответвление
Невязка: $((26,7-30,1)/26,7)*100\%=-13\%$															
Вытяжка, ветвь «в», магистраль															
BP	1219		1050	1050		0,789	0,43			1,3	0,11	0,15	0,15		
1	1219	3,40	280		280	0,062	5,50	1,2	4,08	1,1	18,54	20,40	24,48	24,6	отв. 90°, тр. на проход
2	2438	1,30	315		315	0,078	8,69	2,41	3,13	0,35	46,30	16,21	19,34	43,8	тр. на проход
3	3657	2,7	400		400	0,126	8,09	1,63	4,40	0,1	40,07	4,01	8,41	52,2	тр. на проход
4	3743	1,1	400		400	0,126	8,28	1,71	1,88	0,1	41,97	4,20	6,08	58,3	тр. на проход
5	3866	3,6	400		400	0,126	8,55	1,79	6,44	0,1	44,78	4,48	10,92	69,2	тр. на проход
6	3989	2,7	500	200	400	0,126	8,82	1,9	5,13	0,1	47,67	4,77	9,90	79,1	тр. на проход
7	4112	2	500	200	400	0,126	9,09	2,03	4,06	0,66	50,66	33,43	37,49	116,6	отв.90, тр. на прох.
8	4235	0,32	500	200	400	0,126	9,37	2,09	0,67	0,45	53,73	24,18	24,85	141,5	тр. на проход
9	5351	1,24	500	400	444	0,155	9,60	1,82	2,257	0,48	56,51	27,12	29,38	170,8	тр. на проход
10	5493	0,5	500	400	444	0,155	9,86	1,91	0,955	0,1	59,55	5,95	6,91	177,7	тр. на проход
11	5596	2,35	500	400	444	0,155	10,04	1,97	4,63	1,33	61,80	82,19	86,82	264,6	2 отв. 90°, тр. на прох

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	7804	0,5	500	400	444	0,155	14,01	2,01	1,005		120,19	0,00	1,01	265,6	
														305,4	запас 15%
ВР	762		825	825		0,44	0,48			1,3	0,14	0,18	0,18		
13	762	1,20	250	250	0,049	4,31	0,81	0,97	2,02	11,40	23,03	24,00	24,2		2 отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((24,5-24,2)/24,5)*100\%=0,1\%$															
ВР	762		825	825		0,44	0,48			1,3	0,14	0,18	0,18		
14	762	2,05	250	250	0,049	4,31	0,81	1,66	-0,6	11,40	-7,07	-5,41	-5,2		2 отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((43,8+5,2)/43,8)*100\%=112\%$															
ВР	86		450	450		0,083	0,29			1,3	0,05	0,07	0,07		
15	86	4,05	80	80	0,005	4,75	4,3	17,42	1,53	13,85	21,19	38,60	38,7		2 отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((52,2-38,7)/52,2)*100\%=40\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
ВР	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		
16	123	2,05	100	100	0,008	4,35	2,9	5,95	-3,2	11,60	-37,13	-31,18	-31,0		2 отв.90, тр. на отвл.
Невязка: $((58,3+31,0)/58,3)*100\%=139\%$															
ВР	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		
17	123	2,05	100	100	0,008	4,35	2,9	5,95	-3,2	11,60	-37,13	-31,18	-31,0		2 отв.90, тр. на отвл.
Невязка: $((69,22+31,0)/69,22)*100\%=134\%$															
ВР	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		
18	123	3,05	100	100	0,008	4,35	2,9	8,85	-2,9	11,60	-33,07	-24,22	-24,1		3 отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((79,12+24,1)/79,12)*100\%=121\%$															
ВР	123		450	450		0,083	0,41			1,3	0,10	0,13	0,13		
19	123	4,35	100	100	0,008	4,35	2,9	12,62	-3,2	11,60	-37,13	-24,51	-24,4		2 отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((116,6+24,4)/1616,6)*100\%=113\%$															
ВР	86		450	450		0,083	0,29			1,3	0,05	0,07	0,07		
27	86	4,05	80	80	0,005	4,75	4,26	17,25	-16	13,85	-216,5	-199,3	-199,3		2отв.,тр.на отв. ,кол. (0,16)
Невязка: $((170,8+199,3)/170,8)*100\%=142\%$															
ВР	279		600	600		0,192	0,40			1,3	0,10	0,13	0,13		
20	279	6,50	140	140	0,015	5,04	2,31	15,02	0,95	15,54	14,76	29,78	29,9		отв. 90°, тр. на проход

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
21	558	4,8	180		180	0,025	6,09	2,38	11,42	0,75	22,75	17,06	28,48	58,39	тр. на проход
22	1116	7,5	300	150	200	0,031	9,87	5,27	39,53	-0,2	59,70	-11,94	27,59	85,98	тр. на отвл.
Невязка: $((228,7-85,98)/228,7)*100\%=62\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	279		600	600		0,192	0,40			1,3	0,10	0,13	0,13		
23	279	2,20	140		140	0,015	5,04	2,31	5,08	0,65	15,54	10,10	15,18	15,3	отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((29,8-15,3)/29,8)*100\%=49\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	279		600	600		0,192	0,40			1,3	0,10	0,13	0,13		
24	279	6,5	140		140	0,015	5,04	2,31	15,02	0,75	15,54	11,66	26,67	26,80	тр. на проход
25	558	0,6	180		180	0,025	6,09	2,36	1,42	1,32	22,75	30,03	31,44	58,24	тр. на отвл.
Невязка: $((58,24-58,11)/58,26)*100\%=0,1\%$															
BP	279		600	600		0,192	0,40			1,3	0,10	0,13	0,13		
26	279	2,20	140		140	0,015	5,04	2,31	5,08	0,65	15,54	10,10	15,18	15,3	отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((26,67-15,3)/29,8)*100\%=43\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	80		450	450		0,083	0,27			1,3	0,04	0,06	0,06		
28	80	2,4	80		80	0,005	4,42	3,86	9,26	1,45	11,98	17,38	26,64	26,70	2 отв.90, тр. на проход
29	103	3,5	80		80	0,005	5,69	5,51	19,29	2,02	19,86	40,13	59,41	86,11	2 отв.90,тр.на отвл.
Невязка: $((177,7-86,1)/177,7)*100\%=52\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	23		225	225		0,004	0,16			1,3	0,02	0,02	2,03		
30	23	2,20	80		80	0,005	1,27	0,39	0,85	1	0,99	0,99	1,84	3,9	2 отв.90, тр. на отв.
Невязка: $((26,64-3,9)/26,64)*100\%=79\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
Вытяжка, ветвь «Г», магистраль															
BP	80		450	450		0,083	0,27			1,3	0,04	0,06	0,06		
1	80	4,10	80		80	0,005	4,42	3,86	15,83	1,35	11,98	16,18	32,00	32,1	2 отв. 90°, тр. на проход
2	160	6,8	110		110	0,009	4,68	2,63	17,88	1,9	13,41	25,48	43,36	75,4	2 отв. 90°, тр. на проход
3	1009	2,1	250		250	0,049	5,71	1,48	3,11	1,1	19,99	21,99	25,10	100,5	тр. на проход
4	1858	4	400	200	267	0,056	9,25	4,1	16,40	0,75	52,36	39,27	55,67	156,2	тр. на проход
5	2144	1,5	400	200	267	0,056	10,67	5,72	8,58	0,55	69,72	38,34	46,92	203,1	отв.90, тр. на прох.
6	2208	2,6	400	200	267	0,056	10,99	5,91	15,37	0,15	73,94	11,09	66,46	269,6	отв.90, тр. на отвл.

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Невязка: $((265,6-269,5)/265,5)*100\%=1\%$															
BP	94		450	450		0,083	0,31			1,3	0,06	0,08	0,08		
7	94	10,8	80	80	0,005	5,20	4,75	51,30	1,4	16,54	23,16	74,46	74,5	2 отв. 90°, тр. на проход	
8	210	2,3	100	110	0,009	6,14	7,14	16,42	0,43	23,10	9,93	26,36	100,9	тр. на проход	
9	286	3,7	110	125	0,012	6,48	7,85	29,05	-0,3	25,70	-6,42	22,62	123,5	тр. на отв.	
Невязка: $((156,1-123,5)/119,3)*100\%=20\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	80		450	450		0,083	0,27			1,3	0,04	0,06	0,06		
10	80	2,7	80	80	0,005	4,42	3,86	10,42	0,7	11,98	8,39	18,81	18,9	отв.90, тр. на отв.	
Невязка: $((32-18,9)/32,22)*100\%=35\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	849		900	900		0,545	0,43			1,3	0,11	0,15	0,15		
11	849	2,6	280	280	0,062	3,83	0,65	1,69	0,55	8,99	4,95	6,64	6,8	тр. на отв.	
Невязка: $((75,37-6,8)/75,37)*100\%=89\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	849		900	900		0,545	0,43			1,3	0,11	0,15	0,15		
12	849	4,1	280	280	0,062	3,83	0,65	2,67	0,7	8,99	6,30	8,96	9,0	отв.90, тр. на отв.	
Невязка: $((100,5-9)/100,5)*100\%=87\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	76		450	450		0,083	0,25			1,3	0,04	0,05	0,05		
13	76	3,5	80	80	0,005	4,20	7,85	27,48	1	10,82	10,82	38,29	38,3	2 отв.90,тр.на отв.	
Невязка: $((100,82-38,29)/100,82)*100\%=65\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	116		450	450		0,083	0,39			1,3	0,09	0,12	0,12		
14	116	3,02	100	100	0,008	4,10	2,59	7,82	0,85	10,32	8,77	16,59	16,7	отв.90,тр.на отв.	
Невязка: $((74,5-16,7)/74,5)*100\%=78\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															
BP	64		375	375		0,045	0,40			1,3	0,10	0,12	0,12		
15	64	3,7	80	80	0,005	3,54	2,4	8,88	0,71	7,67	5,45	14,33	14,4	2 отв.90, тр. на отв.	
Невязка: $((147,7-14,4)/147,7)*100\%=90\%$, устанавливается регулятор расхода SPI															

Таблица 13 – Аэродинамический расчет механической вытяжной системы В4

№ уч.	L, м³/ч	l, м	Воздуховоды			R, Па/м	R*l, Па	Σξ	Rд, Па	Z, Па	R*l+Z, Па	Σ(R*l+Z), Па	Примечания
			d, мм	f, м²	V, м/с								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
магистраль													
ВР	30				0,019	0,44			1,3	0,12	0,15		
1	30	1,10	80	0,005	1,66	0,632	0,70	1,1	1,69	1,85	2,55	2,7	отв. 90°, тр. на проход
2	60	0,4	80	0,005	3,32	2,2	0,88	0,2	6,74	1,35	2,23	4,9	тр. на проход
3	75	0,5	80	0,005	4,15	3,54	1,77	0,2	10,53	2,11	3,88	8,8	тр. на проход
4	90	0,2	80	0,005	4,98	4,64	0,93	0,35	15,17	5,31	6,24	15,0	тр. на проход
5	135	1,2	80	0,005	7,46	9,44	11,33	0,35	34,12	11,94	23,27	38,3	тр. на прох.
6	175	1,05	100	0,008	6,19	4,98	5,23	0,6	23,49	14,09	19,32	57,6	отв.90, тр. на прох.
7	183	4,75	100	0,008	6,48	5,45	25,89	1,25	25,68	32,11	57,99	115,6	2 отв.90, тр. на прох.
8	308	1,75	100	0,008	10,90	14,01	24,52	0,1	72,76	7,28	31,79	147,4	тр. на прох.
9	328	3,05	100	0,008	11,61	16,1	49,11	0,35	82,51	28,88	117,98	265,4	отв.90
												305,22	с учетом 15%
ВР	30				0,019	0,44			1,3	0,12	0,15		
10	30	0,20	80	0,005	1,66	0,632	0,13	0,05	1,69	0,08	0,21	0,4	тр. на отвл.
Невязка: $((2,7-0,4)/2,7)*100\%=72\%$, устанавливается регулятор расхода STI													
ВР	15				0,004	1,04			1,3	0,66	0,86		
11	15	2,45	80	0,005	0,83	0,42	1,03	-3,75	0,42	-1,58	-0,55	0,3	отв.90, тр. на отвл.
Невязка: $((4,9+0,3)/4,9)*100\%=101\%$, устанавливается регулятор расхода STI													
ВР	15				0,004	1,04			1,3	0,66	0,86		
12	15	2,45	80	0,005	0,83	0,42	1,03	-4,85	0,42	-2,04	-1,01	-0,2	отв.90, тр. на отвл.
Невязка: $((8,8+0,2)/8,8)*100\%=102\%$, устанавливается регулятор расхода STI													

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
BP	45				0,019	0,66			1,3	0,27	0,34		
13	45	0,20	80	0,005	2,49	0,89	0,18	-5,2	3,79	-19,72	-19,54	-19,2	тр. на отвл.
Невязка: $((15+19,2)/15)*100%=106%$, устанавливается регулятор расхода STI													
BP	40				0,019	0,58			1,3	0,21	0,27		
14	40	0,20	80	0,005	2,21	0,74	0,15	-5,1	3,00	-15,28	-15,13	-14,9	тр. на отвл.
Невязка: $((38,3+14,9)/38,3)*100%=108%$, устанавливается регулятор расхода STI													
BP	8				0,004	0,56			1,3	0,19	0,25		
15	8	9,40	80	0,005	0,44	0,056	0,52	-4,35	0,12	-0,52	0,00	0,2	3 отв.90, тр. на отвл.
Невязка: $((57,6-0,2)/57,6)*100%=99%$, устанавливается регулятор расхода STI													
BP	50				0,019	0,73			1,3	0,33	0,43		
16	50	2,10	80	0,005	2,76	1,8	3,78	1,45	4,68	6,79	10,57	11,0	2 отв. 90°, тр. на прох.
17	100	0,4	80	0,005	5,53	5,49	2,20	0,2	18,72	3,74	5,94	16,9	тр. на проход
18	125	2,6	80	0,005	6,91	8,37	21,76	0,2	29,26	5,85	27,61	44,5	тр. на проход
Невязка: $((115,6-44,5)/115,6)*100%=72%$, устанавливается регулятор расхода STI													
BP	50				0,019	0,73			1,3	0,33	0,43		
19	50	0,6	80	0,005	2,76	1,8	1,08	0,6	4,68	2,81	3,89	4,3	отв.90,тр.на проход
Невязка: $((11-4,3)/11)*100%=74%$, устанавливается регулятор расхода STI													
BP	25				0,019	0,37			1,3	0,08	0,11		
20	25	1,8	80	0,005	1,38	0,5	0,90	0,55	1,17	0,64	1,54	1,7	отв.90,тр.на проход
Невязка: $((16,9-1,7)/16,9)*100%=83%$, устанавливается регулятор расхода STI													
BP	20				0,004	1,39			1,3	1,18	1,54		
21	20	3,7	80	0,005	1,11	0,31	1,15	0,9	0,75	0,67	1,82	3,4	2 отв.90,тр.на проход
Невязка: $((44,5-3,4)/44,5)*100%=87%$, устанавливается регулятор расхода STI													

5.4 Подбор оборудования

1. Противоточный пластинчатый рекуператор

В целях энергосбережения, в приточно-вытяжной установке применяется противоточный пластинчатый рекуператор фирмы Eri Corporation. Бланк подбора приведен в приложении Н.

2. Расчет и подбор воздухонагревателей

Порядок подбора воздухонагревателей осуществляется по методике [30]
Подбор воздухонагревателя 1 ступени.

1. Определяется общий максимальный расход теплоты на вентиляцию:

$$Q_B = 0,278 \cdot L \cdot \rho \cdot c_B \cdot (t_K - t_H), \quad (5.14)$$

где $c_B = 1,005$ кДж/кг $^{\circ}$ С - удельная массовая теплоемкость воздуха;

L – расход воздуха, м 3 /ч; ρ - плотность воздуха, кг/м 3 ;

t_K, t_H – соответственно конечная и начальная температуры воздуха, $^{\circ}$ С.

$$Q_B = 0,278 * 1,2 * 10128 * 1,005 * (15-7) = 27165 \text{ Вт};$$

2. Определяется площадь живого сечения нагревателя по воздуху, м 2 :

$$f = \frac{G}{3600(v_p)}, \quad (5.15)$$

где v_p – массовая скорость воздуха в нагревателе, принимаемая равной 8 м/с.

$$f = \frac{12154}{3600 * 8} = 0.42 \text{ м}^2$$

По справочным данным [28, табл.11.1], подбирается калорифер кондиционера КТЦЗ-10;

$f_{ж} = 0,455$ м 2 - действительная величина живого сечения калорифера по воздуху;

$F_d = 18,4$ м 2 - действительная площадь поверхности нагрева.

5. Определяется действительную массовую скорость воздуха в живом сечении нагревателя :

$$v_p = \frac{G}{3600 * f_{ж} * m}, \quad (5.16)$$

где m – количество калориферов, установленных параллельно по воздуху.

$$v_p = \frac{12154}{3600 * 0,455} = 7,4 \text{ м/с}$$

6. Определяется способ присоединения калорифера по воде и определяем количество теплоносителя, м³/ч проходящей через калорифер:

$$W = \frac{0,86Q}{\rho(T_1 - T_2)}, \quad (5.17)$$

где ρ – плотность теплоносителя, кг/м³.

$$W = \frac{0,86 * 27165}{1016(45 - 35)} = 2,3 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

7. Определяется скорость воды в трубках калорифера, м/с:

$$w = \frac{W}{3600 * f_{mp}}, \quad (5.18)$$

$$w = \frac{2,3}{3600 * 0,000846} = 0,76 \text{ м/с};$$

8. По справочным данным [12, табл.4.17] определяется коэффициент теплопередачи калорифера Вт/м²°С: $k = 28(v\rho)^{0,448} w^{0,129}$;

$$k = 28(7,4)^{0,448} 0,76^{0,129} = 51 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

9. Требуемая площадь поверхности нагрева калориферной установки, м²:

$$F_{mp} = \frac{Q}{k \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \right)} \quad (5.19)$$

$$F_{mp} = \frac{27165}{51 \left(\frac{45 + 35}{2} - \frac{7 + 15}{2} \right)} = 14,9 \text{ м}^2;$$

10. Запас площади поверхности нагрева, %, должен составлять 10-20%

$$\frac{F_\delta - F_{mp}}{F_\delta} \cdot 100\% \quad (5.20)$$

$$\frac{18,4 - 14,9}{18,4} \cdot 100\% = 19\%,$$

11. Аэродинамическое сопротивление калориферной установки $P_{\text{кал}}$ [12, табл.4.17]: $P_{\text{кал}} = 4,16(v\rho)^{1,707}$; $P_{\text{кал}} = 4,16(7,4)^{1,707} = 124 \text{ Па}$.

Подбор воздухонагревателя 2 ступени:

1. Определяются общий максимальный расход теплоты на вентиляцию:

$$Q_B = 0,278 * 1,2 * 10128 * 1,005 * (18-4) = 47538 \text{ Вт};$$

2. Определяется площадь живого сечения нагревателя по воздуху, м²:

$$f = 12154 / (3600 * 8) = 0.42 \text{ м}^2$$

По справочным данным [28, табл.11.1], подбирается калорифер кондиционера КТЦЗ-10;

$f_{ж} = 0,455 \text{ м}^2$ - действительная величина живого сечения калорифера по воздуху;

$F_d = 18,4 \text{ м}^2$ - действительная площадь поверхности нагрева.

5. Определяется действительную массовую скорость воздуха в живом сечении калорифера : $v_p = 12154 / (3600 * 0.455) = 7,4 \text{ м/с}$;

6. Определяется способ присоединения калорифера по воде и определяем количество теплоносителя, м³/ч проходящей через калорифер:

$$W = (0.86 * 47538) / 1016 * (45-35) = 4.02 \text{ м}^3/\text{ч};$$

7. Определяется скорость воды в трубках калорифера, м/с:

$$w = \frac{4,02}{3600 * 0,000846} = 1,32 \text{ м/с};$$

8. По справочным данным [12, табл.4.17] определяется коэффициент теплопередачи калорифера Вт/м²·°С: $k = 28(7.4)^{0.448} 1,32^{0.129} = 85,38 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$

9. Определяется требуемую площадь поверхности нагрева калориферной

установки, м²: $F_{mp} = \frac{47538}{85,38 \left(\frac{45+35}{2} - \frac{18+4}{2} \right)} = 16,4 \text{ м}^2$;

10. Запас площади поверхности нагрева, %, должен составлять 10-20%

$$\frac{18,4 - 16,4}{18,4} \cdot 100\% = 11\%$$

11. Потери давления по воздуху: $P_{кал} = 4,16(7,4)^{1.707} = 124 \text{ Па}$

3. Расчет и подбор воздухоохладителя

Расчет производится согласно методике [30]

1. Расход холода на вентиляцию:

$$Q_B = 0,278 * 1,2 * 10128 * 1,005 * (23-19) = 13582 \text{ Вт};$$

2. Начальная температура холодной воды (р-р пропилен гликоля) на входе в воздухоохладитель равна 10 °С. Задается показатель отношения теплоемкостей потоков $W = 0,2$.

3. Расход холодной воды: $W = \frac{12154 \cdot 1,005}{0,2 \cdot 3,97} = 15384 \text{ кг/ч}$

4. По справочным данным [28, табл.11.1], подбирается теплообменник кондиционера КТЦЗ-10;

$f_{\text{ж}} = 0,455 \text{ м}^2$ - действительная величина живого сечения охладителя по воздуху;

$F_{\text{д}} = 18,4 \text{ м}^2$ - действительная площадь поверхности нагрева.

5. Действительная массовая скорость воздуха в живом сечении охладителя :

$$v_p = \frac{12154}{3600 \cdot 0,455} = 7,4 \text{ м/с}$$

7. Скорость воды в трубках охладителя, м/с: $w = \frac{15384}{3600 \cdot 1026 \cdot 0,000846} = 4,9 \text{ м/с}$

8. Коэффициент теплопередачи охладителя $\text{Вт/м}^2\text{°С}$, по справочным данным [12, табл.4.17] :

$$k = 28(7,4)^{0,448} 4,9^{0,129} = 89,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

9. Требуемая площадь поверхности охладительной установки, м^2 :

$$F_{\text{тп}} = \frac{N_t \cdot G \cdot c}{3,6 \cdot k}, \text{ м}^2 \quad (5.21)$$

где N_t показатель, принимается равным в пределах 1,6-1,8;

$$F_{\text{тп}} = \frac{1,6 \cdot 12154 \cdot 1,005}{3,6 \cdot 89,2} = 49,9 \text{ м}^2;$$

10. Необходимое число теплообменников $49,9/18,4 = 2,7$ шт. Округляется до 3.

Действительная поверхность воздухоохладителей равна: $F_{\text{тр}} = 18,4 \cdot 3 = 55,2 \text{ м}^2$;

11. Запас площади поверхности, % : $\frac{55,2 - 49,9}{55,2} \cdot 100\% = 10\%$

Пересчитывается скорость воды (р-ра) в трубках охладителя, м/с:

$$w = \frac{15384}{3600 \cdot 1026 \cdot 0,000846 \cdot 3} = 1,64 \text{ м/с}$$

12. Потери давления по воздуху: $P_{\text{кал}} = 4,16(7,4)^{1,707} \cdot 3 = 372 \text{ Па}$

4. Расчет камеры орошения

Расчет производится согласно методике [30]

Целью расчета оросительной камеры является выбор типа камеры и определение режимных параметров (расхода и давления воды перед форсунками, температуры воды на выходе из камеры).

Расчет камеры орошения для осуществления косвенного охлаждения в теплый период при адиабатическом увлажнении воздуха.

1. Коэффициент эффективности теплообмена:

$$E_a = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{m1}}, \quad (5.22)$$

$$E_a = \frac{25 - 19,5}{25 - 18,5} = 0,85;$$

где t_1 , t_2 – температура входа и выхода из камеры;

t_{m1} – температура мокрого термометра на Id диаграмме в приложении И;

2. Коэффициент орошения μ :

$$\mu = \left(\frac{\ln \frac{1}{1 - E_a} - 0,15}{A_1} \right)^{\frac{1}{\alpha_1}} \quad (5.23)$$

$$\mu = \left(\frac{\ln \frac{1}{1 - 0,85} - 0,15}{0,503} \right)^{\frac{1}{1,91}} = 1,84;$$

где A_1 , α_1 – коэффициенты, определяемые по [29]

3. Расход разбрызгиваемой воды, кг/ч:

$$G_w = \mu * G_{пр}, \quad (5.24)$$

$$G_w = 1,84 * 6815 = 12540 \text{ кг/ч};$$

4. Расход воды через форсунку (производительность форсунки), кг/ч:

$$g_\phi = \frac{G_w}{n_\phi}, \quad (5.25)$$

$$g_\phi = \frac{12540}{18} = 697 \text{ кг/ч};$$

где n_{ϕ} – общее число форсунок в ОКФ ($n = 18$). Принимается кондиционер марки КТЦ 3-10 исполнение 1. [29, табл. 15.12]

5. Необходимое давление воды перед форсункой типа ЭШФ 7/10, кПа :

$$\Delta P_{\phi} = \left(\frac{g_{\phi}}{93,4}\right)^{1/0,49} \quad (5.26)$$

$$\Delta P_{\phi} = \left(\frac{697}{93,4}\right)^{1/0,49} = 60,3 \text{ кПа};$$

Устойчивая работа форсунки соответствует $20 \text{ кПа} \leq P_{\phi} \leq 300 \text{ кПа}$.

Холодный период. Оросительная форсуночная камера работает также в режиме адиабатического увлажнения воздуха. Для расчета режимных параметров используют луч процесса в камере орошения.

Коэффициент эффективности теплообмена определяется по формуле 5.19.

$$E_a = \frac{15 - 4}{15 - 3,5} = 0,96;$$

$$\text{По формуле (5.30) : } \mu = \left(\frac{\ln \frac{1}{1 - 0,96} - 0,15}{0,503}\right)^{\frac{1}{1,91}} = 1,03;$$

$$\text{По формуле (5.32) : } G_w = 1,03 * 12154 = 12518 \text{ кг/ч};$$

$$\text{По формуле (5.33) : } g_{\phi} = \frac{12518}{18} = 695 \text{ кг/ч};$$

$$\text{По формуле (5.34) : } \Delta P_{\phi} = \left(\frac{695}{93,4}\right)^{1/0,49} = 56,6 \text{ кПа};$$

Устойчивая работа форсунки соответствует $20 \text{ кПа} \leq P_{\phi} \leq 300 \text{ кПа}$.

5. Расчет и подбор воздухозаборной решетки

Требуемая площадь решетки, при скорости воздуха 3 м/с :

$$F_{mp} = \frac{10128}{3600 * 3} = 0,94 \text{ м}^2,$$

Площадь живого сечения воздухозаборных решеток определяется по формуле:

$$n = \frac{F_{mp.реш}}{f_{ж.с}}, \quad (5.27)$$

где $f_{ж.с}$ - площадь живого сечения одной решетки, м^2 .

Принимается воздухозаборная решетка типа СТД 5291[31, табл.111.21]

$f_{ж.с} = 0,092 \text{ м}^2$; Размеры: В= 225 мм, Н= 580 мм.

$n = \frac{0.94}{0.092} = 10,2$ шт; Принимается $n=12$ шт.

Действительная скорость воздуха в живом сечении:

$$V_{дейст} = \frac{L}{3600 * f_{реш} * n}, \quad (5.28)$$

$$V_{дейст} = \frac{10128}{3600 * 0,092 * 12} = 2,54 \text{ м/с},$$

Потери давления в жалюзийной решетке:

$$\Delta P_{реш} = \xi \frac{\rho v^2}{2}, \quad (5.29)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления решетки; $\xi=1,8$ [29,табл.22.22]

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

V – скорость движения воздуха, м/с.

$$\Delta P_{реш} = 1,8 \frac{1,2 * 2,54^2}{2} = 7 \text{ Па},$$

По справочным данным [31, стр. 206] принимается утепленный клапан с электродвигателем типа 1ПК10 КВУ1600х1000 У1600х1000 для ПВ1. $\Delta P_{клап} = 20 \text{ Па}$.

$$F_{гр} = \frac{10128}{3600 * 3} = 0,94 \text{ м}^2, f_{ж.с}=1,6 \text{ м}^2.$$

6. Подбор вентиляционных агрегатов

Полное давление, создаваемое вентилятором на притоке, определяется по формуле:

$$P_{\text{в}} = 1,15(\Delta P_{реш} + \Delta P_{кл} + \Delta P_{ф} + \Delta P_{р} + \Delta P_{кал} + \Delta P_{к.о} + \Delta P_{кал} + \Delta_n + \Delta P_{охл} + \Delta P_{сист}), \quad (5.30)$$

где $\Delta P_{реш}$ – потери давления в воздухозаборных решетках, Па;

$\Delta P_{кл}$ – потери давления в утепленном клапане, Па;

$\Delta P_{ф}$ – потери давления в фильтре, Па; $\Delta P_{ф} = 139,8 \text{ Па}$;

$\Delta P_{р}$ – потери давления в рекуператоре, Па; $\Delta P_{р} = 138 \text{ Па}$;

$\Delta P_{кал}$ – потери давления в калорифере, Па;

$\Delta P_{к.о}$ – потери давления в камере орошения, Па; $\Delta P_{к.о} = 59,3$ Па;

$\Delta P_{п}$ – потери давления в камере пробиотиков, Па; $\Delta P_{п} = 29$ Па;

$\Delta P_{охл}$ – потери давления в охладителе, Па;

$\Delta P_{сист}$ – потери давления в системе, Па;

Для системы П1:

$$P_g = 1,15(7 + 20 + 139,8 + 138 + 124 + 59,3 + 124 + 29 + 124 + 287,5) = 1201 \text{ Па}$$

Подбираем вентилятор по параметрам: $L = 10128 \text{ м}^3/\text{ч}$, $P_B = 1210 \text{ Па}$.

Центробежный вентилятор ЕВМРарс К3G 500AQ33-01, рабочая точка A_1 приведена в приложении П.

Полное давление, создаваемое вентилятором на вытяжке:

$$P_g = 1,15(\Delta P_{реш} + \Delta P_{кл} + \Delta P_p + \Delta P_{к.о} + \Delta P_{ф} + \Delta P_{сист}), \quad (5.32)$$

$$P_g = 1,15(7 + 20 + 108 + 59,3 + 139,8 + 305) = 735 \text{ Па},$$

Подбираем вентилятор по параметрам: $L = 7804 \text{ м}^3/\text{ч}$, $P_B = 735 \text{ Па}$

Центробежный вентилятор ЕВМРарс К3G 500AQ33-01, рабочая точка A_2 приведена в приложении П. Подбор вентилятора для механической вытяжной системы В4 приведен в приложении Р, аналогично выбраны все вентиляторы вытяжных систем, результаты расчета приведены в графической части проекта.

5.6 Подбор воздушно-тепловых завес

Расчет воздушно-тепловых завес производится согласно методике [32].

1. Общий расход воздуха, подаваемого завесой:

$$G_3 = 510 \cdot 0,6 \cdot 0,27 \cdot 2,8 \cdot \sqrt{6 \cdot 1,23} = 628,5 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

$$L_3 = 524 \text{ м}^3 / \text{ч}; F_{ПП} = 2,14 \cdot 1,3 = 2,8 \text{ м}^2; \rho_c = \frac{353}{273 + 14} = 1,23 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

2. Разность давлений воздуха с обеих сторон ограждения:

$$\Delta P = 2,62 + 0,2 \cdot 16,9 = 6 \text{ Па}; \Delta P_T = 9,8 \cdot 1,07 \cdot (1,45 - 1,2) = 2,62 \text{ Па};$$

$$\rho_H = \frac{353}{273 - 30} = 1,45 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \rho_B = \frac{353}{273 + 21} = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \Delta P_a = 0,8 \cdot 5,4^2 \cdot \frac{1,45}{2} = 16,9 \text{ Па}$$

Подобрана электрическая завеса типа КЭВ-6П1262Е [33] в количестве 2 шт.

6 АВТОМАТИЗАЦИЯ

Элементы автоматики приточно-вытяжной камеры

Технологическая система автоматизации работы приточно-вытяжных систем включает в себя:

- управление электродвигателем приточной системы;
- блокировка клапана наружного воздуха с электродвигателем вентилятора;
- регулирование параметров по температуре воздуха в помещении;
- регулирование параметров по присутствию людей;
- контроль за параметрами воздуха и тепло/хладоносителя.

На всех теплообменниках и охладителях системы устанавливается капиллярный термостат защиты от замерзания, предназначенный для защиты теплообменников от замерзания. При достижении температуры воздуха после нагревателя к выставленной температуре на термостате (от 0 до +5 °С) происходит срабатывание термостата (аварийное отключение установки). Измерительный элемент: капилляр, заполненный «низко-кипящей» жидкостью.

Электроприводы - предназначены для:

- Открытия и закрытия воздушного клапана;
- Регулирование подмеса воздуха;
- Управление трехходовыми клапанами;

В агрегатах с водяным теплообменником электроприводы имеют встроенную возвратную пружину для закрытия воздушного клапана при аварийном отключении питания. Схема автоматизации общеобменной приточно-вытяжной установки приведена в приложении С.

7 ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

7.1 Выбор и обоснование решений по производству работ. Технологическая последовательность выполнения работ

Монтаж внутренних систем следует производить в соответствии с требованиями СП и стандартов [34], [35]. До начала монтажа внутренних систем должны быть выполнены следующие работы:

- проложен ввод водоснабжения в здание;
- выполнена подготовка под полы;
- установлены закладные детали в строительных конструкциях;
- пробиты и подготовлены отверстия в стенах, перегородках, перекрытиях и покрытиях, необходимые для прокладки трубопроводов;
- оштукатурены или облицованы стены и ниши в местах установки санитарных приборов и прокладки трубопроводов.

Работы по монтажу трубопроводов систем отопления следует производить в последовательности:

1. Разметка мест установки креплений с учетом проектных уклонов.
2. Установка креплений (кронштейнов или подвесок с хомутами) со сверлением отверстий и заделкой цементным раствором;
3. Прокладка трубопроводов из полиэтиленовых труб:
 - монтаж соединений труб с деталями следует осуществлять при температуре окружающей среды не менее $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
4. Крепление трубопроводов.

Фиксация трубопроводов в проектном положении выполняется при помощи хомутов, фиксаторов, скоб и других крепежных изделий. Крепления должны иметь поверхность, исключающую возможность механического повреждения труб. По мере проведения монтажных работ осуществляется контроль качества текущий и периодический.

После окончания монтажных работ осуществляется испытание трубопроводов системы отопления по СП [34]. Данные испытания проводятся

до начала отделочных работ. Системы водяного отопления испытывают гидростатическим давлением, равным 1,5 рабочего давления, но не менее 0,2 МПа в самой низкой точке. Заполнение системы происходит через обратную магистраль. Далее перекрывают воздухооборники и включают пресс для создания необходимого давления. Контроль давления осуществляется опломбированным манометром с ценой деления через 0,01 МПа. В ходе испытания падение давления не должно превышать 0,02 МПа в течение 5 мин. Найденные несущественные неисправности, отмечают и далее устраняют.

Также проводится тепловое испытание систем отопления, при температуре наружного воздуха выше 0 °С. Испытание считается законченным при равномерном прогреве всех отопительных приборов.

7.2 Определение состава и объема работ

Расчет определяется по чертежам, с учетом единиц измерения принятых в ЕНиР. Работы производятся в одну захватку.

Данные расчета объемов работ приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Ведомость объемов монтажных работ

№ п/п	Наименование	Ед.изм.	Кол-во	Прим.
1	2	3	4	6
1	Монтаж системы отопления:			
2	Разметка мест установки трубопроводов	100 м	10,74	
3	Сверление отверстий в стенах диаметром до 25 мм	100 отв.	0,42	
4	Комплектование и подноска материалов и изделий	т	1,5	
5	Прокладка труб магистрали			
	Ø 16	м	38,36	
	Ø 20	м	35,5	
	Ø 25	м	68,5	
	Ø 32	м	134,5	
	Ø 40	м	172	

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5
	Ø 50	м	84	
	Ø 63	м	189	
6	Установка фанкойлов	шт	47	
7	Установка воздухоотводчиков			
8	Ø 16	шт	47	
9	Установка клапанов Ø 16- Ø 63	шт	48	
10	Термическая сварка			
	- вертикальная	стык	210	
	- горизонтальная	стык	60	
11	Испытание трубопроводов и нагревательных приборов	100 м 1 шт.	7,22 47	

Требуемые трудозатраты устанавливаются по «Единым нормам и расценкам на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы» [36]. Трудоемкость определяется:

$$T_p = \frac{N_{вр} \cdot V}{8,2}, \quad (7.1)$$

где $N_{вр}$ – норма времени на единицу объема работ, чел.-час, по [36];

V – физический объем работ;

8,2 – продолжительность смены, час.

Помимо нахождения трудоемкости работ, учитываются затраты труда, произведенные за счет накладных расходов (10%)

Кроме определения трудоемкости основных строительно-монтажных работ необходимо учесть затраты труда на работы, выполненные за счет накладных расходов (10%) и на подготовительные работы (4%).

Результаты расчета трудоемкости работ сведены в таблицу, приведенную в приложении Т.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Проектируемый объект является общественным зданием, где специфические технологические процессы отсутствуют. В данном разделе рассмотрен процесс муфтовой сварки труб из полипропилена для системы отопления. Данную операцию должен проводить сварщик аппаратом для муфтовой сварки.

Опасный производственный фактор: повышенная температура поверхности оборудования и материалов, токсичные вещества выделяющиеся при сварке полипропиленовых труб [37]. Для снижения, устранения опасности фактора повышенной температуры применяется специальная защитная одежда, средства защиты ног, рук, головы, лица, глаз, такие как: изолирующий костюм, защитная маска, очки, термостойкие перчатки, каска. Наличие вытяжной вентиляции в помещении проведения технологической операции ведет к снижению токсичного фактора, для персональной защиты работника применяются средства защиты органов дыхания.

Далее определяется класс пожара и опасных факторов пожара, выбор средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности при использовании аппарата для муфтовой сварки. Класс пожара – Е. Опасные факторы пожара: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму[40]. Сопутствующие факторы проявления пожара: токсичные вещества, попавшие в окружающую среду, вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара, воздействие огнетушащих веществ[40].

Требования по обеспечению пожарной безопасности при сварке полипропиленовых трубопроводов:

- допуск к сварочным работам только лиц, знающих требования пожарной безопасности;
- наличие в исправном состоянии средств пожаротушения (огнетушитель или

ящик с песком, лопата, ведро и бочка с водой);

- температура окружающего воздуха не менее 5°C;
- рабочие должны уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения;
- запрещается приступать к работе при неисправной аппаратуре.

По типу технологического процесса, проводится определение опасных экологических факторов. При сварке полипропиленовых труб происходит только выделение угарного газа в окружающую среду. Для снижения антропогенного воздействия на атмосферу этого фактора необходимо:

- тщательно очищать сварочные насадки от остатков пластмассы, во избежание ее подгорания;
- организовать достаточный доступ кислорода в помещение, где производится сварка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" [Электронный ресурс]. - Введ. 2009.- 11.- 18.- Режим доступа:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/
2. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99* [Электронный ресурс]. - Введ. 2003.- 10.- 01.-
Режим доступа: http://www.norm load.ru/SNiP/raznoe/aktualizir_sp/2/131.htm
3. ГОСТ 30 494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс]. - Введ. 2013.- 01.- 01.-
Режим доступа: <http://www.npmaap.ru/possnips/standpr/gost30494.html>.
4. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Электронный ресурс]. - Введ. 2013.- 07.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525>
5. Трубаев, П.А. Тепловые насосы: Учеб.пособие/ П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.
6. Калнинь, И. М. Тепловые насосы: вчера, сегодня, завтра / И.М. Калнинь, А.И. Савицкий // Цент Солнечной Энергии. [Электронный ресурс]. – 2003 - 12-01. - Режим доступа:
http://www.intersolar.ru/articles/heat_pumps/pressa/heat_pump.html
7. Министерство энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/1215>
8. СП 23-101-2004- Проектирование тепловой защиты зданий. [Электронный ресурс]. –Введ. 2004-06-01.- Режим доступа:
<http://files.stroyinf.ru/Data1/43/43635/>.
9. ООО «Роквул» Каталог утеплителей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.rockwool.ru/products+and+solutions/u/2011.product/1515/obshchestroitel'naya_izolyatsiya/venti_batts

10. ООО «Роквул» Каталог утеплителей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.rockwool.ru/products+and+solutions/u/2011.product/1519/obshchestroitel'naya_izolyatsiya/ruf_batts_v_optima
11. Малявина, Е. Г. Теплопотери здания : справ. пособие / Е. Г. Малявина. – М.: Авок-Пресс, 2007. –142 с.
12. Русланов Г.В. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий Проектирование: Справочник/ Г.В. Русланов. – Киев: Будивельник, 1983. – 272 с.
13. Павлов Н.Н. Внутренние санитарно-технические устройства.Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха .Кн.1: Справочник/ под ред. Н.Н. Павлова. М: Стройиздат, 1992. – 319 с.
14. ЗАО «Фабрика Окон» Каталог окон [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.fabrikaokon.ru/termopaketi.html>
15. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Под. ред. И. Г. Староверова. Изд. 4-е, перераб. и доп. Ч. I. Отопление - М.: Стройиздат, 1990. - 344 с.
16. ООО « PRO AQUA» Каталог полипропиленовых труб [Электронный ресурс]. - Введ. 2006.- 07.- 01. Режим доступа: <http://www.proaquasystem.ru/catalogue/>
17. ЗАО «Данфосс» Каталог балансировочных клапанов [Электронный ресурс]. - Введ. 2002.- 05.- 01.- Режим доступа: http://www.termoform.ru/data/File/RC_0.pdf
18. СП 40-101-96 – Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена. [Электронный ресурс]. – Введ. 1996-09-04.- Режим доступа: <http://dokipedia.ru/document/5147236>.
19. ООО «Viessmann» Каталог тепловой насос Vitocal 300G [Электронный ресурс]. - Введ. 2015.- 08.- 01.- Режим доступа: <http://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/waermepumpe/sole-wasser-waermepumpen/vitocal-300-g.html>

20. ООО «Daikin» Каталог отопительных приборов [Электронный ресурс]. - Введ. 2013.- 09.- 01.- Режим доступа:
<http://www.daikin.ru/products/index.jsp?singleprv=FWV-DAT>
21. ООО «Веца» Каталог воздушные завесы и агрегаты воздушного отопления [Электронный ресурс]. - Введ. 2012.- 05.- 10.- Режим доступа:
<http://www.veza.ru/docs/>
22. ООО «Грундфос» Каталог циркуляционных насосов MAGNA [Электронный ресурс]. - Введ. 2010.- 07.- 10.- Режим доступа:
<http://ru.grundfos.com/documentation/catalogs.html>
23. СП 44.13330.2011. Свод правил. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 [Электронный ресурс]. - Введ. 2011.- 05.- 20.- Режим доступа: <http://www.docme.ru/doc/116651/sp-44.13330.2011--administrativnyye-i-bytovye-zdaniya>
24. Кучеренко, М.Н. Вентиляция общественного здания: Учеб.-метод. пособие/ М.Н. Кучеренко. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 48 с.
25. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Электронный ресурс]. - Введ. 2012.- 01.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095527>
26. Гримитлин, М.И. Инженерные системы зданий. Распределение воздуха в помещениях/ М.И. Гримитлин. – М.: Авок-Северо-Запад, 2004. –337 с.
27. Торговников Е.М. Проектирование промышленной вентиляции справочник/Е.М. Торговников. – М.:Будивельник, 1983. – 256 с.
28. Павлов Н.Н. Внутренние санитарно-технические устройства.Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха .Кн.2: Справочник/ под ред. Н.Н. Павлова. М: Стройиздат, 1992. – 416 с.
29. ООО «Системэир» Каталог регуляторов расхода [Электронный ресурс]. - Введ. 2014.- 10.- 01.- Режим доступа:
<https://www.systemair.com/ru/Russia/Products/vozdukhoraspredelitelnye-ustroystva/regulatory-raskhoda-vozdukh/regulatory-raskhoda-vozdukh-kruglye-vozdukhovody/spi/SPI-125-C-Iris-damper/>

30. Шиляев, М.И. Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: Учеб.пособие/ М.И. Шиляев, Е.М. Хромова, Ю.Н. Дорошенко. – Томск: Изд-во Том. Гос. Архит.-строит. ун-та, 2012. – 288 с.
31. Староверов И.Г. Монтаж вентиляционных систем: Справочник монтажника/ под ред. И.Г. Староверова. М: Стройиздат, 1978. – 416 с.
32. Прохоренко А.П. Расчет двухсторонних воздушных завес у наружных ворот и технологических проемов производственных зданий: Учеб.пособие/ А.П. Прохоренко. – Тольятти: ТГУ, 2003. – 20 с.
33. ООО «Тепломаш» Каталог воздушных завес [Электронный ресурс]. - Введ. 2013.- 10.- 01.- Режим доступа: <http://xn----7sbbagdqfp0b7ak9ac5r.xn--p1ai/products/teplovye-zavesy>
34. СП 73.13330.2012. Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3-05-01-85 [Электронный ресурс]. - Введ. 2013.- 01.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200091051>
35. Типовая технологическая карта на монтаж внутреннего трубопровода систем отопления с запорно-регулирующей арматурой и установкой отопительных приборов [Электронный ресурс]. - Введ. 2012.- 01.- 01.- Режим доступа: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293794/4293794404.htm>
36. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е9 «Монтаж внутренних санитарно-технических систем». Выпуск 1. Отопление, водопровод, канализация и газоснабжение [Электронный ресурс]. - Введ. 1985.- 07.- 17.- Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/E91_Vyp_1_Santexoborudovanie_z.html
37. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. - Введ. 1976.- 01.- 01. -Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasnye_i_v.html

38. ГОСТ 12.2.007.8-75. ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности [Электронный ресурс]. - Введ. 1978.- 01.- 01. -Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/1/GOST_122007875.html
39. ГОСТ 12.2.007.0-75. ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. - Введ. 1978.- 01.- 01. - Режим доступа: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/6/6884/
40. ФЗ-123 Федеральный закон технический регламент «О требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/

Приложение А

Таблица А.1- Гидравлический расчет холодного контура

Ветвь №1														
№ уч.	Q _{уч.} Вт	G _{уч.} , л/с	l _{уч.} м	d, мм	d _{вн.} м	S, м2	Скорость v, м/с	Re	Коэффициент трения, λ	R, Па/м	Kмс	Z, Па	ΔP, кПа	Прим.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	24436	0,61	47,25	63	0,042	0,00138	0,43	13026,4	0,030	135,08	22,5	0,0558	6,3824	отв.10шт 1,2, суж.1,вен.9,5
2-3	14333	0,36	4	50	0,0334	0,00088	0,40	9607,9	0,032	157,47	9,4	0,0778	0,6300	кр. на разд.3,7, вентиль 9,5
3-4	13566	0,34	4,8	50	0,0334	0,00088	0,38	9093,8	0,032	143,02	0,25	0,0019	0,6865	тр. на проход 0,25
4-5	12926	0,32	1,35	50	0,0334	0,00088	0,36	8665,3	0,033	131,44	0,25	0,0017	0,1774	тр. на проход 0,25
5-6	12412	0,31	2,2	50	0,0334	0,00088	0,35	8320,5	0,033	122,42	1,45	0,0090	0,2693	тр. на проход 0,25, отвод 1,2
6-7	11773	0,29	1,2	50	0,0334	0,00088	0,33	7891,9	0,034	111,60	0,25	0,0014	0,1339	тр. на проход 0,25
7-8	11259	0,28	3,6	50	0,0334	0,00088	0,32	7547,2	0,034	103,21	0,25	0,0013	0,3716	тр. на проход 0,25
8-9	10979	0,27	0,85	50	0,0334	0,00088	0,31	7359,5	0,034	98,76	0,25	0,0012	0,0839	тр. на проход 0,25
9-10	10613	0,27	3	50	0,0334	0,00088	0,30	7114,5	0,034	93,08	0,25	0,0011	0,2792	тр. на проход 0,25
10-11	10459	0,26	2,7	40	0,0266	0,00056	0,46	8803,8	0,033	267,52	0,25	0,0027	0,7223	тр. на проход 0,25
11-12	10459	0,26	6,8	40	0,0266	0,00056	0,46	8803,8	0,033	267,52	1,45	0,0159	1,8192	тр. на проход, отвод
12-13	9745	0,24	1,2	40	0,0266	0,00056	0,43	8202,9	0,033	236,39	1,45	0,0138	0,2837	тр. на проход, отвод
13-14	8221	0,21	4,5	40	0,0266	0,00056	0,36	6920,1	0,035	175,54	2,65	0,0179	0,7900	тр. на проход 0,25, отвод 2 шт.1,2
14-15	6697	0,17	0,4	40	0,0266	0,00056	0,30	5637,2	0,036	122,62	0,25	0,0011	0,0490	тр. на проход 0,25
15-16	6301	0,16	1,7	32	0,0212	0,00035	0,44	6654,6	0,035	323,81	0,25	0,0025	0,5505	тр. на проход 0,25
16-17	5587	0,14	0,6	32	0,0212	0,00035	0,39	5900,6	0,036	262,36	0,25	0,0019	0,1574	тр. на проход 0,25
17-18	5088	0,13	2,8	32	0,0212	0,00035	0,35	5373,8	0,037	222,75	0,25	0,0016	0,6237	тр. на проход 0,25

Продолжение таблицы А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18-19	3564	0,09	3,5	25	0,0166	0,00022	0,41	4807,3	0,038	381,81	0,25	0,0021	1,3363	тр. на проход 0,25
19-20	3265	0,08	0,25	25	0,0166	0,00022	0,37	4403,7	0,039	327,49	0,25	0,0018	0,0819	тр. на проход 0,25
20-21	2780	0,07	2,2	25	0,0166	0,00022	0,32	3750,1	0,040	247,23	0,25	0,0013	0,5439	тр. на проход 0,25
21-22	2339	0,06	1,3	20	0,0132	0,00014	0,42	3967,7	0,040	542,69	0,25	0,0023	0,7055	тр. на проход 0,25
22-23	1855	0,05	3,5	20	0,0132	0,00014	0,33	3145,8	0,042	361,52	0,25	0,0014	1,2653	тр. на проход 0,25
23-24	1413	0,04	0,25	20	0,0132	0,00014	0,25	2397,3	0,045	224,72	0,25	0,0008	0,0562	тр. на проход 0,25
24-25	929	0,02	3,4	16	0,0106	0,00009	0,26	1961,8	0,047	305,55	0,25	0,0009	1,0389	тр. на проход 0,25
25-71	441	0,01	5,1	16	0,0106	0,00009	0,12	930,5	0,057	82,83	3,85	0,0030	0,4224	тр. на проход 0,25, отвод 3 шт.1,2
71	441	0,01	0,5										13,0000	FWV 01
71-25'	441	0,01	5,1	16	0,0106	0,00009	0,12	930,5	0,057	82,83	3,85	0,0030	0,4224	тр. на проход 0,25, отвод 3 шт.1,2
25'-24'	929	0,02	3,4	16	0,0106	0,00009	0,26	1961,8	0,047	305,55	0,25	0,0009	1,0389	тр. на проход 0,25
24'-23'	1413	0,04	0,25	20	0,0132	0,00014	0,25	2397,3	0,045	224,72	0,25	0,0008	0,0562	тр. на проход 0,25
23'-22'	1855	0,05	3,5	20	0,0132	0,00014	0,33	3145,8	0,042	361,52	0,25	0,0014	1,2653	тр. на проход 0,25
22'-21'	2339	0,06	1,3	20	0,0132	0,00014	0,42	3967,7	0,040	542,69	0,25	0,0023	0,7055	тр. на проход 0,25
21'-20'	2780	0,07	2,2	25	0,0166	0,00022	0,32	3750,1	0,040	247,23	0,25	0,0013	0,5439	тр. на проход 0,25
20'-19'	3265	0,08	0,25	25	0,0166	0,00022	0,37	4403,7	0,039	327,49	0,25	0,0018	0,0819	тр. на проход 0,25
19'-18'	3564	0,09	3,5	25	0,0166	0,00022	0,41	4807,3	0,038	381,81	0,25	0,0021	1,3363	тр. на проход 0,25
18'-17'	5088	0,13	2,8	32	0,0212	0,00035	0,35	5373,8	0,037	222,75	0,25	0,0016	0,6237	тр. на проход 0,25
17'-16'	5587	0,14	0,6	32	0,0212	0,00035	0,39	5900,6	0,036	262,36	0,25	0,0019	0,1574	тр. на проход 0,25
16'-15'	6301	0,16	1,7	32	0,0212	0,00035	0,44	6654,6	0,035	323,81	0,25	0,0025	0,5505	тр. на проход 0,25
15'-14'	6697	0,17	0,4	40	0,0266	0,00056	0,30	5637,2	0,036	122,62	0,25	0,0011	0,0490	тр. на проход 0,25
14'-13'	8221	0,21	4,5	40	0,0266	0,00056	0,36	6920,1	0,035	175,54	2,65	0,0179	0,7900	тр. на проход 0,25, отвод 2 шт.1,2

13'-12'	9745	0,24	1,2	40	0,0266	0,00056	0,43	8202,9	0,033	236,39	1,45	0,0138	0,2837	тр. на проход 0,25, отвод 1,2
---------	------	------	-----	----	--------	---------	------	--------	-------	--------	------	--------	--------	----------------------------------

Продолжение таблицы А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12'-11'	10459	0,26	6,8	40	0,0266	0,00056	0,46	8803,8	0,033	267,52	1,45	0,0159	1,8192	тр.прох.0,25,отвод 1,2
11'-10'	10459	0,26	2,7	40	0,0266	0,00056	0,46	8803,8	0,033	267,52	0,25	0,0027	0,7223	тр. на проход 0,25
10'-9'	10613	0,27	3	50	0,0334	0,00088	0,30	7114,5	0,034	93,08	0,25	0,0011	0,2792	тр. на проход 0,25
9'-8'	10979	0,27	0,85	50	0,0334	0,00088	0,31	7359,5	0,034	98,76	0,25	0,0012	0,0839	тр. на проход 0,25
8'-7'	11259	0,28	3,6	50	0,0334	0,00088	0,32	7547,2	0,034	103,21	0,25	0,0013	0,3716	тр. на проход 0,25
7'-6'	11773	0,29	1,2	50	0,0334	0,00088	0,33	7891,9	0,034	111,60	0,25	0,0014	0,1339	тр. на проход 0,25
6'-5'	12412	0,31	2,2	50	0,0334	0,00088	0,35	8320,5	0,033	122,42	0,25	0,0016	0,2693	тр. на проход 0,25
5'-4'	12926	0,32	1,35	50	0,0334	0,00088	0,36	8665,3	0,033	131,44	0,25	0,0017	0,1774	тр. на проход 0,25
4'-3'	13566	0,34	4,8	50	0,0334	0,00088	0,38	9093,8	0,032	143,02	0,25	0,0019	0,6865	тр. на проход 0,25
3'-2'	14333	0,36	4	50	0,0334	0,00088	0,40	9607,9	0,032	157,47	2,1	0,0174	0,6299	кр. на слияние 2,1
2'-1'	24436	0,61	47,25	63	0,042	0,00138	0,43	13026,4	0,030	134,91	22	0,0510	6,3743	отвод 10шт,1,2, расшир.0,5,вент.9,5
													51,913	
Ветвь №2														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2-26	10103	0,25	0,7	40	0,0266	0,00056	0,45	8503,9	0,033	252,10	3,7	0,0378	0,1765	кр. раздел. Пот.3,7
26-27	9589	0,24	0,7	40	0,0266	0,00056	0,42	8071,0	0,033	229,78	1,45	0,0133	0,1609	тр. на поход 0,25, отвод 1,2
27-28	9089	0,23	9,5	40	0,0266	0,00056	0,40	7650,3	0,034	209,23	5,05	0,0418	1,9878	тр. на поход 0,25, отвод 4 шт 1,2
28-29	8586	0,21	3,3	40	0,0266	0,00056	0,38	7226,7	0,034	189,38	0,25	0,0018	0,6250	тр. на прох. 0,25
29-30	8082	0,20	3,3	40	0,0266	0,00056	0,36	6803,2	0,035	170,39	0,25	0,0016	0,5623	тр. на прох. 0,25
30-31	7770	0,19	3,3	40	0,0266	0,00056	0,34	6540,1	0,035	159,03	0,25	0,0015	0,5248	тр. на прох. 0,25

31-32	7384	0,18	3,3	40	0,0266	0,00056	0,33	6215,5	0,036	145,47	0,25	0,0014	0,4801	тр. на прох. 0,25
32-33	6999	0,17	3,3	40	0,0266	0,00056	0,31	5890,8	0,036	132,43	0,25	0,0012	0,4370	тр. на прох. 0,25
33-34	6416	0,16	8,1	32	0,0212	0,00035	0,45	6776,0	0,035	334,22	1,45	0,0148	2,7072	тр. на прох.0,25, отвод

Продолжение таблицы А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
34-35	6352	0,16	2,1	32	0,0212	0,00035	0,44	6708,3	0,035	328,40	1,45	0,0145	0,6896	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
35-36	6001	0,15	3,7	32	0,0212	0,00035	0,42	6337,9	0,035	297,33	0,25	0,0022	1,1001	тр. на прох. 0,25
36-37	5641	0,14	0,6	32	0,0212	0,00035	0,39	5957,5	0,036	266,80	0,25	0,0020	0,1601	тр. на прох. 0,25
37-38	5343	0,13	5,2	32	0,0212	0,00035	0,37	5642,4	0,036	242,60	0,75	0,0053	1,2615	тр. на прох.0,25, отвод 45° 0,5
38-39	4750	0,12	0,4	32	0,0212	0,00035	0,33	5016,6	0,038	197,49	0,25	0,0014	0,0790	тр. на прох. 0,25
39-40	4035	0,10	3,2	25	0,0166	0,00022	0,46	5442,9	0,037	474,48	0,25	0,0027	1,5183	тр. на прох. 0,25
40-41	3563	0,09	0,3	25	0,0166	0,00022	0,41	4806,3	0,038	381,66	0,25	0,0021	0,1145	тр. на прох. 0,25
41-42	3242	0,08	3,2	25	0,0166	0,00022	0,37	4373,4	0,039	323,55	0,25	0,0017	1,0354	тр. на прох. 0,25
42-43	2823	0,07	0,5	25	0,0166	0,00022	0,32	3807,9	0,040	253,93	0,25	0,0013	0,1270	тр. на прох. 0,25
43-44	2320	0,06	1,88	20	0,0132	0,00014	0,42	3935,0	0,040	534,90	1,45	0,0129	1,0056	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
44-45	1901	0,05	1,8	20	0,0132	0,00014	0,34	3223,9	0,042	377,38	0,25	0,0015	0,6793	тр. на прох. 0,25
45-46	1481	0,04	0,54	20	0,0132	0,00014	0,27	2512,7	0,045	243,99	0,25	0,0009	0,1318	тр. на прох. 0,25
46-47	1062	0,03	0,3	16	0,0106	0,00009	0,30	2243,5	0,046	386,40	0,25	0,0011	0,1159	тр. на прох. 0,25
47-94	419	0,01	4,77	16	0,0106	0,00009	0,12	885,0	0,058	75,87	6,25	0,0044	0,3619	тр. на прох.0,25, отвод 5 шт.1,2
94	419	0,01	0,5										13,0000	FWV 01

94-47'	419	0,01	4,77	16	0,0106	0,00009	0,12	885,0	0,058	75,87	6,25	0,0044	0,3619	тр. на прох.0,25, отвод 5 шт.1,2
47'-46'	1062	0,03	0,3	16	0,0106	0,00009	0,30	2241,3	0,046	386,11	0,25	0,0011	0,1158	тр. на прох. 0,25
46'-45'	1481	0,04	0,54	20	0,0132	0,00014	0,27	2512,7	0,045	243,99	0,25	0,0009	0,1318	тр. на прох. 0,25
45'-44'	1901	0,05	1,8	20	0,0132	0,00014	0,34	3223,9	0,042	377,38	0,25	0,0015	0,6793	тр. на прох. 0,25
44'-43'	2320	0,06	1,88	20	0,0132	0,00014	0,42	3935,0	0,040	534,90	1,45	0,0129	1,0056	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
43'-42'	2823	0,07	0,5	25	0,0266	0,00056	0,13	2376,4	0,045	27,04	0,25	0,0002	0,0135	тр. на прох. 0,25
42'-41'	3242	0,08	3,2	25	0,0166	0,00022	0,37	4373,4	0,039	323,55	0,25	0,0017	1,0354	тр. на прох. 0,25

Продолжение таблицы А. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
41'-40'	3563	0,09	0,3	25	0,0166	0,00022	0,41	4806,3	0,038	381,66	0,25	0,0021	0,1145	тр. на прох. 0,25
40'-39'	4035	0,10	3,2	25	0,0166	0,00022	0,46	5442,9	0,037	474,48	0,25	0,0027	1,5183	тр. на прох. 0,25
39'-38'	4750	0,12	0,4	32	0,0212	0,00035	0,33	5016,6	0,038	197,49	0,25	0,0014	0,0790	тр. на прох. 0,25
38'-37'	5343	0,13	5,2	32	0,0212	0,00035	0,37	5642,4	0,036	242,60	0,75	0,0053	1,2615	тр. на прох.0,25, отвод 45° 0,5
37'-36'	5641	0,14	0,6	32	0,0212	0,00035	0,39	5957,5	0,036	266,80	0,25	0,0020	0,1601	тр. на прох. 0,25
36'-35'	6001	0,15	3,7	32	0,0212	0,00035	0,42	6337,9	0,035	297,33	0,25	0,0022	1,1001	тр. на прох. 0,25
35'-34'	6352	0,16	2,1	32	0,0212	0,00035	0,44	6708,3	0,035	328,40	1,45	0,0145	0,6896	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
34'-33'	6416	0,16	8,1	32	0,0212	0,00035	0,45	6776,0	0,035	334,22	1,45	0,0148	2,7072	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
33'-32'	6999	0,17	3,3	40	0,0266	0,00056	0,31	5890,8	0,036	132,43	0,25	0,0012	0,4370	тр. на прох. 0,25
32'-31'	7384	0,18	3,3	40	0,0266	0,00056	0,33	6215,5	0,036	145,47	0,25	0,0014	0,4801	тр. на прох. 0,25
31'-30'	7770	0,19	3,3	40	0,0266	0,00056	0,34	6540,1	0,035	159,03	0,25	0,0015	0,5248	тр. на прох. 0,25
30'-29'	8082	0,20	3,3	40	0,0266	0,00056	0,36	6803,2	0,035	170,39	0,25	0,0016	0,5623	тр. на прох. 0,25
29'-28'	8586	0,21	3,3	40	0,0266	0,00056	0,38	7226,7	0,034	189,38	0,25	0,0018	0,6250	тр. на прох. 0,25
28'-27'	9089	0,23	9,5	40	0,0266	0,00056	0,40	7650,3	0,034	209,23	5,05	0,0418	1,9878	тр. на поход 0,25, отвод 4 шт 1,2
27'-26'	9589	0,24	0,7	40	0,0266	0,00056	0,42	8071,0	0,033	229,78	1,45	0,0133	0,1609	тр. на прох.0,25,

														отвод 90 1,2
26'-2'	10103	0,25	0,7	40	0,0266	0,00056	0,45	8503,9	0,033	251,78	2,1	0,0215	0,1763	кр. слияние потоков 2,1
													44,969	
Невязка: $((51,91-44,97)/51,91)*100\%=11\%$														

Таблица А.2 - Гидравлический расчет теплового контура

Ветвь №1														
№ уч.	Q _{уч.} Вт	G _{уч.} , л/с	l _{уч.} , м	d, мм	d _{вн.} , м	S, м2	Скорос ть v, м/с	Re	Кэфф ициент трения, λ	R, Па/м	Кмс	Z, Па	ΔP, кПа	Прим.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	24490	0,61	47,3	63	0,042	0,00138	0,44	13055,1	0,030	135,60	22,5	0,0560	6,41	отв.10шт 1,2, суж.1,вен.9,5
2-3	15397	0,38	4	50	0,0334	0,00088	0,43	10321,3	0,031	178,50	9,4	0,0898	0,71	кр. на разд.3,7, вентиль 9,5
3-4	14707	0,37	4,8	50	0,0334	0,00088	0,41	9858,7	0,032	164,73	0,25	0,0022	0,79	тр. на проход 0,25
4-5	14131	0,35	1,35	50	0,0334	0,00088	0,40	9472,9	0,032	153,62	0,25	0,0020	0,21	тр. на проход 0,25
5-6	13668	0,34	2,2	50	0,0334	0,00088	0,38	9162,7	0,032	144,92	1,45	0,0109	0,32	тр. на проход 0,25, отвод 1,2
6-7	13093	0,33	1,2	50	0,0334	0,00088	0,37	8776,9	0,033	134,42	0,25	0,0017	0,16	тр. на проход 0,25
7-8	12630	0,32	3,6	50	0,0334	0,00088	0,35	8466,7	0,033	126,21	0,25	0,0016	0,45	тр. на проход 0,25
8-9	12378	0,31	0,85	50	0,0334	0,00088	0,35	8297,7	0,033	121,84	0,25	0,0015	0,10	тр. на проход 0,25
9-10	12049	0,30	3	50	0,0334	0,00088	0,34	8077,2	0,033	116,23	0,25	0,0015	0,35	тр. на проход 0,25
10-11	11911	0,30	2,7	40	0,0266	0,00056	0,53	10025,6	0,032	335,84	0,25	0,0036	0,91	тр. на проход 0,25
11-12	9408	0,24	6,8	40	0,0266	0,00056	0,42	7918,6	0,033	222,24	1,45	0,0128	1,51	тр. на проход, отвод

12-13	8765	0,22	1,2	40	0,0266	0,00056	0,39	7377,8	0,034	196,36	1,45	0,0112	0,24	тр. на проход, отвод
13-14	7394	0,18	4,5	40	0,0266	0,00056	0,33	6223,3	0,036	145,79	2,65	0,0145	0,66	тр. на проход 0,25, отвод 2 шт. 1,2
14-15	6022	0,15	0,4	40	0,0266	0,00056	0,27	5068,7	0,037	101,80	0,25	0,0009	0,04	тр. на проход 0,25
15-16	5665	0,14	1,7	32	0,0212	0,00035	0,40	5983,1	0,036	268,81	0,25	0,0020	0,46	тр. на проход 0,25
16-17	5023	0,13	0,6	32	0,0212	0,00035	0,35	5304,5	0,037	217,75	0,25	0,0016	0,13	тр. на проход 0,25
17-18	4574	0,11	2,8	32	0,0212	0,00035	0,32	4830,4	0,038	184,84	0,25	0,0013	0,52	тр. на проход 0,25
18-19	3202	0,08	3,5	25	0,0166	0,00022	0,36	4318,9	0,039	316,53	0,25	0,0017	1,11	тр. на проход 0,25

Продолжение таблицы А. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
19-20	2933	0,07	0,25	25	0,0166	0,00022	0,33	3955,7	0,040	271,42	0,25	0,0014	0,07	тр. на проход 0,25
20-21	2497	0,06	2,2	25	0,0166	0,00022	0,28	3367,4	0,041	204,78	0,25	0,0010	0,45	тр. на проход 0,25
21-22	2100	0,05	1,3	20	0,0132	0,00014	0,38	3561,2	0,041	449,17	0,25	0,0018	0,58	тр. на проход 0,25
22-23	1663	0,04	3,5	20	0,0132	0,00014	0,30	2821,5	0,043	298,85	0,25	0,0011	1,05	тр. на проход 0,25
23-24	1266	0,03	0,25	16	0,0106	0,00009	0,35	2674,8	0,044	525,62	0,25	0,0016	0,13	тр. на проход 0,25
24-25	830	0,02	3,4	16	0,0106	0,00009	0,23	1753,6	0,049	251,08	0,25	0,0007	0,85	тр. на прох. 0,25
25-71	397	0,01	5,1	16	0,0106	0,00009	0,11	838,8	0,059	69,07	3,85	0,0024	0,35	тр. на порх. 0,25, отвод 3 шт
71	397	0,01	0,5										7,00	FWV 01
71-25'	397	0,01	5,1	16	0,0106	0,00009	0,11	838,8	0,059	69,07	3,85	0,0024	0,35	тр. на проход 0,25, отвод 3 шт. 1,2
25'-24'	830	0,02	3,4	16	0,0106	0,00009	0,23	1753,6	0,049	251,08	0,25	0,0007	0,85	тр. на проход 0,25
24'-23'	1266	0,03	0,25	16	0,0106	0,00009	0,35	2674,8	0,044	525,62	0,25	0,0016	0,13	тр. на проход 0,25
23'-22'	1663	0,04	3,5	20	0,0132	0,00014	0,30	2821,5	0,043	298,85	0,25	0,0011	1,05	тр. на проход 0,25
22'-21'	2100	0,05	1,3	20	0,0132	0,00014	0,38	3561,2	0,041	449,17	0,25	0,0018	0,58	тр. на проход 0,25
21'-20'	2497	0,06	2,2	25	0,0166	0,00022	0,28	3367,4	0,041	204,78	0,25	0,0010	0,45	тр. на проход 0,25
20'-19'	2933	0,07	0,25	25	0,0166	0,00022	0,33	3955,7	0,040	271,42	0,25	0,0014	0,07	тр. на проход 0,25
19'-18'	3202	0,08	3,5	25	0,0166	0,00022	0,36	4318,9	0,039	316,53	0,25	0,0017	1,11	тр. на проход 0,25

18'-17'	4574	0,11	2,8	32	0,0212	0,00035	0,32	4830,4	0,038	184,84	0,25	0,0013	0,52	гр. на проход 0,25
17'-16'	5023	0,13	0,6	32	0,0212	0,00035	0,35	5304,5	0,037	217,75	0,25	0,0016	0,13	гр. на проход 0,25
16'-15'	5665	0,14	1,7	32	0,0212	0,00035	0,40	5983,1	0,036	268,81	0,25	0,0020	0,46	гр. на проход 0,25
15'-14'	6022	0,15	0,4	40	0,0266	0,00056	0,27	5068,7	0,037	101,80	0,25	0,0009	0,04	гр. на проход 0,25
14'-13'	7394	0,18	4,5	40	0,0266	0,00056	0,33	6223,3	0,036	145,79	2,65	0,0145	0,66	гр. на проход 0,25, отвод 2 шт. 1,2
13'-12'	8765	0,22	1,2	40	0,0266	0,00056	0,39	7377,8	0,034	196,36	1,45	0,0112	0,24	гр. на проход 0,25, отвод 1,2
12'-11'	9408	0,24	6,8	40	0,0266	0,00056	0,42	7918,6	0,033	222,24	1,45	0,0128	1,51	гр. на прох. 0,25, отвод 1,2
11'-10'	11911	0,30	2,7	40	0,0266	0,00056	0,53	10025,6	0,032	335,84	0,25	0,0036	0,91	гр. на проход 0,25
10'-9'	12049	0,30	3	50	0,0334	0,00088	0,34	8077,2	0,033	116,23	0,25	0,0015	0,35	гр. на проход 0,25

Продолжение таблицы А. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9'-8'	12378	0,31	0,85	50	0,0334	0,00088	0,35	8297,7	0,033	121,84	0,25	0,0015	0,10	гр. на проход 0,25
8'-7'	12630	0,32	3,6	50	0,0334	0,00088	0,35	8466,7	0,033	126,21	0,25	0,0016	0,45	гр. на проход 0,25
7'-6'	13093	0,33	1,2	50	0,0334	0,00088	0,37	8776,9	0,033	134,42	0,25	0,0017	0,16	гр. на проход 0,25
6'-5'	13668	0,34	2,2	50	0,0334	0,00088	0,38	9162,7	0,032	144,92	0,25	0,0019	0,32	гр. на проход 0,25
5'-4'	14131	0,35	1,35	50	0,0334	0,00088	0,40	9472,9	0,032	153,62	0,25	0,0020	0,21	гр. на проход 0,25
4'-3'	14707	0,37	4,8	50	0,0334	0,00088	0,41	9858,7	0,032	164,73	0,25	0,0022	0,79	гр. на проход 0,25
3'-2'	15397	0,38	4	50	0,0334	0,00088	0,43	10321,3	0,031	178,50	2,1	0,0201	0,71	кр. на слияние 2,1
2'-1'	24490	0,61	47,3	63	0,042	0,00138	0,44	13055,1	0,030	135,43	22	0,0464	6,40	отвод 10шт. 1,2, расширение 0,5, вент. 9,5
													44,10	
Ветка №2														
№ уч.	Qуч. Вт	Gуч., л/с	Iуч, м	d, мм	dвн, м	S, м2	Скорос ть v, м/с	Re	Коэфф ициент трения, λ	R, Па/м	Кмс	Z, Па	ΔP, кПа	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	17	18

2-26	9093	0,23	0,7	40	0,0266	0,00056	0,40	7653,5	0,034	209,65	3,7	0,0306	0,15	кр. разделение потоков 3,7
26-27	8630	0,22	0,7	40	0,0266	0,00056	0,38	7263,9	0,034	191,09	1,45	0,0108	0,13	тр. на поход 0,25, отвод 1,2
27-28	8180	0,20	9,5	40	0,0266	0,00056	0,36	6885,3	0,035	174,00	5,05	0,0338	1,65	тр. на поход 0,25, отвод 4 шт 1,2
28-29	7727	0,19	3,3	40	0,0266	0,00056	0,34	6504,1	0,035	157,49	0,25	0,0015	0,52	тр. на прох. 0,25
29-30	7274	0,18	3,3	40	0,0266	0,00056	0,32	6122,8	0,036	141,70	0,25	0,0013	0,47	тр. на прох. 0,25
30-31	6993	0,17	3,3	40	0,0266	0,00056	0,31	5886,1	0,036	132,25	0,25	0,0012	0,44	тр. на прох. 0,25
31-32	6646	0,17	3,3	40	0,0266	0,00056	0,29	5593,9	0,037	120,98	0,25	0,0011	0,40	тр. на прох. 0,25
32-33	6299	0,16	3,3	40	0,0266	0,00056	0,28	5301,7	0,037	110,13	0,25	0,0010	0,36	тр. на прох. 0,25
33-34	5774	0,14	8,1	32	0,0212	0,00035	0,40	6098,4	0,036	277,95	1,45	0,0120	2,25	тр. на прох.0,25, отвод 1,2
34-35	5717	0,14	2,1	32	0,0212	0,00035	0,40	6037,4	0,036	273,10	1,45	0,0118	0,57	тр. на прох.0,25, отвод 1,2

Продолжение таблицы А. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
35-36	5401	0,14	3,7	32	0,0212	0,00035	0,38	5704,2	0,036	247,27	0,25	0,0018	0,91	тр. на прох. 0,25
36-37	5077	0,13	0,6	32	0,0212	0,00035	0,35	5361,7	0,037	221,88	0,25	0,0016	0,13	тр. на прох. 0,25
37-38	4808	0,12	5,2	32	0,0212	0,00035	0,34	5078,1	0,037	201,75	0,75	0,0043	1,05	тр. на прох.0,25, отвод 45° 0,5
38-39	4275	0,11	0,4	32	0,0212	0,00035	0,30	4514,9	0,039	164,23	0,25	0,0011	0,07	тр. на прох. 0,25
39-40	3632	0,09	3,2	25	0,0166	0,00022	0,41	4898,6	0,038	394,58	0,25	0,0022	1,26	Тр. на прох. 0,25
40-41	3207	0,08	0,3	25	0,0166	0,00022	0,36	4325,7	0,039	317,40	0,25	0,0017	0,10	тр. на прох. 0,25
41-42	2918	0,07	3,2	25	0,0166	0,00022	0,33	3936,1	0,040	269,07	0,25	0,0014	0,86	тр. на прох. 0,25
42-43	2541	0,06	0,5	25	0,0166	0,00022	0,29	3427,1	0,041	211,17	0,25	0,0011	0,11	тр. на прох. 0,25
43-44	2088	0,05	1,88	20	0,0132	0,00014	0,38	3541,5	0,041	444,84	1,45	0,0104	0,84	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
44-45	1711	0,04	1,8	20	0,0132	0,00014	0,31	2901,5	0,043	313,84	0,25	0,0012	0,56	тр. на прох. 0,25
45-46	1333	0,03	0,54	16	0,0106	0,00009	0,37	2816,2	0,043	575,20	0,25	0,0018	0,31	тр. на прох. 0,25
46-47	956	0,02	0,3	16	0,0106	0,00009	0,27	2019,1	0,047	321,34	0,25	0,0009	0,10	тр. на прох. 0,25
47-94	378	0,01	4,77	16	0,0106	0,00009	0,11	797,8	0,059	63,28	6,25	0,0035	0,30	тр. на прох.0,25, отв 5 шт.
94	378	0,01	0,5										7,00	FWV 01

94-47'	378	0,01	4,77	16	0,0106	0,00009	0,11	797,8	0,059	63,28	6,25	0,0035	0,30	тр. на прох.0,25, отвод 5 шт.1,2
47'-46'	956	0,02	0,3	16	0,0106	0,00009	0,27	2017,1	0,047	321,10	0,25	0,0009	0,10	тр. на прох. 0,25
46'-45'	1333	0,03	0,54	16	0,0106	0,00009	0,37	2816,2	0,043	575,20	0,25	0,0018	0,31	тр. на прох. 0,25
45'-44'	1711	0,04	1,8	20	0,0132	0,00014	0,31	2901,5	0,043	313,84	0,25	0,0012	0,56	тр. на прох. 0,25
44'-43'	2088	0,05	1,88	20	0,0132	0,00014	0,38	3541,5	0,041	444,84	1,45	0,0104	0,84	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
43'-42'	2541	0,06	0,5	25	0,0266	0,00056	0,11	2138,7	0,046	22,49	0,25	0,0002	0,01	тр. на прох. 0,25
42'-41'	2918	0,07	3,2	25	0,0166	0,00022	0,33	3936,1	0,040	269,07	0,25	0,0014	0,86	тр. на прох. 0,25
41'-40'	3207	0,08	0,3	25	0,0166	0,00022	0,36	4325,7	0,039	317,40	0,25	0,0017	0,10	тр. на прох. 0,25
40'-39'	3632	0,09	3,2	25	0,0166	0,00022	0,41	4898,6	0,038	394,58	0,25	0,0022	1,26	тр. на прох. 0,25

Продолжение таблицы А. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
39'-38'	4275	0,11	0,4	32	0,0212	0,00035	0,30	4514,9	0,039	164,23	0,25	0,0011	0,07	тр. на прох. 0,25
38'-37'	4808	0,12	5,2	32	0,0212	0,00035	0,34	5078,1	0,037	201,75	0,75	0,0043	1,05	тр. на прох.0,25, отвод 45° 0,5
37'-36'	5077	0,13	0,6	32	0,0212	0,00035	0,35	5361,7	0,037	221,88	0,25	0,0016	0,13	тр. на прох. 0,25
36'-35'	5401	0,14	3,7	32	0,0212	0,00035	0,38	5704,2	0,036	247,27	0,25	0,0018	0,91	тр. на прох. 0,25
35'-34'	5717	0,14	2,1	32	0,0212	0,00035	0,40	6037,4	0,036	273,10	1,45	0,0118	0,57	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
34'-33'	5774	0,14	8,1	32	0,0212	0,00035	0,40	6098,4	0,036	277,95	1,45	0,0120	2,25	тр. на прох.0,25, отвод 90 1,2
33'-32'	6299	0,16	3,3	40	0,0266	0,00056	0,28	5301,7	0,037	110,13	0,25	0,0010	0,36	тр. на прох. 0,25
32'-31'	6646	0,17	3,3	40	0,0266	0,00056	0,29	5593,9	0,037	120,98	0,25	0,0011	0,40	тр. на прох. 0,25
31'-30'	6993	0,17	3,3	40	0,0266	0,00056	0,31	5886,1	0,036	132,25	0,25	0,0012	0,44	тр. на прох. 0,25
30'-29'	7274	0,18	3,3	40	0,0266	0,00056	0,32	6122,8	0,036	141,70	0,25	0,0013	0,47	тр. на прох. 0,25
29'-28'	7727	0,19	3,3	40	0,0266	0,00056	0,34	6504,1	0,035	157,49	0,25	0,0015	0,52	тр. на прох. 0,25
28'-27'	8180	0,20	9,5	40	0,0266	0,00056	0,36	6885,3	0,035	174,00	5,05	0,0338	1,65	тр. на поход 0,25, отвод 4 шт 1,2
27'-26'	8630	0,22	0,7	40	0,0266	0,00056	0,38	7263,9	0,034	191,09	1,45	0,0108	0,13	тр. на прох.0,25, отвод 90

														1,2
26'-2'	9093	0,23	0,7	40	0,0266	0,00056	0,40	7653,5	0,034	209,39	2,1	0,0174	0,15	кр. слияние потоков 2,1
													33,99	
Невязка: $((44,1-33,99)/44,1)*100\%=23\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 32, Kv= 2,35, настройка 0,75														
CO2														
1-2	6500	0,16	16,9	32	0,0212	0,00035	0,453	6864,4	0,0348	342,32	15,5	0,0503	5,77	отвод 5шт 1,2,вент.9,5
2-ABO	3069	0,08	4,86	25	0,0166	0,00022	0,349	4139,5	0,0394	294,25	1,45	0,0090	1,43	тр. на проход 0,25, отвод 1,2

Продолжение таблицы А. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ABO-1	3069	0,08											10,00	ABO 42

АВО-2'	3069	0,08	4,86	25	0,0166	0,00022	0,349	4139,5	0,0394	293,88	1,45	0,0090	1,43	тр. на проход 0,25, отвод 1,2
2'-1'	6500	0,16	16,9	32	0,0212	0,00035	0,453	6864,4	0,0347	341,89	15,5	0,0503	5,76	отвод 5шт 1,2,вент.9,5
													24,39	
Невязка: $((51,91-24,39)/51,91)*100\%=52\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 20, Kv= 0,8, настройка 1,4														
2-АВО	3431	0,09	3,1	25	0,0166	0,00022	0,39	4627,0	0,0384	357,56	1,8	0,0140	1,11	тр. разделение потоков 1,8
АВО2	3431	0,09											10,00	АВО 42
АВО-2'	3431	0,09	3,1	25	0,0166	0,00022	0,39	4627,0	0,0383	357,10	3	0,0233	1,11	тр. слияние потоков 3
													12,22	
Невязка: $((12,86-12,21)/12,86)*100\%=5\%$														
СО3														
1-ПВ1	74703	1,87	13,2	75	0,065	0,00332	0,554	25732,0	0,0250	119,94	18	0,2602	2,91	суж.1, отвод 1,2(6шт),вент.9,5
ПВ1-1'	74703	1,87	13,2	75	0,065	0,00332	0,554	25732,0	0,0249	119,79	17,5	0,2523	2,90	расширение 0,5, отвод 1,2(6 шт),вент.9,5
													5,81	
Невязка: $((51,91-5,81)/51,91)*100\%=85\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 40, Kv= 8, настройка 2,6														
1-ПВ2	28619	1,87	34,8	63	0,042	0,00138	0,509	15256,0	0,0285	178,11	22	0,2837	6,2	суж.1, отвод 1,2(9шт),вент.9,5
ПВ2-1'	28619	1,87	34,8	63	0,042	0,00332	0,554	25732,0	0,0249	177,8	21	0,2745	6,19	расширение 0,5, отвод 1,2(9 шт),вент.9,5
													12,39	
Невязка: $((51,91-12,39)/51,91)*100\%=76\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 32, Kv= 7, настройка 3														

Таблица А.3 - Гидравлический расчет системы отопления (через приборы)

Ветвь №1														
№ уч.	Q _{уч.} , Вт	G _{уч.} , л/с	l _{уч.} , м	d, мм	d _{вн.} , м	S, м ²	Скорость v, м/с	Re	Коэффициент трения, λ	R, Па/м	K _{мс}	Z, Па	ΔP, кПа	Прим.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3-48	767	0,02	5,1	16	0,0106	0,00009	0,21	1620,1	0,0499	218,86	13,1	0,0306	1,14	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр(Δp=0,027кПа)
48	767	0,02											7,00	FWV 01
48-3'	767	0,02	5,25	16	0,0106	0,00009	0,21	1620,1	0,0499	218,86	3,2	0,0075	1,15	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													9,27	
Невязка: ((29,9-9,27)/29,9)*100%=69%, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,27, настройка 0,5														
4-49	640	0,02	5	16	0,0106	0,00009	0,18	1350,8	0,0522	159,22	13,1	0,0213	0,82	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр(Δp=0,027кПа)
49	640	0,02											7,00	FWV 01
49-4'	640	0,02	5,2	16	0,0106	0,00009	0,18	1350,8	0,0522	159,22	3,2	0,0052	0,83	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													8,62	
Невязка: ((26,6-8,62)/26,6)*100%=68%, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,28, настройка 0,5														
5-50	515	0,01	3	16	0,0106	0,00009	0,14	1086,7	0,0551	108,82	13,1	0,0138	0,33	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр(Δp=0,018кПа)
50	515	0,01											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50-5'	515	0,01	3,5	16	0,0106	0,00009	0,14	1086,7	0,0551	108,82	3,2	0,0034	0,38	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,71	
Невязка: $((26,14-7,71)/26,14)*100\%=71\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,25, настройка 0,5														
6-51	640	0,02	5,12	16	0,0106	0,00009	0,18	1350,8	0,0522	159,22	13,1	0,0213	0,84	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,027$ кПа)
51	640	0,02											7,00	FWV 01
51-6'	640	0,02	5,37	16	0,0106	0,00009	0,18	1350,8	0,0522	159,22	3,2	0,0052	0,86	тр. на слияние поток. (0,8),отвод 90° 2шт (2,4)
													8,67	
Невязка: $((25,5-8,67)/25,5)*100\%=66\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,32, настройка 0,5														
7-52	515	0,01	3,1	16	0,0106	0,00009	0,14	1086,7	0,0551	108,82	13,1	0,0138	0,36	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
52	515	0,01											7,00	FWV 01
52-7'	515	0,01	3,39	16	0,0106	0,00009	0,14	1086,7	0,0551	108,82	3,2	0,0034	0,37	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,71	
Невязка: $((25,18-7,71)/25,18)*100\%=69\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,27, настройка 0,5														
8-53	280	0,01	5,12	16	0,0106	0,00009	0,08	591,4	0,0642	37,52	13,1	0,0041	0,21	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
53	280	0,01											7,00	FWV 01

53-8'	280	0,01	5,37	16	0,0106	0,00009	0,08	591,4	0,0642	37,52	3,2	0,0010	0,20	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
-------	-----	------	------	----	--------	---------	------	-------	--------	-------	-----	--------	------	--

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
													7,39	
Невязка: $((24,3-7,39)/24,3)*100\%=70\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,26, настройка 0,5														
9-54	366	0,01	5,12	16	0,0106	0,00009	0,10	773,1	0,0600	59,96	13,1	0,0070	0,33	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
54	366	0,01											7,00	FWV 01
54-9'	366	0,01	5,37	16	0,0106	0,00009	0,10	773,1	0,0600	59,96	3,2	0,0017	0,32	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,63	
Невязка: $((24,1-7,63)/24,1)*100\%=68\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,25, настройка 0,5														
10-55	154	0,004	5,12	16	0,0106	0,00009	0,04	325,3	0,0745	13,18	13,1	0,0012	0,07	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,00056$ кПа)
55	154	0,004											7,00	FWV 01
55-10'	154	0,004	5,37	16	0,0106	0,00009	0,04	325,3	0,0745	13,18	3,2	0,0003	0,07	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,14	
Невязка: $((23,4-7,14)/23,4)*100\%=70\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,24, настройка 0,5														

11-56	1219	0,03	5,12	16	0,0106	0,00009	0,34	2574,8	0,0444	492,35	13,1	0,0773	2,56	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр(Δр=0,044кПа)
56	1219	0,03											7,00	FWV 01
56-11'	1219	0,03	5,37	16	0,0106	0,00009	0,34	2574,8	0,0444	492,35	3,2	0,0189	2,64	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													12,16	
Невязка: $((21,55-12,16)/21,55)*100\%=44\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,48, настройка 0,75														

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12-57	714	0,02	2,28	16	0,0106	0,00009	0,20	1508,1	0,0508	193,08	13,1	0,0265	0,47	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр(Δр=0,027кПа)
57	714	0,02											7,00	FWV 01
57-12	714	0,02	2,58	16	0,0106	0,00009	0,20	1508,1	0,0508	193,08	3,2	0,0065	0,50	тр. на слияние потоков(0,8) ,отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,94	
Невязка: $((18,55-7,94)/18,55)*100\%=57\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,38, настройка 0,51														
13-58	1524	0,04	6,53	16	0,0106	0,00009	0,43	3219,0	0,0420	727,77	17,9	0,1651	4,81	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 6 шт.(1,2*6), вентиль (9,5);фильтр(Δр=0,054кПа)
58	1524	0,04											7,00	FWV 01
58-13	1524	0,04	7,07	16	0,0106	0,00009	0,43	3219,0	0,0420	727,77	8	0,0738	5,15	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 6 шт.(1,2*6)

													16,90	
Невязка: $((18,08-16,9)/18,08)*100\%=6,5\%$														
14-59	1524	0,04	4,75	16	0,0106	0,00009	0,43	3219,0	0,0420	727,77	15,5	0,1429	3,51	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 4шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,054$ кПа)
59	1524	0,04											7,00	FWV 01
59-14	1524	0,04	5,05	16	0,0106	0,00009	0,43	3219,0	0,0420	727,77	5,6	0,0516	3,68	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 4шт.(1,2*4)
													14,13	
Невязка: $((16,75-14,13)/16,75)*100\%=16\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 1, настройка 2,2														
15-60	396	0,01	4,87	16	0,0106	0,00009	0,11	836,4	0,0588	68,82	13,1	0,0082	0,35	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60	396	0,01											7,00	FWV 01
60-15	396	0,01	5,12	16	0,0106	0,00009	0,11	836,4	0,0588	68,82	3,2	0,0020	0,35	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,69	
Невязка: $((16,67-7,69)/16,67)*100\%=54\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,36, настройка 0,5														
16-61	714	0,02	4,37	16	0,0106	0,00009	0,20	1508,1	0,0508	193,08	13,1	0,0265	0,87	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,027$ кПа)
61	714	0,02											7,00	FWV 01
61-16	714	0,02	4,62	16	0,0106	0,00009	0,20	1508,1	0,0508	193,08	3,2	0,0065	0,89	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2

														шт.(2,4)
													8,74	
Невязка: $((15,75-8,74)/15,75)*100\%=45\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,48, настройка 0,8														
17-62	499	0,01	4,67	16	0,0106	0,00009	0,14	1054,0	0,0555	103,14	13,1	0,0130	0,50	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
62	499	0,01											7,00	FWV 01
62-17	499	0,01	4,92	16	0,0106	0,00009	0,14	1054,0	0,0555	103,14	3,2	0,0032	0,51	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,99	
Невязка: $((15,49-7,99)/15,49)*100\%=48\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,4, настройка 0,6														
18-63	1524	0,04	4,75	16	0,0106	0,00009	0,43	3219,0	0,0420	727,77	15,5	0,1429	3,51	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,054$ кПа)
63	1524	0,04											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
63-18	1524	0,04	5,05	16	0,0106	0,00009	0,43	3219,0	0,0420	727,77	5,6	0,0516	3,68	тр.на слияние потоков(0,8),отвод 90° 4 шт.(1,2*4)
													14,13	

Невязка: $((14,5-14,13)/14,5)*100\%=3\%$														
19-64	299	0,01	4,67	16	0,0106	0,00009	0,08	631,6	0,0631	42,09	13,1	0,0047	0,21	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
64	299	0,01											7,00	FWV 01
64-19	299	0,01	4,92	16	0,0106	0,00009	0,08	631,6	0,0631	42,09	3,2	0,0011	0,21	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,40	
Невязка: $((12,24-7,4)/12,24)*100\%=40\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,5, настройка 0,9														
20-65	485	0,01	4,75	16	0,0106	0,00009	0,14	1024,4	0,0559	98,13	15,5	0,0145	0,48	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
65	485	0,01											7,00	FWV 01
65-20	485	0,01	5,05	16	0,0106	0,00009	0,14	1024,4	0,0559	98,13	5,6	0,0052	0,50	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 4 шт.(1,2*4)
													7,96	
Невязка: $((12,1-7,96)/12,1)*100\%=34\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,55, настройка 1,05														
21-66	441	0,01	4,67	16	0,0106	0,00009	0,12	932,1	0,0573	83,19	13,1	0,0101	0,41	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
66	441	0,01											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
66-21	441	0,01	4,92	16	0,0106	0,00009	0,12	932,1	0,0573	83,19	3,2	0,0025	0,41	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,80	
Невязка: $((11,2-7,8)/11,2)*100\%=30\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,6, настройка 1,2														
22-67	485	0,01	4,75	16	0,0106	0,00009	0,14	1024,4	0,0559	98,13	15,5	0,0145	0,48	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
67	485	0,01											7,00	FWV 01
67-22	485	0,01	5,05	16	0,0106	0,00009	0,14	1024,4	0,0559	98,13	5,6	0,0052	0,50	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 4 шт.(1,2*4)
													7,96	
Невязка: $((10,04-7,96)/10,04)*100\%=21\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,8, настройка 1,6														
23-68	441	0,01	4,67	16	0,0106	0,00009	0,12	932,1	0,0573	83,19	13,1	0,0101	0,41	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
68	441	0,01											7,00	FWV 01
68-23	441	0,01	4,92	16	0,0106	0,00009	0,12	932,1	0,0573	83,19	3,2	0,0025	0,41	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 2 шт.(2,4)
													7,80	
Невязка: $((7,9-7,8)/7,9)*100\%=1\%$														
24-69	485	0,01	4,75	20	0,0132	0,00014	0,09	822,7	0,0591	34,62	15,5	0,0060	0,34	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
69	485	0,01											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
69-24	485	0,01	5,05	20	0,0132	0,00014	0,09	822,7	0,0591	34,62	5,6	0,0022	0,17	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90° 4 шт.(1,2*4)
													7,34	
Невязка: $((7,85-7,34)/7,85)*100\%=6\%$														
25-70	485	0,01	4,75	20	0,0132	0,00014	0,09	822,7	0,0591	34,62	15,5	0,0060	0,18	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90° 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
70	485	0,01											7,00	FWV 01
70-25	485	0,01	5,05	20	0,0132	0,00014	0,09	822,7	0,0591	34,62	5,6	0,0022	0,17	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 4 шт.(1,2*4)
													7,34	
Невязка: $((7,25-7,34)/7,25)*100\%=1\%$, избыточное давление погасить КРД														
Ветвь №2														
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	17	18
26-72	500	0,01	4,18	16	0,0106	0,00009	0,14	1056,1	0,0555	103,51	14,3	0,0142	0,45	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 3 шт.(1,2*3), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
72	500	0,01											7,00	FWV 01
72-26	500	0,01	4,43	16	0,0106	0,00009	0,14	1056,1	0,0555	103,51	4,4	0,0044	0,46	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 3 шт.(1,2*3)
													7,89	
Невязка: $((32,78-7,89)/32,78)*100\%=76\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,2, настройка 0,5														
27-73	500	0,01	2,97	16	0,0106	0,00009	0,14	1056,1	0,0555	103,51	13,1	0,0130	0,33	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
73	500	0,01											7,00	FWV 01
73-27	500	0,01	3,25	16	0,0106	0,00009	0,14	1056,1	0,0555	103,51	3,2	0,0032	0,34	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,64	
Невязка: $((32,5-7,64)/32,5)*100\%=76\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,2, настройка 0,5														
28-74	503	0,01	2,97	16	0,0106	0,00009	0,14	1062,5	0,0554	104,60	13,1	0,0132	0,31	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
74	503	0,01											7,00	FWV 01
74-28	503	0,01	3,25	16	0,0106	0,00009	0,14	1062,5	0,0554	104,60	3,2	0,0032	0,34	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,65	
Невязка: $((29,2-7,65)/29,2)*100\%=74\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,24, настройка 0,5														
29-75	503	0,01	2,97	16	0,0106	0,00009	0,14	1062,5	0,0554	104,60	13,1	0,0132	0,33	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
75	503	0,01											7,00	FWV 01
75-29	503	0,01	3,25	16	0,0106	0,00009	0,14	1062,5	0,0554	104,60	3,2	0,0032	0,34	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,65	
Невязка: $((28,2-7,65)/28,2)*100\%=73\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,25, настройка 0,5														
30-76	312	0,01	2,97	16	0,0106	0,00009	0,09	659,0	0,0624	45,35	13,1	0,0051	0,15	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль

														(9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
76	312	0,01											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
76-30	312	0,01	3,25	16	0,0106	0,00009	0,09	659,0	0,0624	45,35	3,2	0,0012	0,15	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,28	
Невязка: $((27,23-7,28)/27,23)*100\%=73\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,25, настройка 0,5														
31-77	386	0,01	2,97	16	0,0106	0,00009	0,11	815,3	0,0592	65,81	13,1	0,0078	0,21	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
77	386	0,01											7,00	FWV 01
77-31	386	0,01	3,25	16	0,0106	0,00009	0,11	815,3	0,0592	65,81	3,2	0,0019	0,21	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,41	
Невязка: $((26,4-7,41)/26,4)*100\%=72\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,26, настройка 0,5														
32-78	386	0,01	2,97	16	0,0106	0,00009	0,11	815,3	0,0592	65,81	13,1	0,0078	0,21	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
78	386	0,01											7,00	FWV 01
78-32	386	0,01	3,25	16	0,0106	0,00009	0,11	815,3	0,0592	65,81	3,2	0,0019	0,21	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,41	

Невязка: $((25,6-7,41)/25,6)*100\%=71\%$, устанавливается балансируемый клапан Ду 15, Kv= 0,25, настройка 0,5														
33-79	583	0,015	2,97	16	0,0106	0,00009	0,16	1231,4	0,0534	135,42	13,1	0,0177	0,42	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,02$ кПа)
79	583	0,015											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
79-33	583	0,015	3,25	16	0,0106	0,00009	0,16	1231,4	0,0534	135,42	3,2	0,0043	0,44	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,84	
Невязка: $((24,8-7,84)/24,8)*100\%=68\%$, устанавливается балансируемый клапан Ду 15, Kv= 0,28, настройка 0,5														
34-80	64	0,002	2,33	16	0,0106	0,00009	0,02	135,2	0,0928	2,84	13,1	0,0002	0,009	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,0024$ кПа)
80	64	0,002											7,00	FWV 01
80-34	64	0,002	2,48	16	0,0106	0,00009	0,02	135,2	0,0928	2,84	3,2	0,0001	0,007	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,01	
Невязка: $((20,33-7,01)/20,33)*100\%=66\%$, устанавливается балансируемый клапан Ду 15, Kv= 0,25, настройка 0,5														
35-81	351	0,01	3,93	16	0,0106	0,00009	0,10	741,4	0,0606	55,73	13,1	0,0064	0,24	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
81	351	0,01											7,00	FWV 01

81-35	351	0,01	4,23	16	0,0106	0,00009	0,10	741,4	0,0606	55,73	3,2	0,0016	0,24	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,45	
Невязка: $((19,18-7,45)/19,18)*100\%=61\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,34, настройка 0,5														
36-82	360	0,01	2,97	16	0,0106	0,00009	0,10	760,4	0,0603	58,25	13,1	0,0067	0,19	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(1,2*2), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
82	360	0,01											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
82-36	360	0,01	3,25	16	0,0106	0,00009	0,10	760,4	0,0603	58,25	3,2	0,0016	0,19	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(1,2*2)
													7,36	
Невязка: $((17,35-7,36)/17,35)*100\%=58\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,35, настройка 0,5														
37-83	298	0,01	3,93	16	0,0106	0,00009	0,08	629,4	0,0632	41,85	13,1	0,0046	0,18	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2шт.(1,2*2), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
83	298	0,01											7,00	FWV 01
83-37	298	0,01	4,23	16	0,0106	0,00009	0,08	629,4	0,0632	41,85	3,2	0,0011	0,18	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2шт.(1,2*2)
													7,34	
Невязка: $((17,09-7,34)/17,09)*100\%=57\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,36, настройка 0,5														

38-84	593	0,01	3,77	16	0,0106	0,00009	0,17	1252,6	0,0532	139,51	15,5	0,0216	0,54	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
84	593	0,01											7,00	FWV 01
84-38	593	0,01	4,02	16	0,0106	0,00009	0,17	1252,6	0,0532	139,51	5,6	0,0078	0,56	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 4 шт.(1,2*4)
													8,09	
Невязка: $((14,9-8,09)/14,9)*100\%=46\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,43, настройка 0,7														
39-85	715	0,02	3,93	16	0,0106	0,00009	0,20	1510,2	0,0508	193,55	13,1	0,0266	0,76	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,027$ кПа)
85	715	0,02											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
85-39	715	0,02	4,23	16	0,0106	0,00009	0,20	1510,2	0,0508	193,55	3,2	0,0065	0,82	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													8,58	
Невязка: $((14,86-8,58)/14,86)*100\%=42\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,51, настройка 0,95														
40-86	472	0,01	3,77	16	0,0106	0,00009	0,13	997,0	0,0563	93,58	15,5	0,0137	0,37	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
86	472	0,01											7,00	FWV 01
86-40	472	0,01	4,02	16	0,0106	0,00009	0,13	997,0	0,0563	93,58	5,6	0,0050	0,38	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 4

														шт.(1,2*4)
													7,73	
Невязка: $((12,33-7,73)/12,33)*100\%=37\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,5, настройка 0,9														
41-87	321	0,01	3,93	16	0,0106	0,00009	0,09	678,0	0,0620	47,66	13,1	0,0054	0,21	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2шт.(1,2*2), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
87	321	0,01											7,00	FWV 01
87-41	321	0,01	4,23	16	0,0106	0,00009	0,09	678,0	0,0620	47,66	3,2	0,0013	0,20	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(1,2*2)
													7,39	
Невязка: $((12,14-7,39)/12,14)*100\%=39\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,5, настройка 0,9														
42-88	419	0,01	3,77	16	0,0106	0,00009	0,12	885,4	0,0580	76,03	15,5	0,0108	0,30	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
88	419	0,01											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
88-42	419	0,01	4,02	16	0,0106	0,00009	0,12	885,4	0,0580	76,03	5,6	0,0039	0,31	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 4 шт.(1,2*4)
													7,59	
Невязка: $((10,4-7,59)/10,4)*100\%=27\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,65, настройка 1,3														
43-89	503	0,01	3,93	16	0,0106	0,00009	0,14	1062,5	0,0554	104,60	13,1	0,0132	0,43	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(1,2*2), вентиль

														(9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
89	503	0,01											7,00	FWV 01
89-43	503	0,01	4,23	16	0,0106	0,00009	0,14	1062,5	0,0554	104,60	3,2	0,0032	0,44	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(1,2*2)
													7,85	
Невязка: $((10,3-7,85)/10,3)*100\%=24\%$, устанавливается балансировочный клапан Ду 15, Kv= 0,7, настройка 1,45														
44-90	419	0,01	3,53	16	0,0106	0,00009	0,12	885,4	0,0580	76,03	13,1	0,0091	0,29	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 2 шт.(2,4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
90	419	0,01											7,00	FWV 01
90-44	419	0,01	3,71	16	0,0106	0,00009	0,12	885,4	0,0580	76,03	3,2	0,0022	0,28	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 2 шт.(2,4)
													7,55	
Невязка: $((8,6-7,55)/8,6)*100\%=12\%$														
45-91	419	0,01	3,78	20	0,0132	0,00014	0,08	711,0	0,0613	26,82	15,5	0,0045	0,12	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
91	419	0,01											7,00	FWV 01

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
91-45	419	0,01	4,05	20	0,0132	0,00014	0,08	711,0	0,0613	26,82	5,6	0,0016	0,11	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 4 шт.(1,2*4)

													7,21	
Невязка: $((7,5-7,21)/7,5)*100\%=4\%$														
46-92	419	0,01	3,95	20	0,0132	0,00014	0,08	711,0	0,0613	26,82	15,5	0,0045	0,12	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,018$ кПа)
92	419	0,01											7,00	FWV 01
92-46	419	0,01	4,18	20	0,0132	0,00014	0,08	711,0	0,0613	26,82	5,6	0,0016	0,11	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 4 шт.(1,2*4)
													7,22	
Невязка: $((7,28-7,22)/7,28)*100\%=6\%$														
47-93	657	0,02	6,65	20	0,0132	0,00014	0,12	1114,4	0,0548	58,88	15,5	0,0110	0,42	тр. на разд. потоков(1,2),отвод 90 4 шт.(1,2*4), вентиль (9,5);фильтр($\Delta p=0,027$ кПа)
93	657	0,02											7,00	FWV 01
93-47	657	0,02	6,88	20	0,0132	0,00014	0,12	1114,4	0,0548	58,88	5,6	0,0040	0,41	тр. на слияние потоков(0,8),отвод 90 4 шт.(1,2*4)
													7,80	
Невязка: $((7,2-7,8)/7,2)*100\%=2\%$, избыточное давление погасить КРД														

Приложение Б

Диаграмма 1. Подбор типоразмера и предварительной настройки клапана

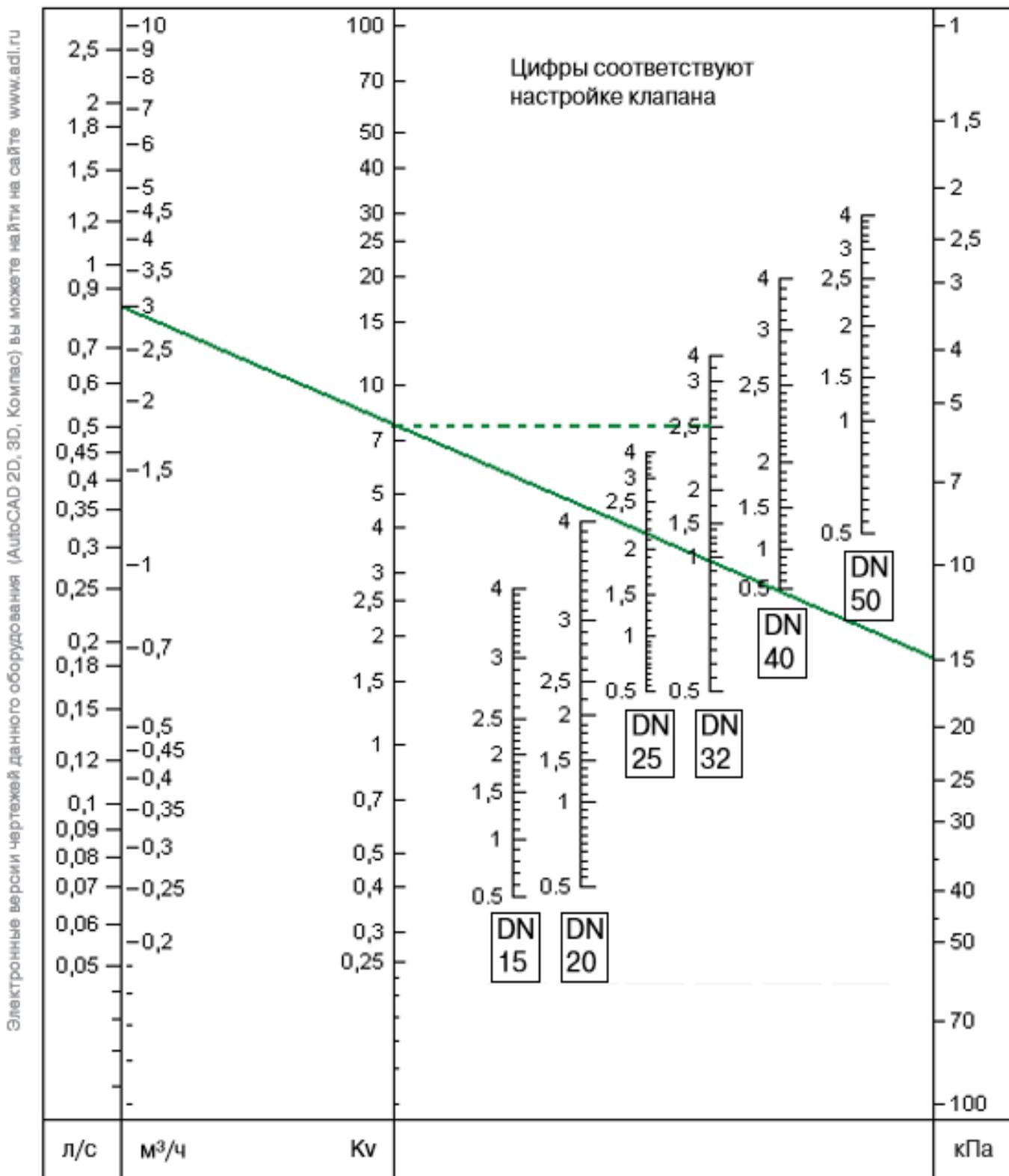


Рисунок Б.1 – Диаграмма подбора балансировочного клапана

Приложение В

Холодный контур

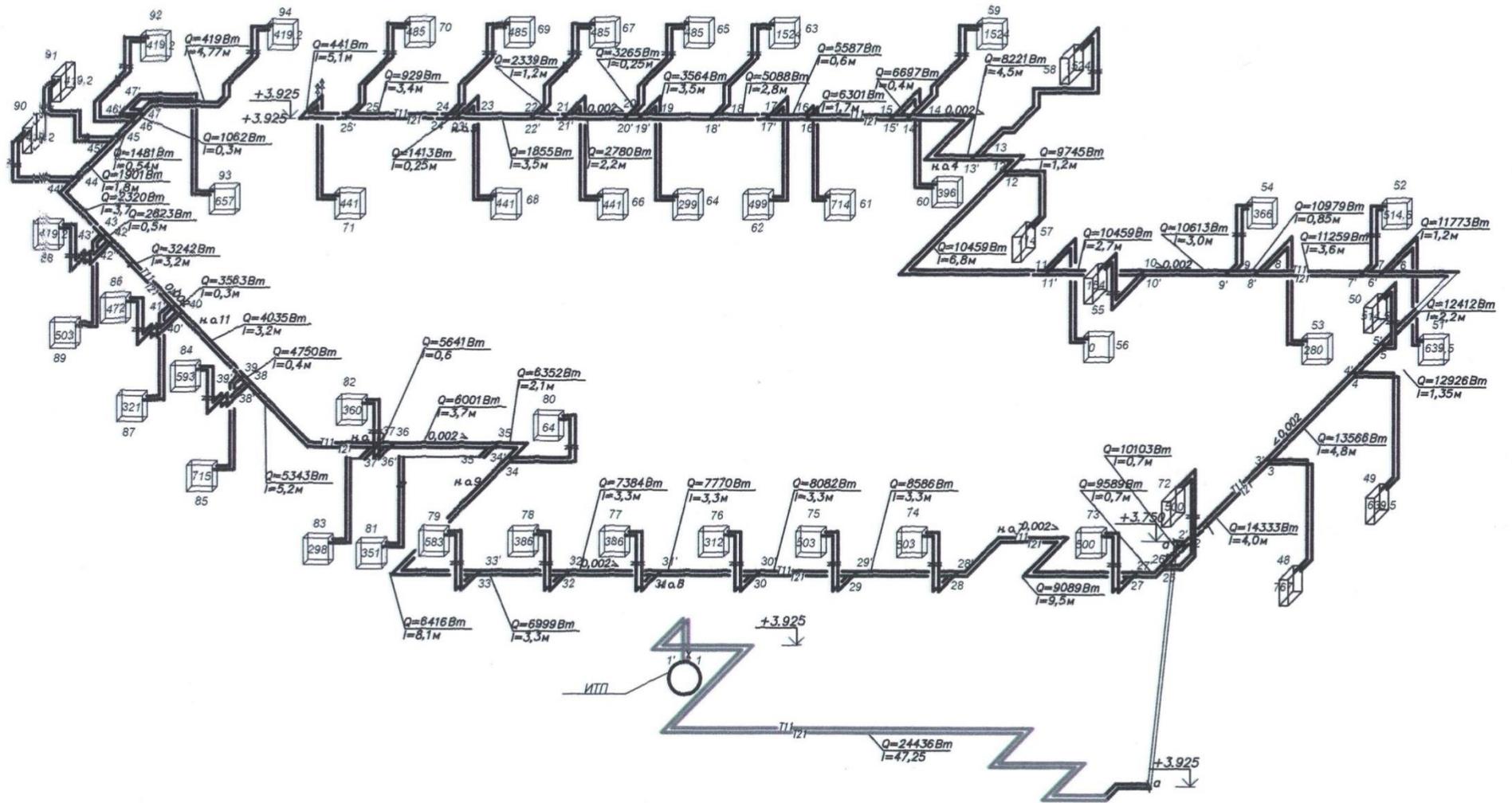


Рисунок В.1 – Аксонометрическая схема холодного контура CO1

Теплый контур

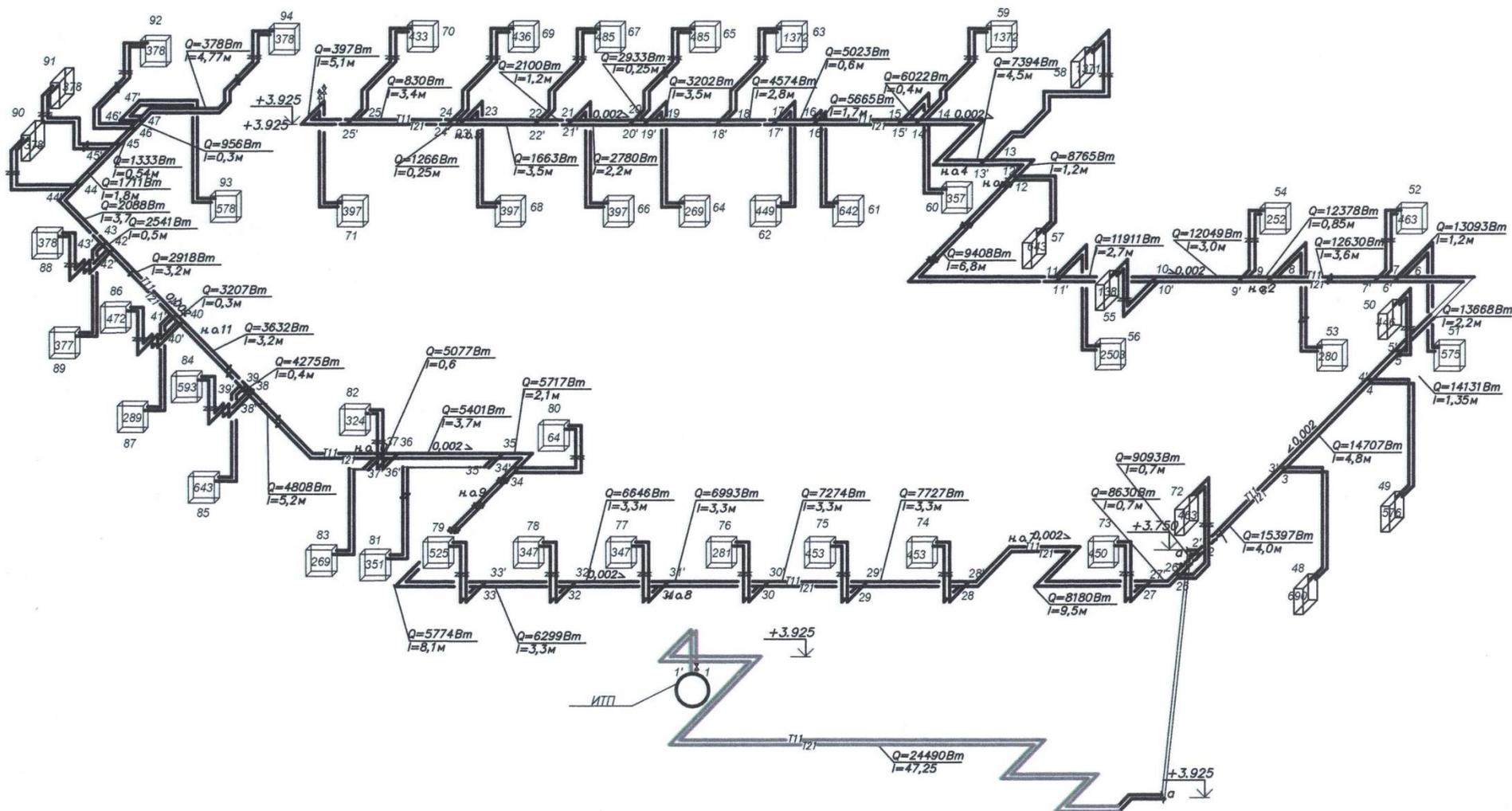


Рисунок В.2– Аксонометрическая схема теплового контура СО1

Приложение Д

Vitocal 300-G, тип BW 301.A21 - A45, BWS 301.A21 - A45 (продолжение)

3.2 Технические данные

Технические данные рассольно-водяных тепловых насосов

Тип BW/BWS		301.A21	301.A29	301.A45
Рабочие характеристики согласно EN 14511 (B0/W35, разность 5 К)				
Номинальная тепловая мощность	кВт	21,2	28,8	42,8
Холодопроизводительность	кВт	17,0	23,3	34,2
Потребляемая электрическая мощность	кВт	4,48	5,96	9,28
Кэффициент мощности ϵ (COP)		4,73	4,83	4,60
Рабочие характеристики согласно EN 255 (B0/W35, разность 10 К)				
Номинальная тепловая мощность	кВт	21,5	29,2	43,5
Холодопроизводительность	кВт	17,5	23,8	35,0
Потребляемая электрическая мощность	кВт	4,33	5,75	9,16
Кэффициент мощности ϵ (COP)		4,97	5,08	4,8
Рассол (первичный контур)				
Объем	л	6,5	8,5	11,5
Минимальный объемный расход	л/ч	3300	4200	6500
Гидродинамическое сопротивление	мбар	70	95	154
	кПа	7	9,5	15,4
Макс. температура подачи (вход рассола)	°C	25	25	25
Мин. температура подачи (вход рассола)	°C	-10	-10	-10
Теплоноситель (вторичный контур)				
Объем	л	6,5	8,5	11,5
Минимальный объемный расход	л/ч	1900	2550	3700
Гидродинамическое сопротивление	мбар	38	38	65
	кПа	3,8	3,8	6,5
Макс. температура подачи	°C	60	60	60
Электрические параметры теплового насоса				
Номинальное напряжение компрессора	В	3/PE 400 В/50 Гц		
Номинальный ток компрессора	А	16	22	34
Пусковой ток компрессора (с ограничителем пускового тока)	А	< 30	41	47
Пусковой ток компрессора с заблокированным ротором	А	95	118	174
Защита предохранителями компрессора	А	1 x C16A	1 x C25A	1 x C40A
		3-полюс.	3-полюс.	3-полюс.
Класс защиты		I	I	I
Электрические параметры контроллера				
Номинальное напряжение контроллера/электронной системы	В	1/N/PE 230 В/50 Гц		
Защита предохранителями контроллера/электронной системы		1 x B16A		
Предохранитель контроллера/электронной системы	А	Т 6,3 А/250 В		
Макс. электрич. потребляемая мощность контроллера/электронной системы теплового насоса 1-й ступени (тип BW 301.A)	Вт	25	25	25
Макс. электрич. потребляемая мощность электронной системы теплового насоса 2-й ступени (тип BWS 301.A)		20	20	20
Эл. потребляемая мощность контроллера/электронной системы 1-й и 2-й ступени	Вт	45	45	45
Степень защиты		IP 20	IP 20	IP 20
Контур хладагента				
Рабочая среда		R410A	R410A	R410A
Количество для наполнения	кг	4,7	6,2	7,7
Компрессор	Тип	Scroll Vollhermetik		
Допуст. рабочее давление на стороне высокого давления	бар	43	43	43
	МПа	4,3	4,3	4,3
Допуст. раб. давление на стороне низкого давления	бар	28	28	28
	МПа	2,8	2,8	2,8
Допуст. рабочее давление				
Первичный контур	бар	3	3	3
	МПа	0,3	0,3	0,3
Вторичный контур	бар	3	3	3
	МПа	0,3	0,3	0,3

Рисунок Д.1 – Характеристики теплового насоса 300G 301.A45

Приложение Е

2 Технические характеристики

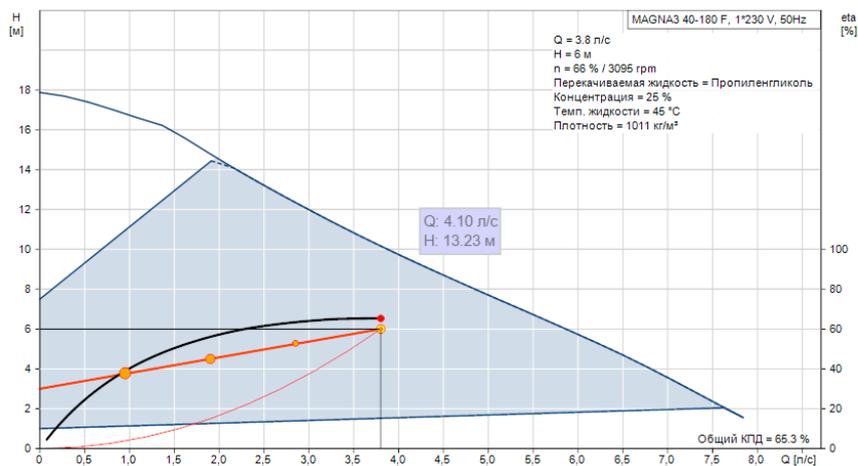
2-2 Технические характеристики (4 трубы)				FWV01DAFN 6V3/FV6V3	FWV02DAFN 6V3/FV6V3	FWV03DAFN 6V3/FV6V3	FWV04DAFN 6V3/FV6V3	FWV06DAFN 6V3/FV6V3	FWV08DAFN 6V3/FV6V3	FWV10DAFN 6V3/FV6V3	
Холодопроизводительность	Общая производительность	Выс.	кВт	1,46 (1)	1,90 (1)	2,87 (1)	4,33 (1)	4,67 (1)	6,64 (1)	7,88 (1)	
		Ном.	кВт	1,24 (1)	1,62 (1)	2,33 (1)	3,27 (1)	3,81 (1)	5,23 (1)	6,16 (1)	
		Низк.	кВт	0,99 (1)	1,35 (1)	1,73 (1)	2,48 (1)	3,11 (1)	3,93 (1)	4,07 (1)	
	Ощутимая мощность	Выс.	кВт	1,14 (1)	1,51 (1)	2,07 (1)	3,15 (1)	3,57 (1)	4,85 (1)	5,85 (1)	
		Ном.	кВт	0,97 (1)	1,25 (1)	1,66 (1)	2,45 (1)	2,87 (1)	3,80 (1)	4,57 (1)	
		Низк.	кВт	0,75 (1)	1,10 (1)	1,24 (1)	1,78 (1)	2,28 (1)	2,82 (1)	3,02 (1)	
Теплопроизводительность	4-трубн.	Выс.	кВт	1,90 (2)	2,10 (2)	3,08 (2)	5,05 (2)	5,30 (2)	7,91 (2)	9,30 (2)	
		Средн.	кВт	1,70 (2)	1,78 (2)	2,68 (2)	4,25 (2)	4,65 (2)	6,83 (2)	7,95 (2)	
		Низк.	кВт	1,50 (2)	1,56 (2)	2,18 (2)	3,60 (2)	4,04 (2)	5,69 (2)	6,12 (2)	
Входная мощность	Выс.	W	37	53	56	98		137	175		
	Ном.	W	28	36	43	61	68	104	130		
	Низк.	W	21	24	29	38	47	76	90		
Корпус	Цвет	Пластик и металл RAL9010									
	Материал	Пластик + листовой металл									
Размеры	Блок	Высота	мм	564							
		Ширина	мм	774	984	1.194		1.404			
		Глубина	мм	226				251			
Вес	Блок	кг	20	21	26	32	33	44			
	Эксплуатационный вес	кг	-								
Теплообменник	Ряды	Количество	2	3							
	Ступени	Количество	10						12		
	Шаг ребер	мм	1,8	1,6		1,8	1,6	2,1			
	Лицевая сторона	м ²	0,086		0,138	0,191		0,292			
	Объем воды	л	0,5	0,7	1	1,4		2,1			
Расход воды	Охлаждение	л/ч	251	327	494	745	803	1.142	1.355		
	Нагрев	л/ч	196	182	286	396	465	694	816		
Потеря давления воды	Охлаждение	кПа	13		11	12	14	12	19		
	Нагрев	кПа	7	8	5	10		8	9		
Дополнительный теплообменник	Группы	Количество	1								
	Ступени	Количество	8						10		
	Шаг ребер	мм	1,6								
	Лицевая сторона	м ²	0,068		0,11	0,152		0,243			
	Объем воды	л	0,2		0,3	0,4		0,6			
Вентилятор	Тип	Центробежный многолопастный, двустороннего всасывания									
	Количество	1			2						
	Расход воздуха	Выс.	м ³ /ч	307	327	431	690	763	998	1.362	
		Средний уровень	м ³ /ч	225	261	332	490	593	765	1.007	
		Низк.	м ³ /ч	174	205	238	356	460	565	636	
Напор	Выс.	Па	-								
Двигатель вентилятора	Скорость	Ступени	3 (выс., средн., низк.)								
	Модель	Закрытая индукция, класс изоляции В, тепловой выключатель обмотки									
Уровень звуковой мощности	Выс.	дБ(А)	45	50	47	52	56	58	64		
	Ном.	дБ(А)	39	44	41	43	49	51	57		
	Низк.	дБ(А)	33	38	33	35	43	44	48		
Подсоединения труб	Дренаж	НД	мм								
Изоляционный материал	Класс 1 самозатухающийся										
Виброизоляция	Резиновое кольцо для двигателя вентилятора										
Воздушный фильтр	Пластик										
Подсоединение водопровода	Станд. теплообменник	дюйм	1/2					3/4			
Примечания	(1) Охлаждение: 4-трубн.: температура воздуха 27°CDB, 19°CWB; температура воды на входе 7°C; температура воды на выходе 12°C										
	(2) Нагрев: 4-трубн.: температура воздуха 20°CDB; температура воды на входе 50°C; расход воды как и при охлаждении										
	(3) Расход воздуха при 0 Па ВСД										

DAIKIN • Фанкойлы • Внутренний блок

Рисунок Е.1 – Технические характеристики фанкойла

Приложение Ж

Характеристика насоса системы отопления GRUNDFOS тип MAGNA 40-180F.



Результат подбора

Тип MAGNA3 40-180 F
 Кол-во 1
 Двиг.

Расх	3.8	л/с
Напр	6.008	м
Мин давл. на входе	0.198	бар (60 °C, выше атмосферного)
Мощн. P1	0.346	кВт
КПД агрегата	65.3	% =КПД нас.*КПД эл.двиг
Общий КПД	65.3	% =КПД относит. рабочей точки
Потребл. энергии	1017	кВт-ч/Год
Выброс CO2	580	кг/Год
Стоим	По запросу	
Общие затраты	По запросу	/15Лет
стоим.жизн.цикл		/15Лет

Рисунок Ж.1 - Характеристика циркуляционного насоса

Приложение И

t-d диаграмма влажного воздуха

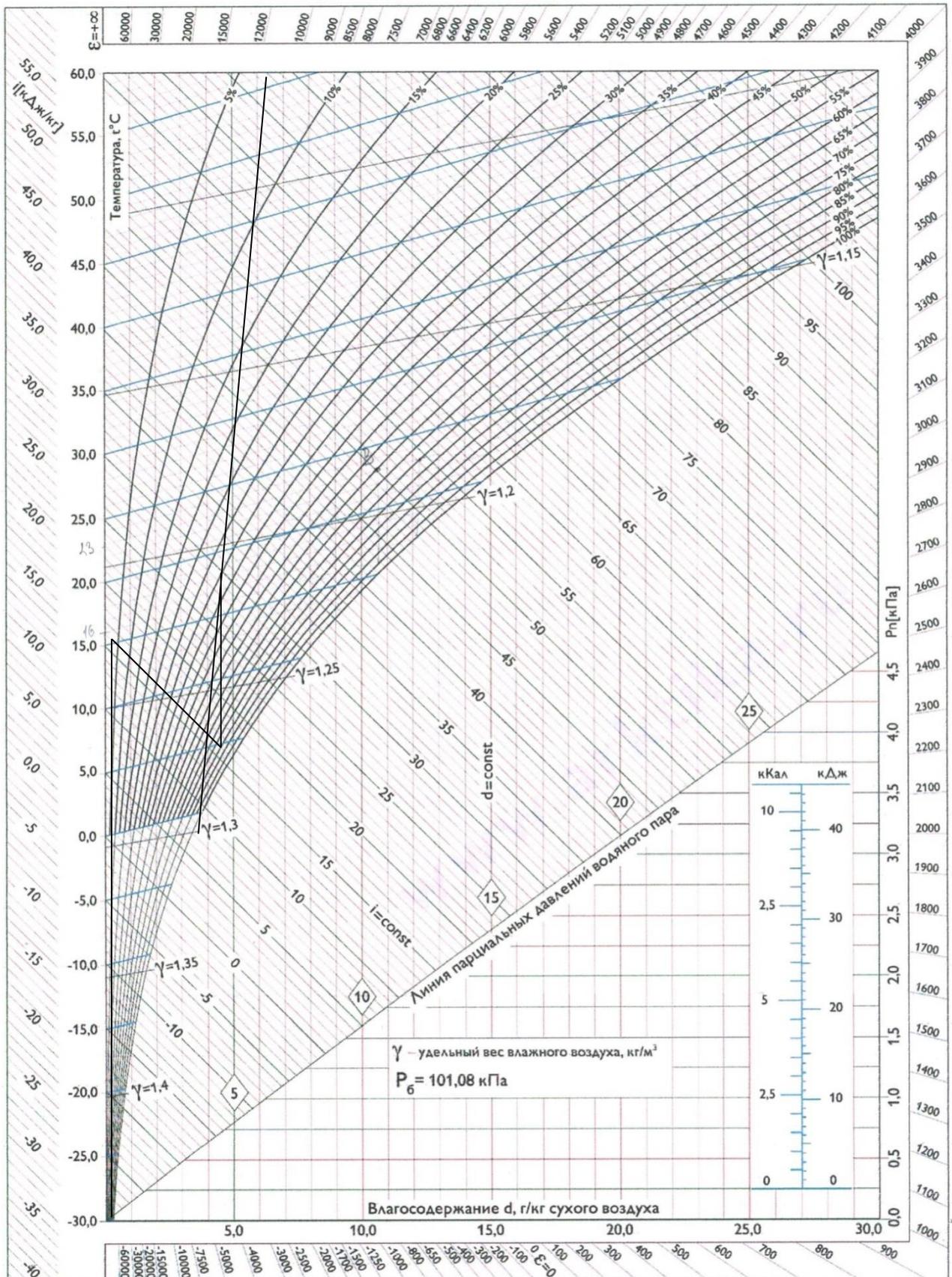


Рисунок И.1 – Процесс изменения параметров воздуха в холодный период года

t-d диаграмма влажного воздуха

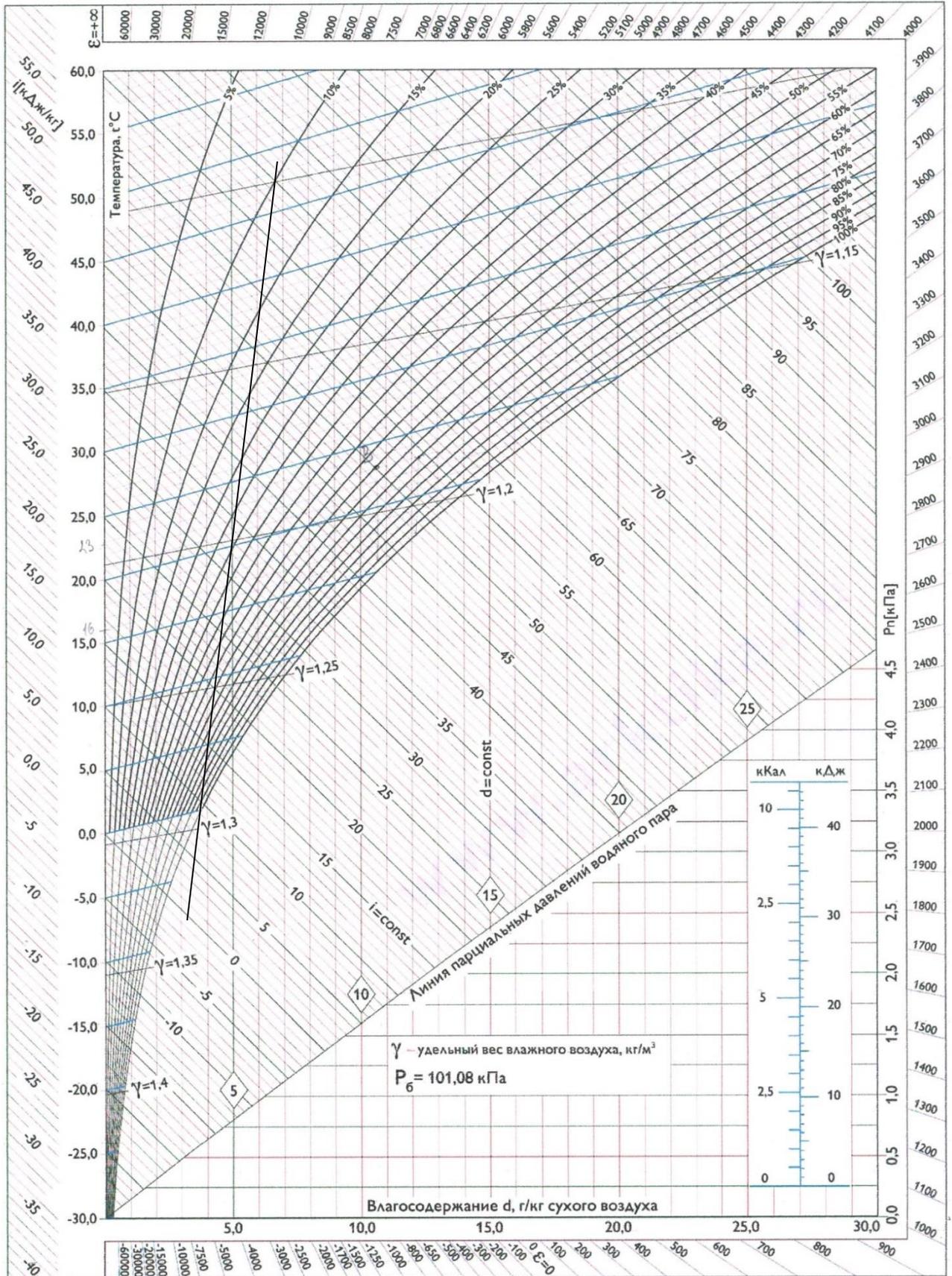


Рисунок И.2 – Процесс изменения параметров воздуха в теплый период года

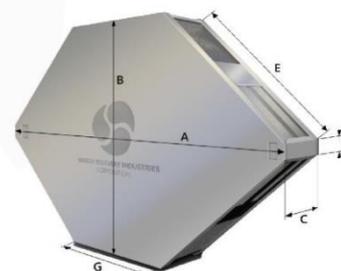
Приложение Н

ПРОТИВОТОЧНЫЙ ПЛАСТИНЧАТЫЙ РЕКУПЕРАТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК

ДОКУМЕНТ СОЗДАН	10.05.2016
ВЕРСИЯ ПРОГРАММЫ	1.0.2.2
ЛИЦЕНЗИЯ	DEFAULT, WITHOUT PRICES



НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА	---
КЛИЕНТ	---
КОД ОПИСАНИЯ	PCF-110-600
ЦЕНА ЗА БЛОК	€ 0
ЦЕНА ВСЕГО	€ 0



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ВЕС БЛОКА	61,42	kg
ВЕС ВСЕГО	61,42	kg
ШИРИНА БЛОКА	600	mm
РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПЛАСТИНАМИ	2,1	mm
КОЛИЧЕСТВО БЛОКОВ	1	
МАТЕРИАЛ	ОБЫЧНЫЙ АЛЮМИНИЙ	
АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ	101325	Pa

РАЗМЕРЫ

A ДЛИНА	1182	mm
B ВЫСОТА	957	mm
C ШИРИНА	600	mm
D ШИРИНА ВОЗДУШНОГО КАНАЛА	---	mm
E ШИРИНА ПРАВОГО И ЛЕВОГО НАКЛОНА	660	mm
F ВЫСОТА ЛЕВОЙ И ПРАВОЙ ЛАМЕЛИ	26	mm
G ВЕРХНЯЯ И НИЖНЯЯ ШИРИНА	248	mm
H ДЛИНА ОБХОДА	---	mm

ВХОДНЫЕ УСЛОВИЯ

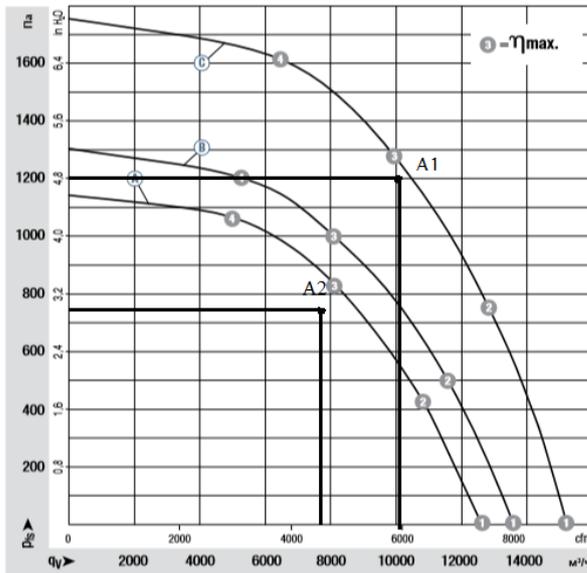
	❄️		☀️		
СТАНДАРТНЫЙ ПОТОК ВОЗДУХА	10128	7804	10128	7804	m³/h
ФАКТИЧЕСКИЙ ПОТОК ВОЗДУХА	9307,18	7834,46	10230,9	7849,86	m³/h
ТЕМПЕРАТУРА ПЕРЕД ТЕПЛООБМЕНОМ	-30	22	28,5	19,5	°C
СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ ПЕРЕД ТЕПЛООБМЕНОМ	0,27	4,91	11,94	15,33	g/kg
ОТН. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА ДО ТЕПЛООБМЕНА	84	30	49	90	%
ЭНТАЛЬПИЯ ПЕРЕД ТЕПЛООБМЕНОМ	-29,8	34,59	52,8	59,49	kJ/kg

ВЫХОДНЫЕ УСЛОВИЯ

ФАКТИЧЕСКИЙ ПОТОК ВОЗДУХА	9932,32	7345,6	10234,52	7956,93	m³/h
ТЕМПЕРАТУРА ПОСЛЕ ОБМЕНА	7,12	-24,39	23,23	29,22	°C
СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ ПОСЛЕ ОБМЕНА	0,27	0,02	11,94	15,33	g/kg
ОТН. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА ПОСЛЕ ОБМЕНА	3,68	3,04	58,73	65	%
ЭНТАЛЬПИЯ ПОСЛЕ ОБМЕНА	11,78	-24,48	52,88	64,79	kJ/kg
ЛИЦЕВАЯ СКОРОСТЬ	2,26	2,33	3,43	2,33	m/s
ПЕРЕПАД ДАВЛЕНИЯ	370,14	323,57	509,07	297,19	Pa
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБМЕНА, СУХОЙ	66,74	95,4	62,7	89,72	%
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБМЕНА, ВЛАЖНЫЙ	79,08	89,21	62,7	89,72	%
РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛА, СУХОЙ	51,29	-51,29	-7,11	-7,11	kW
РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛА, ВЛАЖНЫЙ	60,78	-60,78	-7,11	-7,11	kW
КОНДЕНСАТ	0	-18,74	0	0	kg/h

Рисунок Н.1 – Программа подбора пластинчатого рекуператора

Приложение II



- Количество лопаток: 7
- Направление вращения: вправо, если смотреть на ротор
- Тип защиты: IP 54 (согласно EN 60529)
- Класс изоляции: "F"
- Монтажное положение: вал горизонтально или ротор вниз; ротор вверх – по запросу
- Отверстия для отвода конденсата: со стороны ротора

Номинальные данные		Характеристика	Диапазон номинального напряжения	Частота тока	Частота вращения ⁽¹⁾	Макс. потребляемая мощность ⁽¹⁾	Макс. потребляемый ток ⁽¹⁾	Допуст. окружающая температура
Тип	Мотор	В перем.	Гц	об/мин	Вт	А	°С	
*3G 500	M3G 150-FF	Ⓐ	3~ 380-480	50/60	1780	2825	4,30	-25..+60
*3G 500	M3G 150-FF	Ⓑ	3~ 380-480	50/60	1910	3510	5,40	-25..+50
*3G 500	M3G 150-IF	Ⓒ	3~ 380-480	50/60	2200	5500	8,40	-25..+45

Оставляем за собой право на изменения. ⁽¹⁾ Номинальные параметры в рабочей точке при максимальной нагрузке и 400 В перем.

Рисунок П.1 - Характеристики вентиляторов с рабочими точками A₁ и A₂

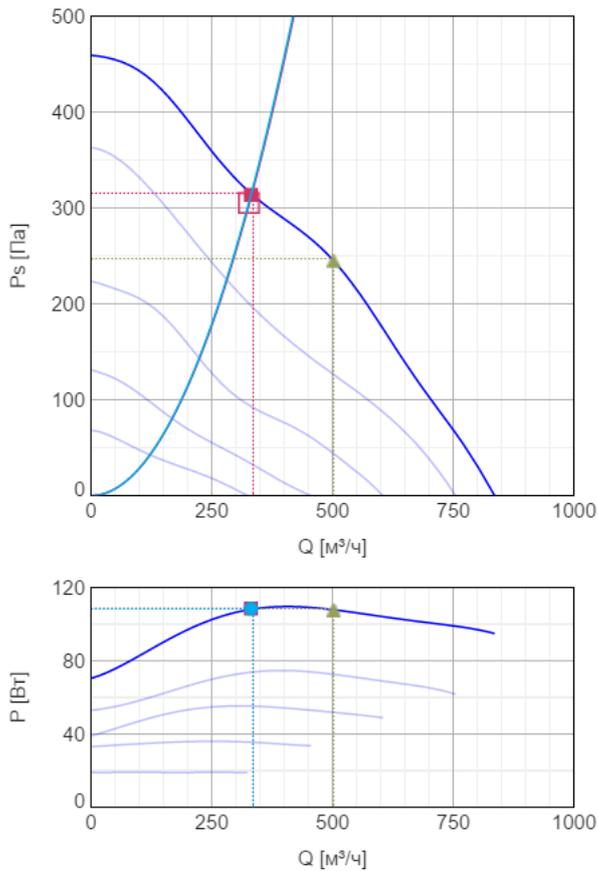
Приложение Р

Подбор вентиляционного оборудования для местной вытяжной системы.

Расход 328 м³/ч; Давление 305 Па.

Подобран вентилятор Systemair DVS 225EZ, с характеристиками :

Диаграммы



Гидравлические данные

	Заданная точка		Рабочая точка						
	Q [м ³ /ч]	Ps [Па]	Q [м ³ /ч]	Ps [Па]	P [Вт]	n [1/мин]	I [А]	SFP [кВт/м ³ /с]	U [В]
Макс. эффективность			▲ 502	▲ 245	▲ 108	2561	0,459	0,774	230
Подбор	□ 328	□ 305	■ 333	■ 314	■ 108	2580	0,46	1,17	230

Рисунок Р.1 – Характеристика вентилятора

Приложение С

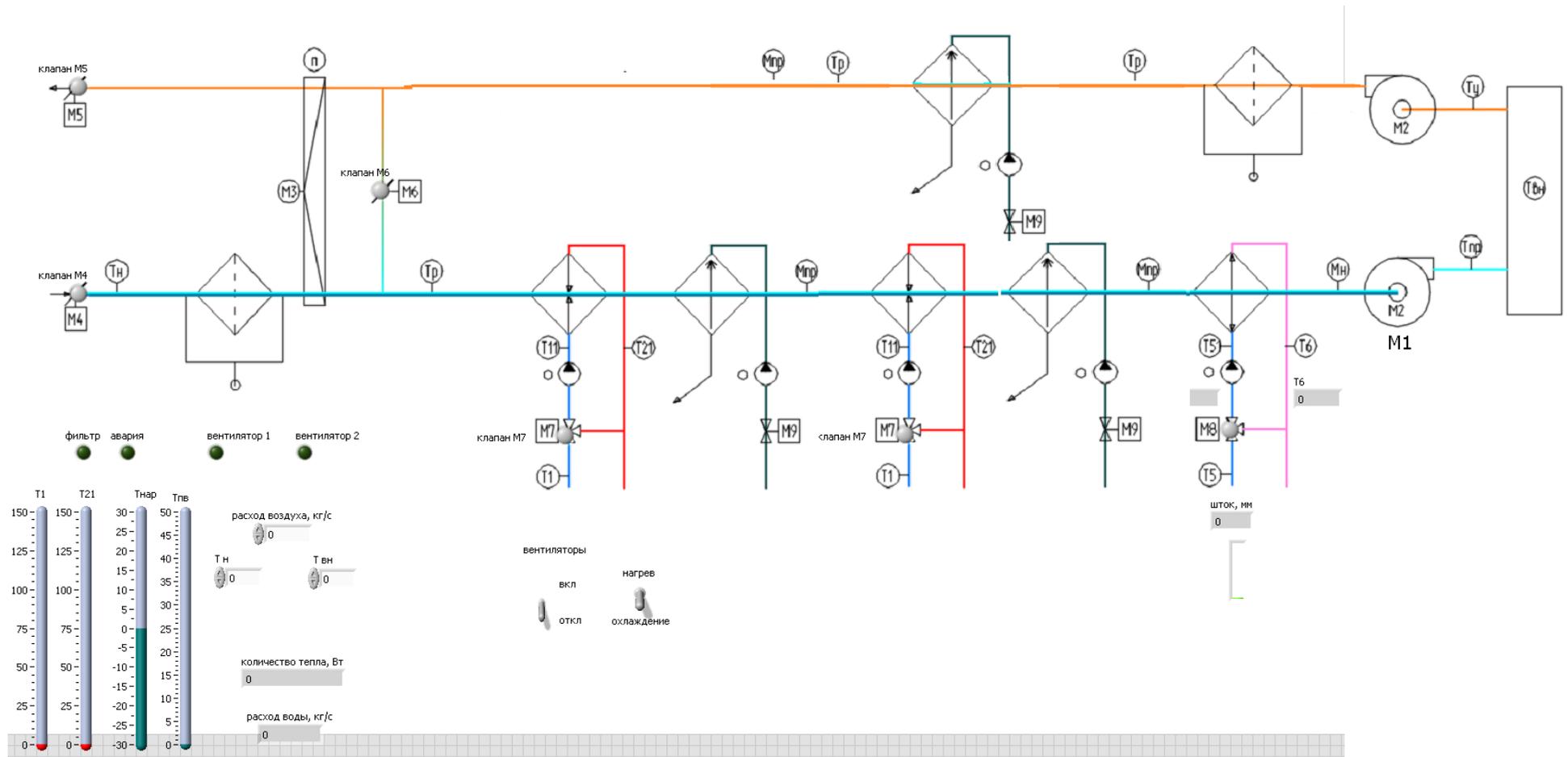


Рисунок С.1 – Схема автоматизации ПВ1

Приложение Т

Таблица Т.1 – Ведомость трудоемкости работ

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Обоснование (ЕНиР, ГЭСН)	Норма времени, чел.-час.	Трудоемкость		Всего, чел.-дни.	Состав бригады
					Захватка I			
					объем работ	чел.-дни.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Разметка мест прокладки трубопроводов	100 м	Е 9-1-1	1,32	10,74	1,73	1,73	6разр-2
2	Сверление и пробивка отверстий в стенах и перекрытиях электрической сверлильной машиной	100 отв.	Е9-1-46	12,65	0,42	0,65	0,65	3разр-1
3	Комплектование и поднос материалов и изделий	т	Е 9-1-41	3,75	1,5	0,69	0,69	4разр-1, 2разр-1
4	Прокладка ПЭ труб магистрали Ø 16- Ø 50 Ø 63	м	Е 9-1-4	0,22 0,198	532,86 189	14,3 4,56	14,3 4,56	4разр-1, 3разр-1
5	Установка фанкойлов	шт	Е 10-1	5	47	28,6	28,6	5разр-1, 4разр-1, 3 разр-1
6	Установка автоматических воздух отводчиков	шт	Е9-1-18	0,11	47	0,63	0,63	4разр-1
7	Установка клапанов Ø16-Ø63	шт	ГЭСН 16-05-001	0,1	48	0,59	0,59	4разр-1

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Сварка:							
	- вертикальная	стык	Е22-2-1	0,06	210	1,54	1,54	Эл.свар. бразр.-1
	- горизонтальная	стык		0,07	60	0,51	0,51	
9	Испытание трубопроводов и нагревательных приборов:							
	- первое рабочее испытание отдельных частей системы	100 м	Е9-1-8	5,3	7,22	4,67	4,67	5разр- 1,4разр-1, 3разр-1
	- рабочая проверка системы в целом	100 м	Е9-1-8	2,8	7,22	2,47	2,47	бразр- 1,5разр-1, 4разр-1
	- проверка на прогрев отопительных приборов с регулировкой	шт	Е9-1-8	0,11	47	0,63	0,63	бразр-1
	- окончательная проверка системы при сдаче	100 м	Е9-1-8	2,3	7,22	2,03	2,03	бразр-1ч, 5разр-1
	Итого:						63,6	
	Подготовительные работы – 4%:						2,54	
	Работы за счет накладных расходов – 10 %:						6,36	
	Всего:						72,5	