

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Специальность промышленная теплоэнергетика
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ, ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТНХК

УДК 697.34:665.6(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6501	Алексеев Александр Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляликов Борис Анатольевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «**Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко Аркадий Альбертович	К.Э.Н.		

По разделу «**Социальная ответственность**»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
теоретической и промышленной теплотехники	Кузнецов Гений Владимирович	профессор, д.ф.-м.н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки промышленная теплоэнергетика
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
3-6501	Алексеев Александр Васильевич

Тема работы:

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ, ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТНХК	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016г
--	-------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Исходные данные к проекту, взяты по данным предприятия ТНХК.
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Анализ режима работы теплоснабжения; • Расчет максимальных тепловых нагрузок и годового потребления; • Расчет расхода теплоносителя при температурном графике 130/80, °С; • Энергетическое обследование объектов теплоснабжения; • Моделирование тепловых режимов приточных вентиляционных камер; • Гидравлический расчет тепловой сети; • Разработка рекомендаций по реконструкции тепловых узлов; • Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; • Социальная ответственность;
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Схема тепловой сети (А0); • Схема котельной (А0);
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Фигурко А.А., доцент каф. менеджмента</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А.А., к.т.н., доцент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>доцент</p>	<p>Ляликов Борис Анатольевич</p>	<p>К.Т.Н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>3-6501</p>	<p>Алексеев Александр Васильевич</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3 – 6501	Алексеев Александр Васильевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Специалитет	Специальность	промышленная теплоэнергетика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов материально-технических, энергетических, финансовых, и человеческих	Для составления сметы по проектированию указываются виды работ, исполнителей, их заработная плата. Для вычисления других затрат, вводится отношение искомых денежных средств к уже определенным, так заработная плата работникам оформления равняется 11,1%, а техническое руководство 18% от величины заработной платы всех исполнителей. В количестве 63,7% от величины итоговой заработной платы рассчитываются накладные расходы, а в количестве 27,2 – другие прямые затраты. Для определения величины накопленных итоговую сумму затрат (итоговая заработная плата, накладные расходы и другие затраты) умножают на 0,2 (20%). К конечному значению прибавляется единый социальный налог в размере 34%.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общий режим налогообложения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	
3. Обоснование необходимых инвестиций	
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко Аркадий Альбертович	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6501	Алексеев Александр Васильевич		



Институт	ИнЭО
Направление подготовки (специальность)	140104 – «Промышленная теплоэнергетика»
Уровень образования	Специалитет
Кафедра	«Теоретической и промышленной теплотехники»
Период выполнения	весенний семестр 2016 учебного года

Студенту:

Группа	ФИО
З – 6501	Алексеев Александр Васильевич

Тема работы:

«Анализ тепловых, гидравлических режимов и разработка мероприятий по повышению эффективности работы систем теплоснабжения ТНХК»	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

Дипломный проект (работа)

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места:

В данной работе рассматривается котельная, расположенная в районе города Магадана, которая работает, как и на природном газе, так и на мазутном топливе (мазут используется как резервное топливо). В котельной установлены два котла водогрейных, один из которых находится в резерве. Так же в котельной, используется вспомогательное оборудование - насосы для подачи воды.

Всё это оборудование ведет к вредным факторам производственной среды: метеоусловия, вредны вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения. Так же не мало, важно учитывать факторы механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы.

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме:

- ГОСТ 14202-69 «Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки»;
- ГОСТ 22061-76 «Машины и технологическое оборудование. Система классов точности балансировки. Основные положения»;
- ГОСТ 12.1-004-76 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»;
- НПБ 105-03 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 314);

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производной среды в следующей последовательности:

- физико – химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производной среды в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения);

3. Охрана окружающей среды:

- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).

4. Защита в чрезвычайных ситуациях:

- перечень возможных ЧС на объекте;
- выбор наиболее типичной ЧС;
- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.

5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Перечень расчётного и графического материала

В данной работе представляются расчёты искусственного освещения:

- расчёт расстояния между светильниками;
- расчёт осветительной установки;
- расчёт индекса помещения;
- расчёт светового потока лампы.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Сечин Андрей Александрович	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 - 6501	Алексеев Александр Васильевич		

Содержание

Введение.....	8
1. Анализ режима работы системы теплоснабжения. Обоснование перспективного температурного графика.....	10
2. Расчет максимальных тепловых нагрузок и годового потребления	16
2.1. Расчетные тепловые нагрузки	16
2.1.1. Отопительная нагрузка	16
2.1.2. Тепловая нагрузка на вентиляцию.....	17
2.1.3. Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение	18
2.2. Пример расчета тепловых нагрузок по видам потребления для корпуса №428.....	19
2.2.1. Отопительная нагрузка	19
2.2.2. Тепловая нагрузка на вентиляцию.....	19
2.2.3. Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение	20
3. Расчет расхода теплоносителя при температурном графике 130/80, °С	21
3.1. Методика расчета расходов теплоносителя	21
3.1.1. Расчет расходов теплоносителя на отопление	21
3.1.2. Расчет расходов теплоносителя на вентиляцию	21
3.1.3. Расчет расходов теплоносителя на ГВС	22
3.1.4. Расчет общих расходов сетевой воды	22
3.2. Пример расчета расходов по видам потребления и общих расходов сетевой воды для корпуса № 428	22
3.2.1. Расчет расходов теплоносителя на отопление	22
3.2.2. Расчет расходов теплоносителя на вентиляцию	23
3.2.3. Расчет расходов теплоносителя на ГВС	23
3.2.4. Расчет общих расходов сетевой воды	24
4. Энергетическое обследование объектов теплоснабжения ООО “Томскнефтехим”	26
4.1. Описание парка приборов.....	26
4.2. Программа энергетического обследования объектов ООО “Томскнефтехим”	27
4.3. Результаты энергетического обследования.....	30
5. Моделирование тепловых режимов приточных вентиляционных камер	36
5.1. Методика инженерного расчета вентиляционных камер	36
5.1.1. Определение расчетной теплопроизводительности калориферной установки при заданной температуре воды в обратном трубопроводе.....	36
5.1.2. Определение расчетной температуры обратной воды от калориферной установки при заданной ее теплопроизводительности	41
5.2. Методика автоматизированного расчета вентиляционных камер	48
5.2.1. Текст программы для определения расчетной теплопроизводительности отопительно-вентиляционного агрегата при заданной температуре воды в обратном трубопроводе.....	48
5.2.2. Текст программы для определения расчетной температуры обратной воды отопительно-вентиляционного агрегата при заданной теплопроизводительности установки.....	50
5.2.3. Инструкция по формированию файла с исходными данными для определения расчетной теплопроизводительности отопительно-вентиляционного агрегата.....	54
5.2.4. Инструкция по формированию файла с исходными данными для определения расчетной температуры обратной воды по известной теплопроизводительности установки.....	55
5.3. Пример расчета вентиляционных камер для корпуса 420 приточная установка П-1 ..	56
6. Гидравлический расчет тепловой сети.....	65
6.1. Методика инженерного расчета	65
6.1.1. Расчетные зависимости	66
6.1.2. Поверочный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети	69

6.1.3. Построение пьезометрического графика.....	72
6.2. Методика автоматизированного расчета	73
6.2.1. Текст программы для гидравлического расчета двухтрубных тупиковых водяных тепловых сетей.....	76
6.2.2. Инструкция по формированию файла с исходными данными для гидравлического расчета двухтрубных тупиковых водяных тепловых сетей	77
6.3. Гидравлический расчет магистрального участка тепловой сети ООО “Томскнефтехим”	78
7. Разработка рекомендации по реконструкции тепловых узлов.....	87
7.1. Варианты реконструкции тепловых узлов	87
7.1.1. Реконструкция с применением элеваторной схемы присоединения системы отопления	87
7.1.2. Реконструкция с применением дроссельной диафрагмы	89
7.1.3. Реконструкция с применением балансировочного клапана	91
7.2. Примеры расчета вариантов реконструкции тепловых узлов.....	96
7.2.1. Реконструкция теплового узла корпуса номер 417 с применением элеватора.....	96
7.2.2. Реконструкция теплового узла корпуса номер 414 с применением дроссельной шайбы	97
7.2.3. Реконструкция узла корпуса номер 1113 с применением балансировочного клапана	98
8. Техничко-экономический расчет	100
9. Автоматизированные системы контроля и регулирования температуры.....	106
9.1. Краткое описание технологического оборудования.....	106
9.2. Постановка задачи автоматического контроля и регулирования (АКиР) объекта.....	106
9.3. Разработка функциональной схемы контроля и автоматического регулирования объекта	107
9.4. Выбор средств измерений и регулирования и составления заказной спецификации	108
10. Производственная экологическая безопасность при монтаже и эксплуатации ИТП	110
10.1. Производственная безопасность.....	110
10.2. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	113
10.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	120
10.4. Экологическая безопасность	123
10.5. Безопасность чрезвычайных ситуаций.....	124
10.6. Расчет искусственного освещения ИТП.....	126
Заключение.....	129
Список литературы	131

Введение

ООО «Томскнефтехим» является дочерним предприятием СИБУРа и одним из крупнейших российских производителей полимеров – полипропилена и полиэтилена высокого давления. «Томскнефтехим» – первое производство в России, где освоен выпуск титан-магниевого катализатора, который по целому ряду параметров превосходит традиционно применяемые на производствах полипропилена каталитические системы.

В состав мощностей предприятия входит производство мономеров — этилена и пропилена установленной мощностью 300 тысяч тонн и 150 тысяч тонн в год, соответственно, которые полностью обеспечивают сырьем производство полимеров.

На предприятии действуют производство полипропилена (мощность — свыше 115 тыс. тонн в год), полиэтилена высокого давления (мощность — свыше 240 тыс. тонн в год), а также установки по выпуску формалина и карбамидных смол.

Производственная инфраструктура «Томскнефтехима» включает в себя современный товарно-сырьевой парк, разгрузо-погрузочный комплекс, предназначенный для работы с крупнотоннажными контейнерами, и систему паллетирования сырья и готовой продукции. Транспортировку сырья и готовой продукции предприятия обеспечивает железнодорожный и автотранспортный парк.

На базе «Томскнефтехима» функционирует ремонтно-механический комплекс, который позволяет осуществлять полноценный производственный цикл проведения ремонтных работ от поступления материала, изготовления запасных частей до их последующего применения для ремонта технологического оборудования. Также на базе предприятия действует научно-исследовательский и конструкторский центр, чьим направлением деятельности является разработка новой продукции, совершенствование технологических процессов и участие в разработке перспективных программ развития предприятия.

Основным направлением деятельности «Томскнефтехима» является переработка широкой фракции легких углеводородов с повышенным содержанием этана и производство полимеров.

Поставки сырья осуществляются по продуктопроводу с Южно-Балыкского газоперерабатывающего комплекса СИБУРа. Широкая фракция легких углеводородов поступает на пиролизные установки по выработке мономеров — этилена и пропилена, которые следуют на полимерные производства «Томскнефтехима». Конечная продукция поступает на внутренний рынок и экспорт. Поставки полипропилена также осуществляются на «Ортон» — предприятие СИБУРа в Кемерове, которое производит геосинтетический материал «Канвалан».

Номенклатура продукции «Томскнефтехима» из полипропилена насчитывает свыше 60 наименований, в том числе композиционные материалы на основе полипропилена и его сополимера с этиленом. Перечень готовой продукции из полиэтилена высокого давления содержит свыше 25 его наименований и композиций на его основе. Попутные продукты производства (бутилен-бутадиеновая фракция, фракция жидких продуктов пиролиза и тяжелая смола пиролиза) используются для производства синтетического каучука, ароматических углеродов (бензол) и техуглеродов.

Так как ООО «Томскнефтехим» является самым крупным промышленным предприятием в области и для обеспечения его работы потребляется большое количество энергоресурсов, следует отметить, что энергетическая эффективность систем производства, транспортировки и потребления энергоресурсов (в частности тепловых сетей) играет важную роль в работе предприятия.

Так же стоит отметить, что Томский нефтехимический комплекс, а стало быть, и система теплоснабжения предприятия, эксплуатируется уже более тридцати лет, что не может не повлиять на ее техническое состояние и энергоэффективность негативно. Исходя из вышеизложенного, сделан вывод о необходимости проведения обследования системы теплоснабжения на объекте, с целью повышения уровня его энергоэффективности.

Данная выпускная квалификационная работа является продолжением работ в рамках энергетического обследования, проведенного компанией ООО «ЦКЭСТ».

В данной выпускной квалификационной работе (ВКР) приведены способы разработки и реализации мероприятий по повышению уровня энергоэффективности системы теплоснабжения ООО «Томскнефтехим».

1. Анализ режима работы системы теплоснабжения. Обоснование перспективного температурного графика

За многие годы эксплуатации система теплоснабжения ООО «Томскнефтехим» претерпевала множество изменений, в процессе внедрения которых, не учитывались проектные параметры системы. Таким образом, на сегодняшний день, одной из насущных проблем является несоответствие проектных параметров теплоносителя и значений расходов с фактическими.

В системе теплоснабжения ООО «Томскнефтехим» официально утвержден проектный температурный график сетевой воды 150/70 ,⁰С (Рисунок 1.1.).

В соответствии с этим графиком нормативный расход сетевой воды на все виды тепловых нагрузок (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, технологические нужды) при расчетной нагрузке 123,3 Гкал/ч (с учетом сторонних потребителей) составляет 1537 т/ч.

Фактическим (установлено в ходе предварительных замеров) температурным графиком в силу ряда причин (например, отказ от элеваторной схемы присоединения систем отопления и вентиляции в большинстве производственных корпусов ООО «Томскнефтехим», повышенная температура обратной сетевой воды и т.д.) является график 120/90 ,⁰С. Расход сетевой воды для этого графика при вышеуказанной нагрузке составит 4106,6 т/ч.

Эксплуатация системы теплоснабжения ООО «Томскнефтехим» по утвержденному температурному графику 150/70 ,⁰С затрудняется в связи с завышенной температурой сетевой воды в обратной линии тепловой сети.

В связи с изложенным, наряду с вопросом снижения температуры сетевой воды на выходе из систем теплоснабжения до нормативных значений, актуальным является обоснование оптимального температурного графика сетевой воды, так как от графика зависят тепловой и гидравлический режимы работы системы теплоснабжения.

В качестве альтернативного графика предлагается температурный график сетевой воды 130/80 ,⁰С (Рисунок 1.2.).

Преимущества применения графика 130/80 ,⁰С °С:

- 1) Расход теплоносителя для данного графика (с учетом потерь в тепловых сетях) при расчетной суммарной нагрузке составит 2464 т/ч, что ниже расхода по графику 120/90 ,⁰С примерно на 1642 т/ч. Переход на температурный график 130/80 ,⁰С приведет к снижению расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя. Но достижение этих показателей возможно лишь при поддержании температуры обратной сетевой воды в соответствии с температурным графиком сетевой воды. Поэтому снижение температуры обратной сетевой воды является одной из приоритетных задач, решение которой возможно расчетно-экспериментальным способом.

- 2) Снижение расхода теплоносителя в тепловых сетях обеспечит улучшение и повышение надежности гидравлического режима в сетях за счет снижения гидравлического сопротивления и повышения располагаемых напоров на тепловых вводах объектов теплоснабжения. Количественно оценить повышение надежности гидравлических режимов можно после выполнения гидравлических расчетов тепловой сети и построения пьезометрического графика.
- 3) Согласно отчету компании ООО «ЦКЭСТ» [1], предварительные сравнительные технико-экономические расчеты по определению расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя в системе теплоснабжения для ООО «Томскнефтехим» показали, что наряду с улучшением гидравлического режима работы тепловых сетей ожидаемая экономия расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя в системе теплоснабжения при переходе на график сетевой воды 130/80 ,⁰С составит около 900 тыс. кВт ч электроэнергии.

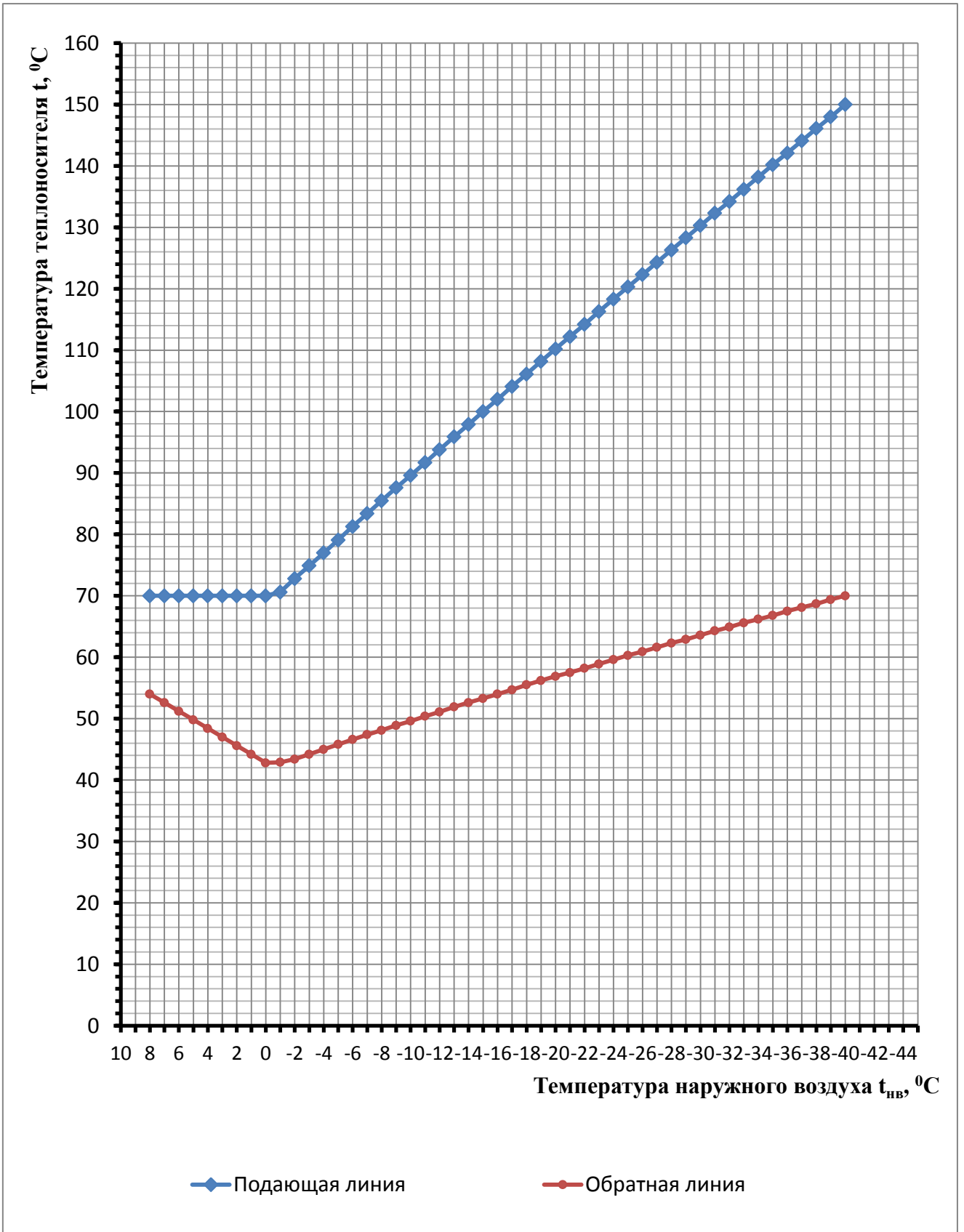


Рисунок 1.1. Температурный график сетевой воды ООО "Томскнефтехим"
 $t_1/t_2=150/70$ °C

Таблица 1.1.

Температурный график сетевой воды ООО "Томскнефтехим" $t_1/t_2=150/70$ °C

$t_{нв}$	t_1	t_2
°C	°C	°C
8	70	54
7	70	52,6
6	70	51,2
5	70	49,8
4	70	48,4
3	70	47
2	70	45,6
1	70	44,2
0	70	42,8
-1	70,6	42,9
-2	72,8	43,4
-3	74,9	44,2
-4	77	45
-5	79,1	45,8
-6	81,3	46,6
-7	83,4	47,4
-8	85,5	48,1
-9	87,6	48,9
-10	89,6	49,6
-11	91,7	50,4
-12	93,8	51,1
-13	95,9	51,9
-14	97,9	52,6
-15	100	53,3
-16	102	54
-17	104,1	54,7
-18	106,1	55,5
-19	108,2	56,2
-20	110,2	56,9
-21	112,2	57,5
-22	114,2	58,2
-23	116,3	58,9
-24	118,3	59,6
-25	120,3	60,3
-26	122,3	60,9
-27	124,3	61,6

$t_{нв}$	t_1	t_2
°C	°C	°C
-28	126,3	62,3
-29	128,3	62,9
-30	130,3	63,6
-31	132,3	64,3
-32	134,2	64,9
-33	136,2	65,6
-34	138,2	66,2
-35	140,2	66,8
-36	142,1	67,5
-37	144,1	68,1
-38	146,1	68,7
-39	148	69,4
-40	150	70

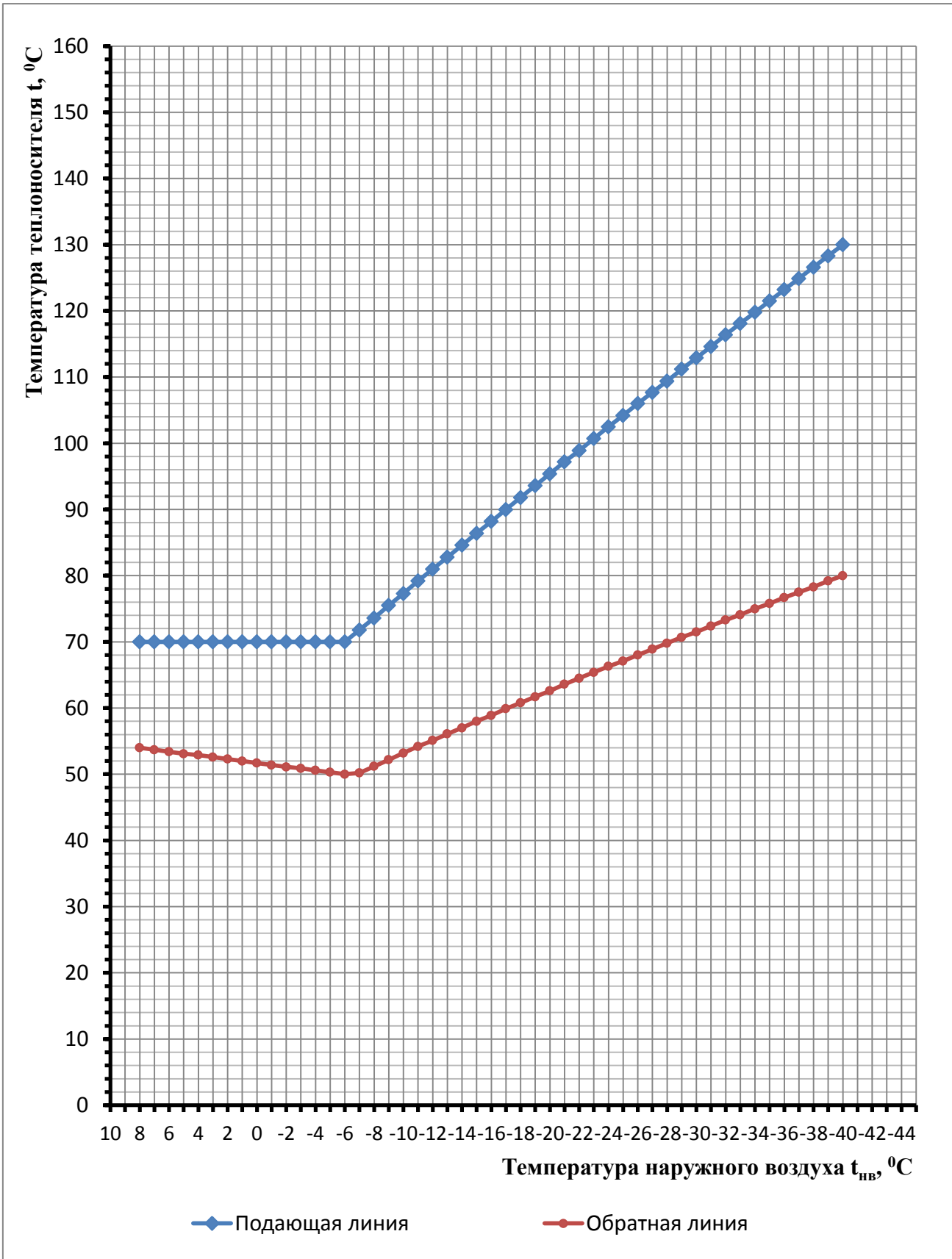


Рисунок 1.2. Температурный график сетевой воды ООО "Томскнефтехим"
 $t_1/t_2=130/80$ °C

Таблица 1.2.

Температурный график сетевой воды ООО "Томскнефтехим" t1/t2=130/80 °C

t_{нв}	t₁	t₂
°C	°C	°C
8	70	53,7
7	70	53,4
6	70	53,1
5	70	52,9
4	70	52,6
3	70	52,3
2	70	52
1	70	51,7
0	70	51,4
-1	70	51,1
-2	70	50,9
-3	70	50,6
-4	70	50,3
-5	70	50
-6	70	50,2
-7	71,8	51,2
-8	73,6	52,2
-9	75,5	53,2
-10	77,3	54,2
-11	79,2	55,1
-12	81	56,1
-13	82,8	57
-14	84,6	58
-15	86,4	58,9
-16	88,2	59,9
-17	90	60,8
-18	91,8	61,7
-19	93,6	62,6
-20	95,4	63,6
-21	97,2	64,5
-22	98,9	65,4
-23	100,7	66,3
-24	102,5	67,1
-25	104,2	68
-26	106	68,9
-27	107,7	53,7

t_{нв}	t₁	t₂
°C	°C	°C
-28	109,4	69,8
-29	111,2	70,7
-30	112,9	71,5
-31	114,6	72,4
-32	116,4	73,3
-33	118,1	74,1
-34	119,8	75
-35	121,5	75,8
-36	123,2	76,7
-37	124,9	77,5
-38	126,6	78,3
-39	128,3	79,2
-40	130	80

Для приведения системы в режим работы, соответствующий новому температурному графику, необходимо произвести расчет значений максимальных тепловых нагрузок по видам потребления, а так же, расчет значений расходов теплоносителя при температурном графике 130/80 ,⁰ С.

2. Расчет максимальных тепловых нагрузок и годового теплопотребления.

2.1. Расчетные тепловые нагрузки

2.1.1. Отопительная нагрузка

Тепловые потери Q_T через наружные ограждения при отсутствии проектных данных определяются по укрупненным показателям: по наружному объему здания V_H .

Максимальный тепловой поток на отопление зданий определяется по формуле

$$Q_{ov}^p = \beta \cdot q_{ov} \cdot V_H \cdot (t_B^p - t_o^p) \cdot 10^{-6}, \quad \begin{matrix} \text{МВт} \\ (\text{Гкал/ч}), \end{matrix} \quad (2.1)$$

где

β – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района;

q_{ov} – удельная отопительная характеристика, (ккал/(м³ · ч ·⁰ С));

V_H – наружный объем здания, (м³);

t_B^p – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, (⁰С);

t_o^p – расчетная температура наружного воздуха для отопления, (⁰С).

Средний тепловой поток на отопление для средней t_H^{cp} за отопительный сезон температуры наружного воздуха определяется по формуле

$$Q_o = Q_o^p \frac{(t_B^p - t_H^{cp})}{(t_B^p - t_o^p)}, \quad \begin{matrix} \text{МВт} \\ (\text{Гкал/ч}), \end{matrix} \quad (2.2)$$

где

t_H^{cp} – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, (⁰С).

Формулой (4.2) можно воспользоваться для определения сезонной тепловой нагрузки при температуре наружного воздуха $t_o^p \leq t_{нв}^p \leq 8^{\circ}\text{C}$.

2.1.2. Тепловая нагрузка на вентиляцию

Расход тепла на вентиляцию производственных и коммунальных предприятий, а также общественных и культурных учреждений составляет значительную долю от суммарного теплоснабжения объекта. В производственных предприятиях расход тепла на вентиляцию часто превышает расход на отопление.

Ориентировочно максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий определяется по укрупненным показателям наружному объему здания (V_n) определяется по формуле

$$Q_B^p = \beta \cdot q_{bv} \cdot V_n \cdot (t_B^p - t_{нв}^p) \cdot 10^{-6}, \quad \begin{array}{l} \text{МВт} \\ \text{(Гкал/ч)}, \end{array} \quad (2.3)$$

где

β – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района;

q_{bv} – удельная вентиляционная характеристика, (ккал/($\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$));

V_n – наружный объем здания, (м^3);

t_B^p – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, ($^{\circ}\text{C}$);

$t_{нв}^p$ – расчетная температура наружного воздуха для вентиляции, ($^{\circ}\text{C}$).

Средний тепловой поток на вентиляцию для средней температуры воздуха за отопительный сезон определяется по формуле

$$Q_B = Q_B^p \frac{(t_B^p - t_n^{cp})}{(t_B^p - t_{нв}^p)}, \quad \begin{array}{l} \text{МВт} \\ \text{(Гкал/ч)}, \end{array} \quad (2.4)$$

где

t_n^{cp} – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, ($^{\circ}\text{C}$).

2.1.3. Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение (ГВС)

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} = \frac{1,2 \cdot m \cdot b \cdot (55 - t_x) \cdot c}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6}, \quad \begin{array}{l} \text{МВт} \\ (\text{Гкал/ч}), \end{array} \quad (2.5)$$

где

m – расчетное число потребителей горячей воды;

b – норма расхода воды на ГВС в общественных зданиях при температуре 55°C л/сут. на единицу потребления;

c – удельная теплоемкость воды равная ($1\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$);

t_x – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии других данных принимается равной 5°C);

Максимальный тепловой поток на ГВС определяется по формуле

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = 2,4 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} \cdot 10^{-6}, \quad \begin{array}{l} \text{МВт} \\ (\text{Гкал/ч}), \end{array} \quad (2.6)$$

Средний тепловой поток на ГВС в неотапительный (летний) период определяется по формуле

$$Q_{\text{ГВС л}}^{\text{ср}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} \cdot \frac{(55 - t_{\text{л}})}{(55 - t_{\text{з}})} \cdot \beta, \quad \begin{array}{l} \text{МВт} \\ (\text{Гкал/ч}), \end{array} \quad (2.7)$$

где

$t_{\text{з}}, t_{\text{л}}$ – соответственно температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5°C) и неотапительный (летний) период (принимается равной 15°C);
 β – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному периоду, принимаемый при отсутствии данных:

- а) для жилищно-коммунального сектора $\beta = 0,8$;
- б) для курортных и южных городов $\beta = 1,5$;
- с) для предприятий $\beta = 1,0$.

2.2. Пример расчета тепловых нагрузок по видам потребления для корпуса № 428

2.2.1. Отопительная нагрузка

Максимальный тепловой поток на отопление зданий определяется по (2.1)

$$Q_{ov}^p = 0,9 \cdot 0,3 \cdot 225000 \cdot (18 - (-40)) \cdot 10^{-6} = 3,5, \quad (\text{Гкал/ч}),$$

где

$$\beta = 0,9;$$

$$q_{ov} = 0,3 \text{ (ккал/(м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C))};$$

$$V_H = 225000, \text{ м}^3;$$

$$t_B^p = 18, (^\circ\text{C});$$

$$t_o^p = -40, (^\circ\text{C}).$$

Средний тепловой поток на отопление для средней t_H^{cp} за отопительный сезон температуры наружного воздуха определяется по (2.2)

$$Q_o = 3,5 \cdot \frac{(18 - (-8,8))}{(18 - (-40))} = 1,61, \quad (\text{Гкал/ч}),$$

где

$$t_H^{cp} = -8,8, (^\circ\text{C}).$$

2.2.2. Тепловая нагрузка на вентиляцию

Максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий определяется по (2.3)

$$Q_B^p = 0,9 \cdot 0,163 \cdot 225000 \cdot (18 - (-25)) \cdot 10^{-6} = 1,41, \quad (\text{Гкал/ч}),$$

где

$$\beta = 0,9;$$

$$q_{bv} = 0,163 \text{ (ккал/(м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C))};$$

$$V_H = 225000, \text{ м}^3;$$

$$t_B^p = 18, (^\circ\text{C});$$

$$t_{\text{нв}}^{\text{p}} = -25, (^{\circ}\text{C}).$$

Средний тепловой поток на вентиляцию для средней температуры воздуха за отопительный сезон определяется по (2.4)

$$Q_{\text{в}} = 1,41 \cdot \frac{(18 - (-8,8))}{(18 - (-25))} = 0,87, \quad (\text{Гкал/ч}),$$

где

$$t_{\text{н}}^{\text{cp}} = -8,8, (^{\circ}\text{C}).$$

2.2.3. Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение (ГВС) определяется по (2.5)

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{cp}} = \frac{1,2 \cdot 210 \cdot 103 \cdot (55 - 5) \cdot 1}{24} \cdot 10^{-6} = 0,054, \quad (\text{Гкал/ч}),$$

где

$$m = 210;$$

$$b = 103;$$

$$c = 1, (\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}));$$

$$t_{\text{x}} = 5^{\circ}\text{C};$$

Максимальный тепловой поток на ГВС определяется по (2.6)

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = 2,4 \cdot 0,054075 = 0,129, \quad (\text{Гкал/ч}),$$

Средний тепловой поток на ГВС в неотапительный период определяется по (2.7)

$$Q_{\text{ГВС л}}^{\text{cp}} = 0,054075 \cdot \frac{(55 - 15)}{(55 - 5)} \cdot 1,0 = 0,043, \quad (\text{Гкал/ч}),$$

где

$$t_{\text{з}} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{л}} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\beta = 1,0$$

По приведенным формулам (2.1–2.8) рассчитаны нормативные максимальные тепловые нагрузки по видам теплоснабжения (отопление, вентиляция и горячее водоснабжение) для всех корпусов-абонентов, подключенных к сети теплоснабжения предприятия.

3. Расчет расхода теплоносителя при температурном графике 130/80 ,⁰С

3.1. Методика расчета расходов теплоносителя

3.1.1. Расчет расходов теплоносителя на отопление

Расход теплоносителя на отопление рассчитывается по следующей формуле

$$G_o^p = \frac{Q_o^p \cdot 10^3}{c \cdot (t_1 - t_2)} \quad (\text{т/ч}), \quad (3.1)$$

где

Q_o^p – расчетная максимальная тепловая нагрузка на отопление, (Гкал/ч);

c – удельная теплоемкость воды равная (1ккал/(кг ·⁰ С));

t_1 – температура сетевой воды в подающей линии, (⁰С);

t_2 – температура сетевой воды в обратной линии, (⁰С);

3.1.2. Расчет расходов теплоносителя на вентиляцию

Расход теплоносителя на вентиляцию рассчитывается по следующей формуле

$$G_v^p = \frac{Q_v^p \cdot 10^3}{c \cdot (t_1 - t_2)} \quad (\text{т/ч}), \quad (3.2)$$

где

Q_v^p – расчетная максимальная тепловая нагрузка на вентиляцию, (Гкал/ч);

c – удельная теплоемкость воды равная (1ккал/(кг ·⁰ С));

t_1 – температура сетевой воды в подающей линии, (⁰С);

t_2 – температура сетевой воды в обратной линии, (⁰С);

3.1.3. Расчет расходов теплоносителя на ГВС

Расход теплоносителя на вентиляцию рассчитывается по следующей формуле

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{p}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{p}} \cdot 10^3}{c \cdot (t_1 - t_2)} \quad (\text{т/ч}), \quad (3.3)$$

где

$Q_{\text{ГВС}}^{\text{p}}$ – расчетная максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение, (Гкал/ч);

c – удельная теплоемкость воды равная (1ккал/(кг ·⁰ С));

t_1 – температура сетевой воды в подающей линии, (⁰С);

t_2 – температура сетевой воды в обратной линии, (⁰С);

3.1.4. Расчет общих расходов сетевой воды

Общий расход теплоносителя в системе при температурном графике 130/80 состоит из расходов теплоносителя на обеспечение всех видов нагрузок. Отопительной, вентиляционной и нагрузки на ГВС.

$$G^{\text{p}} = G_{\text{о}}^{\text{p}} + G_{\text{в}}^{\text{p}} + G_{\text{ГВС}}^{\text{p}} \quad (\text{т/ч}), \quad (3.4)$$

3.2. Пример расчета расходов по видам потребления и общих расходов сетевой воды для корпуса № 428

3.2.1. Расчет расходов теплоносителя на отопление

Расход теплоносителя на отопление рассчитывается по (3.1)

$$G_{\text{о}}^{\text{p}} = \frac{3,5384114 \cdot 10^3}{1 \cdot (130 - 80)} = 70,76 \quad (\text{т/ч}),$$

где

$$Q_0^p = 3,5384114, (\text{Гкал/ч});$$

$$c = 1, (\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}));$$

$$t_1 = 130, (^\circ \text{C});$$

$$t_2 = 80, (^\circ \text{C});$$

3.2.2. Расчет расходов теплоносителя на вентиляцию

Расход теплоносителя на вентиляцию рассчитывается по (3.2)

$$G_B^p = \frac{1,411 \cdot 10^3}{1 \cdot (130 - 80)} = 28,23 \quad (\text{т/ч}),$$

где

$$Q_B^p = 1,411, (\text{Гкал/ч});$$

$$c = 1, (\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}));$$

$$t_1 = 130, (^\circ \text{C});$$

$$t_2 = 80, (^\circ \text{C});$$

3.2.3. Расчет расходов теплоносителя на ГВС

Расход теплоносителя на вентиляцию рассчитывается по (3.3)

$$G_{\text{ГВС}}^p = \frac{0,1299375 \cdot 10^3}{1 \cdot (130 - 80)} = 2,59 \quad (\text{т/ч}),$$

где

$$Q_{\text{ГВС}}^p = 0,1299375, (\text{Гкал/ч});$$

$$c = 1, (\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}));$$

$$t_1 = 130, (^\circ \text{C});$$

$$t_2 = 80, (^\circ \text{C});$$

3.2.4. Расчет общих расходов сетевой воды

Общий расход теплоносителя в системе рассчитывается по (3.4).

$$G^p = 70,76 + 28,23 + 2,59 = 101,58 \quad (\text{т/ч}),$$

По приведенным формулам (3.1 – 3.4) рассчитаны расходы теплоносителя по видам потребления (отопление, вентиляция и горячее водоснабжение).

Пример сводной таблицы, а так же общий итог, представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

№ корпуса	Расчетные часовые нагрузки				Расчетные расходы теплоносителя			
	Нагрузка на отопление	Нагрузка на вентиляцию	Нагрузка на горячее водоснабжение	Суммарная нагрузка	Расход на отопление	Расход на вентиляцию	Расход на горячее водоснабжение	Суммарный расход
	Q _о , Гкал/ч	Q _в , Гкал/ч	Q _{ГВС} , Гкал/ч	Q _{СУМ} , Гкал/ч	G _о , т/ч	G _в , т/ч	G _{ГВС} , т/ч	G _{СУМ} , т/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ООО «Томскнефтехим»								
1. Производство «Мономеры»								
Корпус 411	0,433	0,408	0,088	0,929	8,658	8,164	1,755	18,577
Корпус 417	0,039	0,046	0,006	0,090	0,779	0,916	0,113	1,808
Корпус 402	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Корпус 406	0,602	1,317	0,194	2,113	12,042	26,335	3,881	42,258
Корпус 404	1,146	3,176	0,005	4,327	22,926	63,523	0,098	86,546
Корпус 404/1	0,047	0,194	0,000	0,241	0,934	3,888	0,000	4,822
Корпус 409	0,018	0,032	0,000	0,050	0,359	0,648	0,000	1,007
Корпус 405/1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Корпус 405/2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Корпус 1158	0,835	0,682	0,034	1,551	16,702	13,644	0,675	31,021
Корпус 1164	0,720	0,481	0,032	1,232	14,395	9,612	0,641	24,648
Корпус 413	0,613	1,545	0,032	2,190	12,262	30,902	0,641	43,806
Корпус 415	0,740	0,257	0,025	1,022	14,800	5,132	0,506	20,438
Корпус 403	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Корпус 410	0,051	0,086	0,000	0,138	1,030	1,723	0,000	2,752
Корпус 414	0,037	0,014	0,000	0,051	0,745	0,274	0,000	1,019
Корпус 1559	0,010	0,006	0,000	0,016	0,203	0,117	0,000	0,320
Корпус 409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Корпус 1081	0,318	0,085	0,004	0,407	6,368	1,691	0,073	8,132
ИТОГО	76,077	42,948	4,008	123,0	1521,538	858,956	80,164	2460,65

4. Энергетическое обследование объектов теплоснабжения ООО «Томскнефтехим»

Для возможности сравнения расчетных параметров теплоносителя и значений расхода при альтернативном температурном графике 130/80 ,⁰ С с фактическими значениями и для последующего анализа полученных результатов, необходимо проведение инструментального энергетического обследования абонентов тепловой сети предприятия.

Программа обследования тепловых и гидравлических режимов работы систем отопления и вентиляции объектов ООО «Томскнефтехим» в основном заключается в инструментальном обследовании тепловых вводов корпусов, расположенных на территории объекта. Целью проведения данных обследований является установка распределения потоков и параметров теплоносителя на тепловых узлах, на отопительных приборах и калориферах отопительных и вентиляционных систем при различных режимах работы систем.

В данном разделе в качестве примера рассмотрен корпус № 428

4.1. Описание парка приборов

При проведении энергообследования на объектах теплоснабжения ООО Томскнефтехим использовались следующие измерительные приборы:

1. Ультразвуковой расходомер PortaFlow-300, зав.№ 4313.
2. Пирометр Optris MiniSightPro зав.№ MS0701195.
3. Измеритель влажности и температуры Testo-625, зав.№.01343366/702.
4. Ультразвуковой толщиномер ТТ130, зав.№ 48617170.
5. Штангенциркуль зав.№ 806468.
6. Измерительная рулетка.
7. Цифровой манометр С9557, зав.№. 67133.

4.2. Программа энергетического обследования объектов ООО «Томскнефтехим»

В этом подразделе будет приведен пример обследования к. № 428. Обследуются ТУ № 1, 2, 3.

Порядок проведения обследования заключается в следующем:

1. Подключить расходомер и контрольный манометр к трубопроводам подачи СТВ на тепловом узле № 1. Контрольный манометр подключить к точкам установки штатных манометров, расходомер – на прямолинейном участке трубопровода в т.1 (Приложение 4., Рисунок П.4.1.). Произвести измерения расхода и параметров теплоносителя;
 2. Подключить расходомер на прямолинейном участке трубопровода подачи СТВ на ТУ №2 в т.1 (Приложение 4., Рисунок П.4.2.). Произвести измерения расхода и параметров теплоносителя;
 3. Подключить расходомер на прямолинейном участке трубопровода подачи СТВ на ТУ №3 (Приложение 4., Рисунок П.4.3). Произвести измерения расхода и параметров теплоносителя.
 4. Отключить на время (15 мин.) на узле ТУ №1 обдув калориферов тепловых завес, подключенных к коллектору ТУ №1. Произвести измерения параметров теплоносителя на обратной линии от калориферов.
 5. Закрыть вводную запорную арматуру на прямой подаче ТУ №1. Измерить статическое давление по контрольному манометру (на ТУ №1) и расход СТВ на ТУ №2, 3.
 6. Открыть вводную запорную арматуру на прямой подаче СТВ ТУ №1. Закрыть вводную запорную арматуру на обратной подаче СТВ ТУ №1. Измерить статическое давление по контрольному манометру. Открыть вводную запорную арматуру на обратной подаче СТВ ТУ №1. Включить обдув калориферов тепловых завес, подключенных к коллектору ТУ №1.
 7. Отключить на время (15 мин.) обдув калориферов тепловых завес, подключенных к коллектору ТУ №3. Подключить контрольный манометр к точкам установки штатных манометров на трубопроводах подачи на ТУ №3 (рис. П.2.3). Произвести измерения параметров теплоносителя на обратной линии от калориферов. Включить обдув калориферов тепловых завес, подключенных к коллектору ТУ №3.
 8. Закрыть вводную запорную арматуру (1) на прямой подаче СТВ ТУ №3. Измерить статическое давление по контрольному манометру (на ТУ №3) и расход СТВ на ТУ №2,3. Открыть вводную запорную арматуру на прямой подаче ТУ №3.
 9. Закрыть вводную запорную арматуру на обратной подаче СТВ ТУ №3. Измерить статическое давление по контрольному манометру. Открыть вводную запорную арматуру на обратной подаче ТУ №3.
- Результаты измерений оформляются протоколом.

Выдержка из приложения 2. Протокол инструментального обследования

Измерение № 1

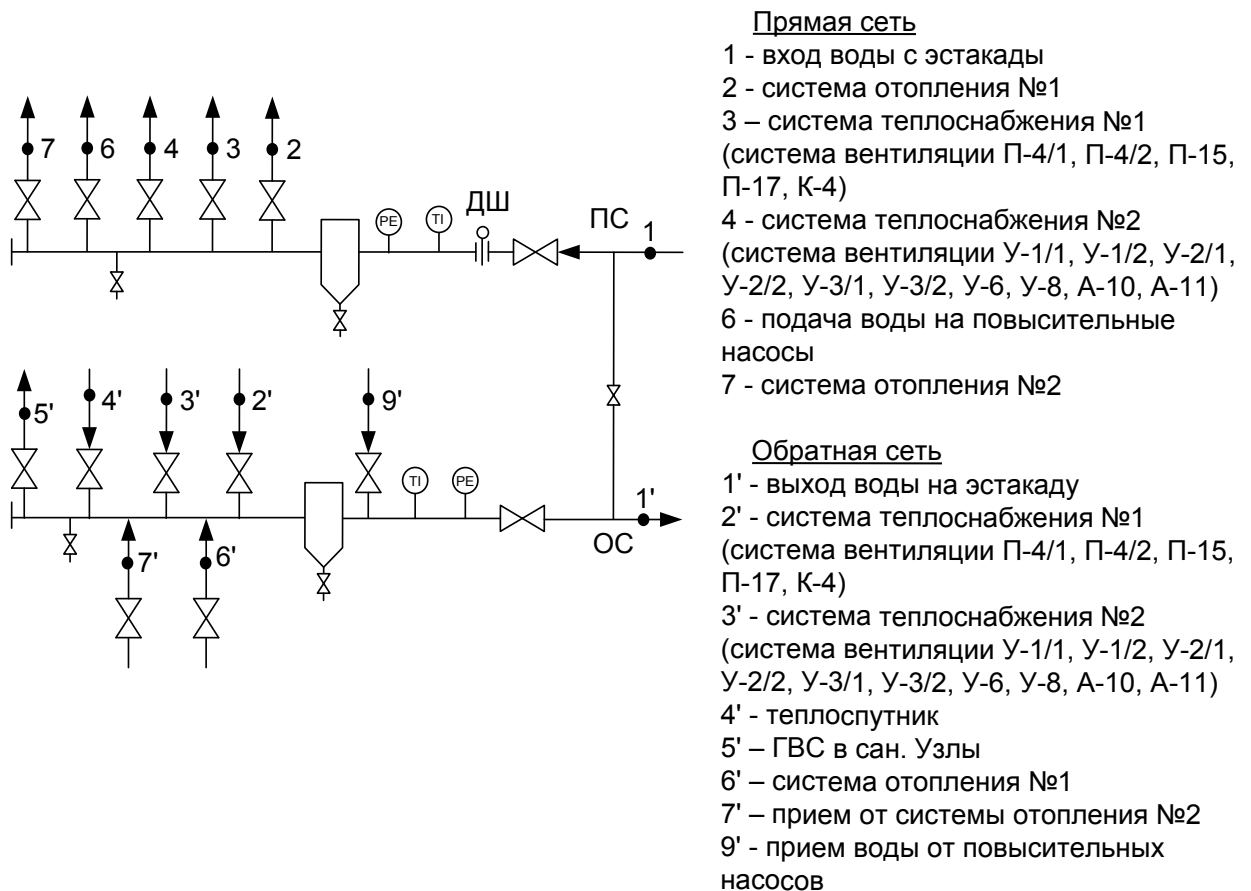
параметров теплоносителя на объекте ООО «Томскнефтехим»

Наименование объекта/порядковый номер на схеме

Производство «Полиэтилен»/корпус 428 тепловой узел № 1

Температура наружного воздуха: -13 °С

Рисунок П.4.1. Схема теплового узла



Примечания:

- * - показания штатных манометров;
- ** - показания прецизионных манометров.

Таблица 4.1.

Код точки	Теплоноситель	Точка измерения	P	T	Место измерения	D _{нар} ×δ _{ст}	G
-	-	-	кгс/см ²	°C	-	мм	м ³ /ч
1	сетевая вода	прямая линия	4,2	76	вертикальная труба	109 x 4,6	10,7
4	сетевая вода	прямая линия			вертикальная труба	42 x 3	1,35
5	сетевая вода	прямая линия			вертикальная труба	57 x 3	1,3
6	сетевая вода	прямая линия			вертикальная труба	89 x 4,5	
1'	сетевая вода	обратная линия	2,9	46		133 x 5	
2'	сетевая вода	обратная линия					
3'	сетевая вода	обратная линия					
4'	сетевая вода	обратная линия					
5'	сетевая вода	обратная линия					
6'	сетевая вода	обратная линия					
8'	сетевая вода	обратная линия					
Измерение № 1.1.							
Исходный динамический режим. Отсекающие задвижки на подающей и обратной линии открыты							
1	сетевая вода	прямая линия	5,2 [*] /5, 15 ^{**}	76	Верт. труба	109x4,6	10,1
2	сетевая вода	обратная линия	5,1 [*] /5, 05 ^{**}	47	Верт. труба	109x4,6	-
Измерение № 1.2.							
Статический режим. Отсекающая задвижка на подающей линии закрыта (система находится под давлением обратной магистрали)							
3	сетевая вода	обратная линия	- /4,8 ^{**}	-	-	-	-
Измерение № 1.3.							
Статический режим. Отсекающая задвижка на обратной линии закрыта (система находится под давлением подающей магистрали)							
4	сетевая вода	прямая линия	- /6,4 ^{**}	-	-	-	-

Полученные в ходе измерений параметры теплоносителя сведены в таблицу [1]. Фрагмент сводной таблицы представлен в таблице 4.2.

4.3. Результаты энергетического обследования

Выводы по инструментальному обследованию к. № 428:

1. В результате обследования тепловых и гидравлических режимов работы тепловых узлов корпусов установлено, что при переменных режимах работы тепловых узлов меняются параметры теплоносителя (P , t) на тепловых узлах (см. протоколы измерений Приложение П.4.).
2. Пропускная способность разводящих трубопроводов к тепловым завесам ($L=42$ м, $d_y=50$) при располагаемом динамическом напоре на т/у № 1 $dH=1$ м в. ст и гидравлическом сопротивлении воздушной завесы $dH=0,5$ м в.ст равна $G=2$ м³/ч (приблизительно 0,1 Гкал/ч).
3. Установка циркуляционного насоса на тепловом узле №1 не целесообразна, в связи с отсутствием анализа гидравлических режимов при переменных режимах работы тепловых узлов № 1-3.

Рекомендации по реконструкции ТУ к. № 428, с целью повышения энергоэффективности:

1. Демонтировать дроссельную шайбу ($d_{ш}=28$ мм) на тепловом узле №1.
2. Для обеспечения возможности регулирования переменных режимов отпуска теплоты от тепловых узлов № 1-3 установить на тепловом узле №1 балансировочный клапан MSV - F2 – 32.

На основании полученных выше расчетных значений нагрузок и расходов теплоносителя (раздел 2, раздел 3), построены графики нагрузок и расходов (Рисунок 4.1., 4.2.) для рассматриваемого в примере корпуса №428.

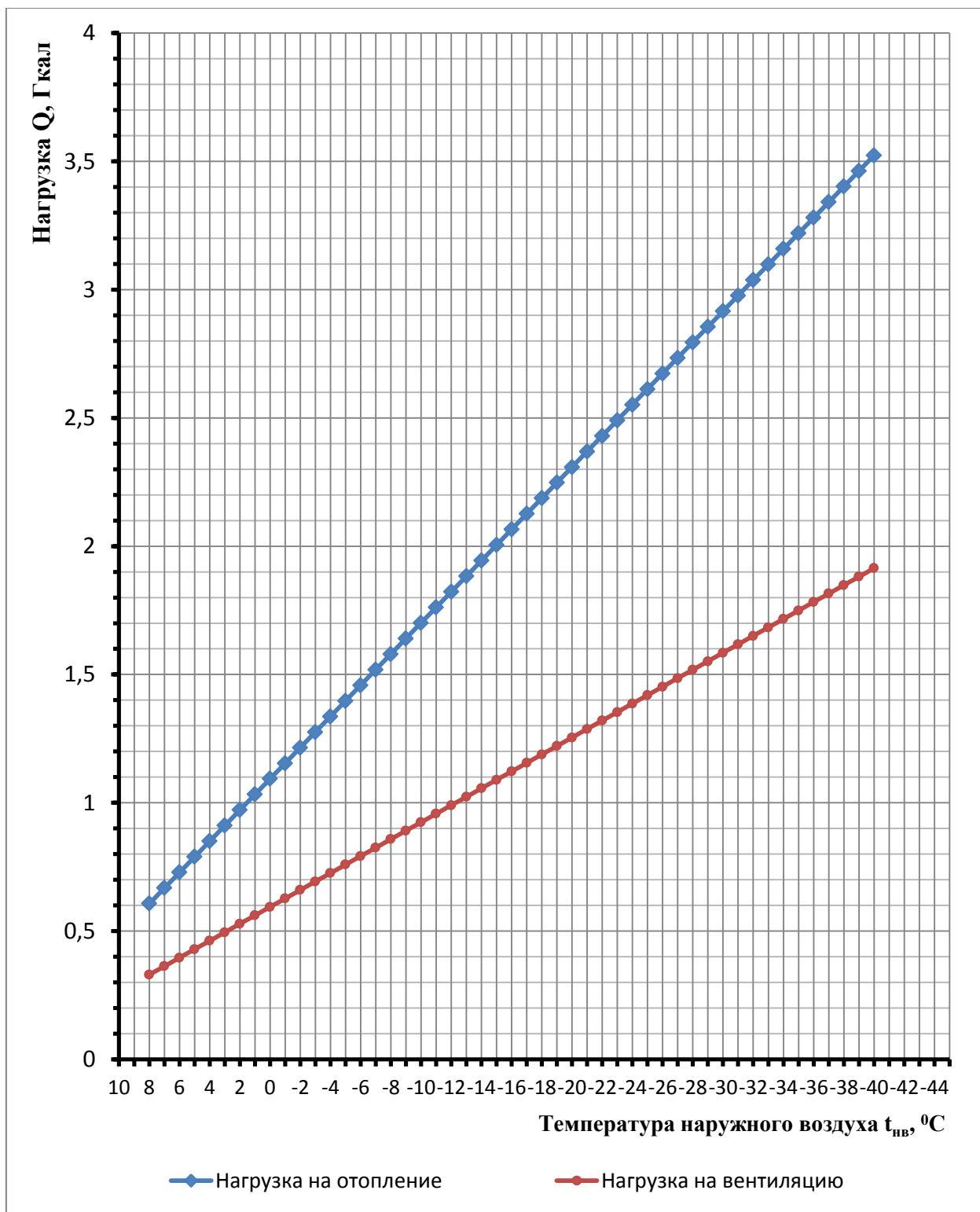


Рисунок 4.1. График нагрузок на отопление и вентиляцию для корпуса № 428

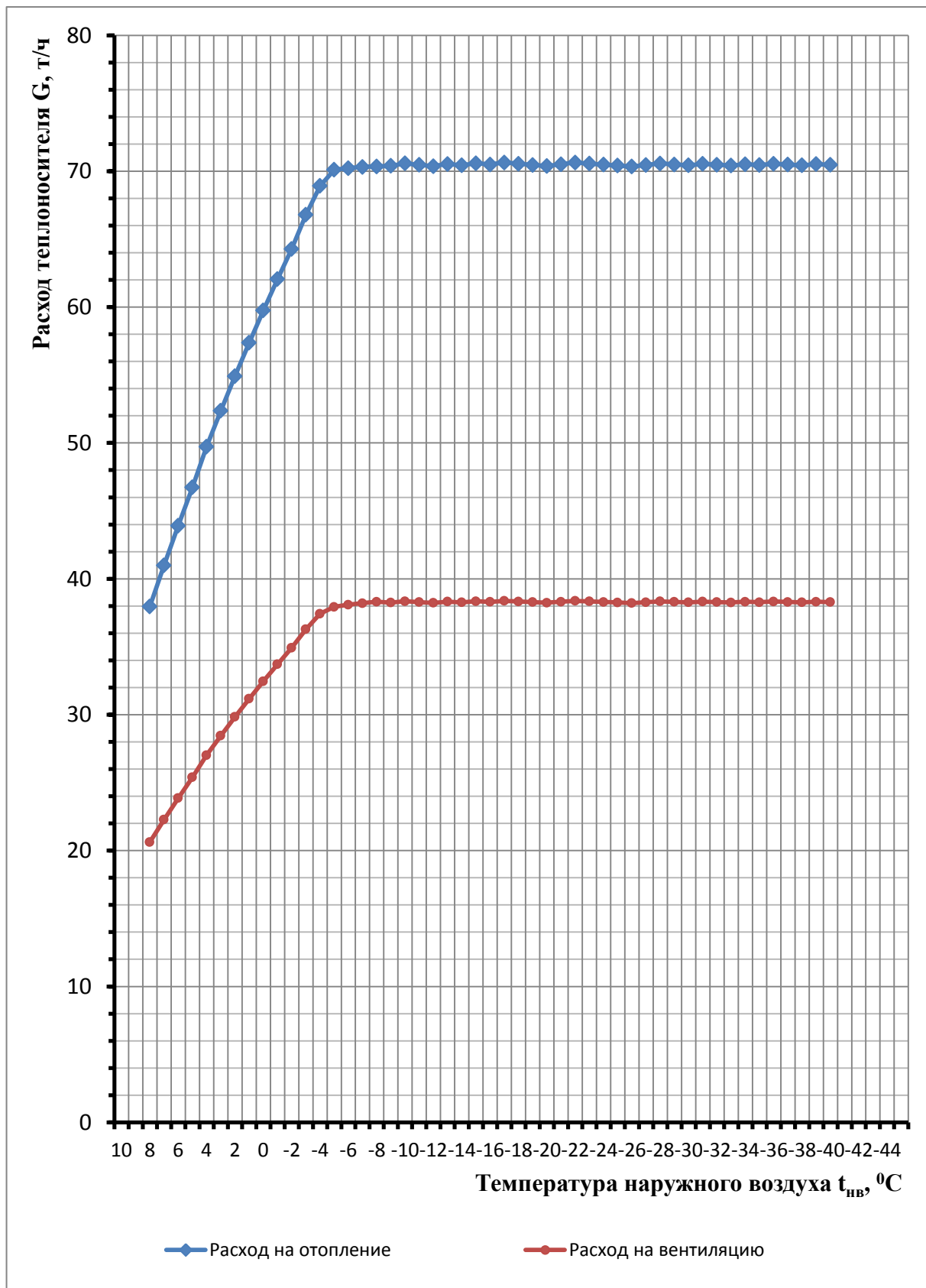


Рисунок 4.2. График расходов сетевой воды на отопление и вентиляцию для корпуса № 428

Анализируя графики нагрузок и расходов (Рисунок 4.1., 4.2.), построенные на основе расчетов, приведенных выше, а так же данные из таблиц 4.2. и 4.3 можно сделать выводы:

- 1) Так как производство на объекте является вредным, (в воздухе могут присутствовать вредные химические примеси) в корпусах не применяется рециркуляция воздуха. Поэтому нагрузка на вентиляцию остается высокой в течение всего периода эксплуатации.
- 2) Высокие значения расходов теплоносителя на вентиляцию, а так же «вредность» производства, обосновывают жесткие требования к энергоэффективности работы систем вентиляции.
- 3) Температура сетевой воды в обратной линии систем вентиляции является завышенной и не соответствует нормативным требованиям, поэтому, важным этапом в реконструкции и наладке сети теплоснабжения ООО «Томскнефтехим» является поверочный расчет приточных установок. Расчет приведен в разделе 5.

Таблица 4.2.

**Анализ нормативных и фактических тепловых и гидравлических режимов работы объектов ООО
«Томскнефтехим»**

№	Наименование объекта	$t_{нв}$	P_1/P_2	$t_{1н}/t_{2н}$	$t_{1н}-t_{2н}$	$G_{1н}/G_{2н}$	$G_{н}$	$G_{н}-G_{н}$	$Q_{н}$	$Q_{н}$	$Q_{н}/Q_{н}$
-	-	$^{\circ}C$	кг/см ²	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	т/ч	т/ч	т/ч	Гкал/ч	Гкал/ч	Гкал/ч
1	Ввод в корпус №106	-7	4,6	65	5	4,9	1,4	3,5	0,0245	0,0504	0,486
			4,2	60		4,8					
2	Ввод в корпус №104	-7	4,95	66	6	15,5	3,7	11,8	0,093	0,1332	0,698
			4,9	60		14,4					
3	Ввод в корпус №420(2)	7	4,3	70	4	37	18	19	0,148	0,288	0,514
			3,9	66							
4	Ввод в корпус №420(3)	7	4,3	70	4						
			3,7	66							
5	Ввод в корпус 102(1)	1	4,8	66,5	3,2	6,2	10	-3,8	0,01984	0,258	0,077
			4,6	63,3		5,8					
6	Ввод в корпус 406(1)	15	2,3	66	4	7,5	13,7	-6,2	0,03	0,2192	0,137
			2,7	62		7,2					
7	Ввод в корпус 406(2)	15	4,5	66	4	7	12,7	-5,7	0,028	0,2032	0,138
			3,7	62		7					
8	Ввод в корпус 1178	10	8,7	62	3	5,6	3,1	2,5	0,0168	0,0496	0,339
			8,3	59		5					
9	Ввод в корпус 1171	10	7,9	63	4	7,9	3	4,9	0,0316	0,048	0,658
			7,1	59		7,7					
10	Ввод в корпус 1046(1)	15	4,3	66	5	5	1,2	3,8	0,025	0,0192	1,302
			4,3	61		5					

Таблица 4.3.

Примеры корпусов-абонентов с высоким потреблением теплоносителя на нужды систем вентиляции

№ корпуса	Расчетные часовые нагрузки				Расчетные расходы теплоносителя			
	Нагрузка на отопление	Нагрузка на вентиляцию	Нагрузка на горячее водоснабжение	Суммарная нагрузка	Расход на отопление	Расход на вентиляцию	Расход на горячее водоснабжение	Суммарный расход
	Q_o , Гкал/ч	Q_v , Гкал/ч	$Q_{ГВС}$, Гкал/ч	$Q_{сум}$, Гкал/ч	G_o , т/ч	G_v , т/ч	$G_{ГВС}$, т/ч	$G_{сум}$, т/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Корпус 406	0,602	1,317	0,194	2,113	12,042	26,335	3,881	42,258
Корпус 404	1,146	3,176	0,005	4,327	22,926	63,523	0,098	86,546
Корпус 1158	0,835	0,682	0,034	1,551	16,702	13,644	0,675	31,021
Корпус 1164	0,720	0,481	0,032	1,232	14,395	9,612	0,641	24,648
Корпус 413	0,613	1,545	0,032	2,190	12,262	30,902	0,641	43,806
Корпус 415	0,740	0,257	0,025	1,022	14,800	5,132	0,506	20,438
Корпус 117	0,920	0,287	0,000	1,207	18,401	5,731	0,000	24,132
Корпус 110	1,339	0,474	0,000	1,814	26,789	9,490	0,000	36,279
Корпус 116	1,204	0,305	0,000	1,509	24,076	6,102	0,000	30,179
Корпус 431	1,459	0,442	0,116	2,017	29,173	8,842	2,329	40,343
Корпус 420	1,556	0,584	0,024	2,163	31,112	11,678	0,473	43,263
Корпус 428	3,538	1,412	0,130	5,080	70,768	28,231	2,599	101,598
Корпус 1061	2,362	0,786	0,000	3,149	47,242	15,725	0,008	62,974
Корпус 1070	4,006	1,078	0,000	5,084	80,111	21,555	0,005	101,671
Корпус 1069	2,533	0,823	0,000	3,357	50,665	16,460	0,005	67,131
Корпус 1014	3,100	1,008	0,084	4,192	62,000	20,155	1,688	83,843
Корпус 460	1,023	0,306	0,000	1,329	20,468	6,122	0,000	26,589
Корпус 1139	0,581	0,157	0,043	0,781	11,614	3,145	0,859	15,619
Корпус 1136	1,266	0,430	0,346	2,042	25,319	8,596	6,919	40,833

5. Моделирование тепловых режимов приточных вентиляционных камер

Для определения режимов работы приточных камер были произведены расчёты вентиляционных систем, с последующим анализом и выбором оптимального режима работы системы. Для расчетов в данном разделе были рассмотрены два метода. Инженерный расчет и автоматизированный расчет.

5.1. Методика инженерного расчета вентиляционных камер

5.1.1. Определение расчетной теплопроизводительности калориферной установки при заданной температуре воды в обратном трубопроводе

Расчетную теплопроизводительность калориферной установки находят методом последовательных приближений. Алгоритм расчета следующий.

1. Принимается вероятная расчетная температура воздуха на выходе из калориферной установки t_1^p .
2. Определяется весовая скорость воздуха $V\rho$

$$V\rho = L_{\text{и}} \cdot \rho / 3600 \cdot f_{\text{в}} \quad \text{кгс}/(\text{м}^2 \text{ с}) \quad (5.1)$$

где

$L_{\text{и}}$ – объемный расход воздуха через вентилятор, полученный в результате воздушных испытаний установки, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ρ – плотность воздуха проходящего в расчетных условиях через вентилятор, $\text{кг}/\text{м}^3$ (при установке вентилятора по ходу воздуха после калориферов $\rho = \rho_{t_1}^p$, при установке вентилятора до калорифера $\rho = \rho_{t_2}^p$);

$f_{\text{в}}$ – площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха, м^2 .

3. Находится тепловая производительность установки Q_p при расчетных условиях

$$Q_p = 0,24 \cdot L_{\text{и}} \cdot \rho \cdot (\tau^p - \tau_2^p) \cdot 10^{-6} \quad \text{Гкал/ч} \quad (5.2)$$

где

τ^p, τ_2^p – соответственно расчетные температуры воздуха на входе и выходе из калориферной установки, $^{\circ}\text{C}$;

4. Определяется скорость воды ω в трубках калориферов

$$\omega = 0,278 \cdot Q_p / [f_{\text{T}} \cdot (t^p - t_2^p)] \quad \text{м/с} \quad (5.3)$$

5. Определяется теоретический коэффициент теплопередачи калориферов K в зависимости от весовой скорости воздуха $V\rho$ и скорости воды ω .

6. Проверяется определенная по формуле (5.2) расчетная тепловая производительность установки

$$Q_p = a \cdot K \cdot F \cdot \left[\frac{(t^p + t_2^p)}{2} - \frac{(\tau^p + \tau_2^p)}{2} \right] \cdot 10^{-6} \quad \text{Гкал/ч} \quad (5.4)$$

где

F – поверхность теплообмена калорифера, м^2 ;

K – коэффициент теплопередачи калориферов, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

a – коэффициент учитывающий степень загрязнения поверхности калорифера (принимается в пределах 0,7-0,9).

7. Если полученные по формулам (5.2) и (5.4) расчетные производительности установки отличаются более, чем на $\pm 3\%$, принимают новую температуру воздуха на выходе из калориферной установки, и расчет производят заново. Для приточно-вентиляционной установки при отличии новой температуры нагретого воздуха от первоначальной менее чем на 5°C , плотность воздуха, входящую в формулы (5.1) и (5.2), не пересчитывают из-за незначительности вносимой погрешности.

Для ускорения сходимости расчета рекомендуется новую величину принимать приблизительно равной температуре, определяемой по формуле

$$\tau^p = \tau_2^p + \frac{Q_p \cdot 10^6}{(0,24 \cdot L_{и} \cdot \rho)} \quad ^\circ\text{C}$$

где

значение Q_p принимают по результатам предыдущего расчета по формуле (5.4).

8. Если величина температуры нагретого воздуха на выходе из установки τ_1^p , окончательно найденная в результате расчета лежит в пределах между максимально и минимально допустимыми значениями этой температуры τ_1^{pmax} и τ_1^{pmin} , определяется расход сетевой воды G_p на калориферную установку

$$G_p = (Q_p \cdot 10^3) / (t^p - t_2^p) \quad \text{т/ч} \quad (5.5)$$

На этом расчет заканчивается.

9. Если величина температуры нагретого воздуха на выходе из установки, окончательно найденная в результате расчета, окажется больше или меньше допустимого значения этой температуры, то расчеты продолжаются по нижеследующему алгоритму.

Продолжение расчета при недопустимо высокой температуре нагретого воздуха.

10. Принимается $\tau_1^p = \tau_1^{pmax}$ и определяется новая расчетная теплопроизводительность установки $Q_p^I < Q_p$

$$Q_p^I = 0,24 \cdot L_{и} \cdot \rho \cdot (\tau_1^{pmax} - \tau_2^p) \cdot 10^{-6} \quad \text{Гкал/ч} \quad (5.6)$$

11. Определяется новая расчетная температура обратной воды, идущей от установки $t_2^{Ip} < t_2^p$, где в качестве основного исходного данного принята расчетная теплопроизводительность установки Q_p^I .
12. Если полученная величина t_2^{Ip} окажется меньше минимально допустимого значения t_2^{pmin} необходима реконструкция калориферной установки с уменьшением поверхности теплообмена.
13. Если полученная величина t_2^{Ip} окажется больше минимально допустимого значения t_2^{pmin} , определяется расчетный расход сетевой воды на калориферную установку

$$G_p = (Q_p^I \cdot 10^3) / (t^p - t_2^{Ip}) \quad \text{т/ч} \quad (5.7)$$

На этом расчет заканчивается.

Продолжение расчета при недопустимо низкой температуре нагретого воздуха.

14. Принимается $\tau^p = \tau^{pmin}$ и определяется новая расчетная теплопроизводительность установки $Q_p^I > Q_p$

$$Q_p^I = 0,24 \cdot L_{и} \cdot \rho \cdot (\tau^{pmin} - \tau^p) \cdot 10^{-6} \quad \text{Гкал/ч}$$

15. Определяется новая расчетная температура обратной воды, идущей от установки $t_2^{Ip} > t_2^p$, где в качестве основного исходного данного принята расчетная теплопроизводительность установки Q_p^I .
16. Если полученная величина t_2^{Ip} окажется больше максимально допустимого значения t_2^{pmax} , необходима реконструкция калориферной установки с увеличением поверхности теплообмена.
17. Если полученная величина t_2^{Ip} окажется меньше максимально допустимого значения t_2^{pmax} , по формуле (5.7) определяется расчетный расход сетевой воды на калориферную установку. На этом расчет заканчивается.

Схема расчета калориферной установки при заданной температуре воды в обратном трубопроводе приведена на Рисунке. 5.1.

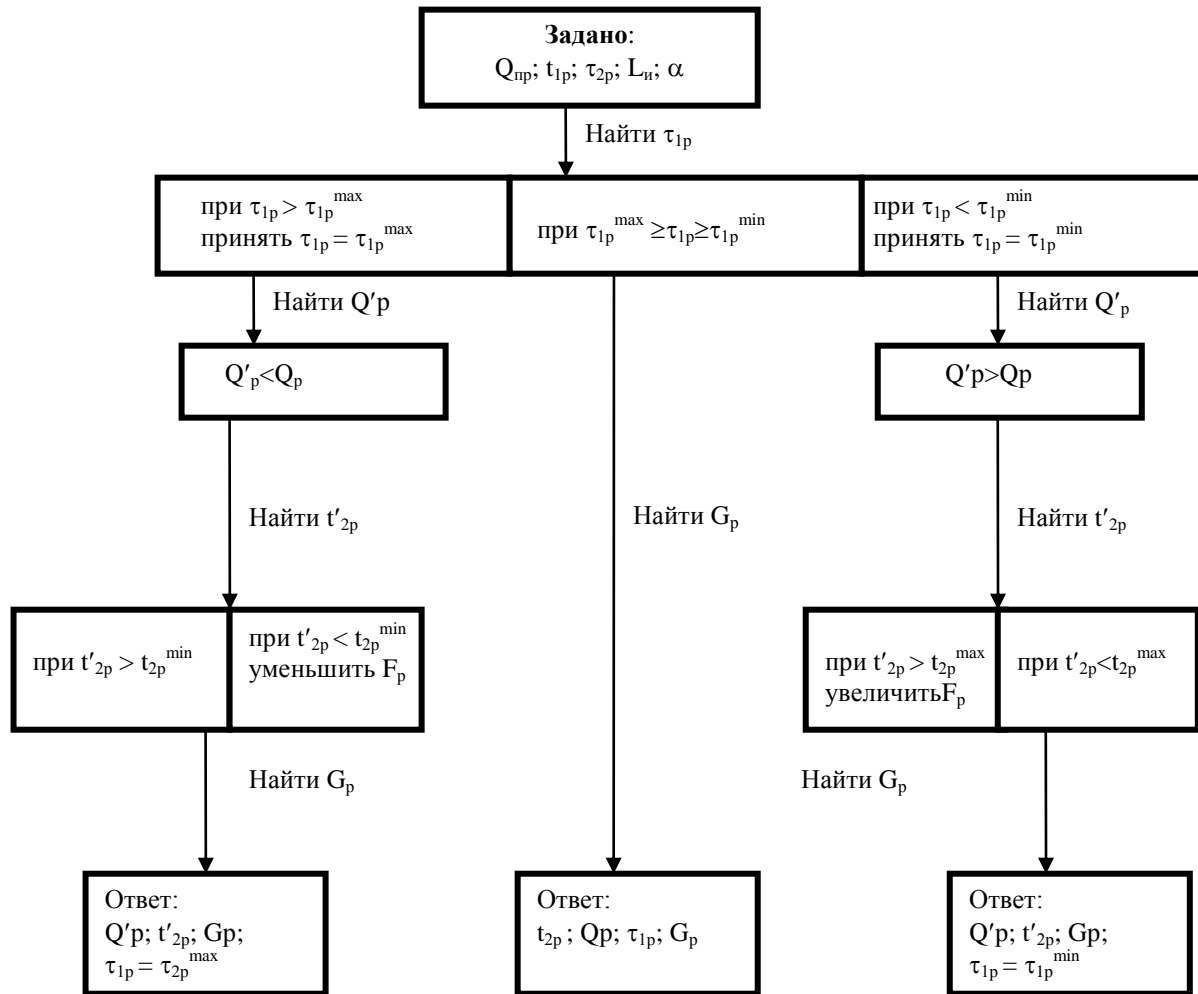


Рис. 5.1. Схема расчета calorиферной установки при заданной температуре обратной воды

5.1.2. Определение расчетной температуры обратной воды от калориферной установки при заданной её теплопроизводительности

Расчетную температуру обратной воды от калориферной установки находят методом последовательных приближений по следующему алгоритму.

18. При заданной проектной теплопроизводительности $Q_{пр}$ определяется расчетная температура нагретого воздуха на выходе из калориферной установки τ^p

$$\tau^p = \tau_2^p + \frac{Q_{пр} \cdot 10^6}{(0,24 \cdot L_{в} \cdot \rho)} \quad ^\circ\text{C}$$

19. Если величина температуры нагретого воздуха на выходе из калориферной установки τ_1^p окажется больше максимально допустимого значения этой температуры τ_1^{pmax} , выполняется п.п. 34-38; если меньше минимально допустимого значения τ_{1p}^{min} – п.п. 41-45.

20. Если величина температуры нагретого воздуха τ_1^p лежит в пределах между максимально и минимально допустимыми значениями этой температуры τ_1^{pmax} и τ_1^{pmin} , то по формуле (5.1) определяется новая скорость воздуха, проходящего через калориферную установку в расчетных условиях.

21. Принимается вероятная расчетная температуру обратной воды от калориферной установки τ_2^p , $^\circ\text{C}$.

22. Определяется скорость воды в трубках калорифера

$$\omega = 0,278 \cdot Q_{пр} / [f_T \cdot (t^p - t_2^p)] \quad \text{м/с} \quad (5.8)$$

23. Определяется теоретический коэффициент теплопередачи калориферов K в зависимости от весовой скорости воздуха $V\rho$ и скорости воды ω .

24. Проверяется принятая расчетная температура обратной воды от калориферной установки

$$t_2^p = 2 \cdot Q_{пр} \cdot 10^6 / (a \cdot K \cdot F) - t^p + \tau^p + \tau_2^p \quad ^\circ\text{C} \quad (5.9)$$

25. Если полученная по формуле (5.9) расчетная температура обратной воды отличается от принятой более чем на 3°C , принимается новая вероятная расчетная температура обратной воды t_2^p , приблизительно равной значению, определенному по формуле (5.9), и расчет проводится заново, начиная с пункта 22.

26. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки t_2^p , окончательно найденная в результате расчета, лежит в пределах между максимально и минимально допустимыми значениями этой температуры t_1^{pmax} и t_1^{pmin} , определяется расчетный расход сетевой воды, идущей на калориферную установку

$$G_p = (Q_{пр} \cdot 10^3) / (t^p - t_2^{Ip}) \quad \text{т/ч}$$

На этом расчет заканчивается.

27. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки, окончательно найденная в результате расчета, окажется больше или меньше соответственно максимально или минимально допустимого значения этой температуры t_2^{pmax} и t_2^{pmin} , то расчеты продолжаются по нижеследующему алгоритму.

Продолжение расчета при допустимой температуре нагретого воздуха и недопустимо высокой температуре обратной воды

28. Принимается $t_2^p = t_2^{pmax}$ и определяется новая расчетная теплопроизводительность установки $Q_p < Q_{пр}$ и температура нагретого воздуха на выходе из установки τ^{Ip} .

29. Если полученная величина τ^{Ip} окажется меньше минимально допустимого значения τ^{pmin} , следует реконструировать установку с увеличением поверхности теплообмена.

30. Если полученная величина τ^{Ip} окажется больше минимально допустимого значения τ^{pmin} , определяется расчетный расход сетевой воды, идущей на калориферную установку

$$G_p = (Q_{пр} \cdot 10^3) / (t^p - t_2^{pmax}) \quad \text{т/ч} \quad (5.10)$$

На этом расчет заканчивается.

Продолжение расчета при допустимой температуре нагретого воздуха и недопустимо высокой температуре обратной воды

31. Принимается $t_2^p = t_2^{pmin}$ и определяется новая расчетная теплопроизводительность установки $Q_p > Q_{пр}$ и новая температура нагретого воздуха на выходе из установки τ^{Ip} . При определении скорости воды по формуле (5.3) принимается $t_2^p = t_2^{pmin}$.

32. Если полученная величина τ^{Ip} окажется больше максимально допустимого значения τ^{pmax} , установку реконструируют с уменьшением поверхности теплообмена.

33. Если полученная величина τ^{Ip} окажется меньше максимально допустимого значения τ^{pmax} , определяется расчетный расход сетевой воды на калориферную установку

$$G_p = (Q_p \cdot 10^3) / (t^p - t_2^{pmin}) \quad \text{т/ч} \quad (5.11)$$

Продолжение расчета при недопустимо высокой температуре нагретого воздуха

34. Принимается $\tau^p = \tau^{pmax}$ и определяется новая расчетная теплопроизводительность установки $Q_p < Q_{пр}$

$$Q_p = 0,24 \cdot L_n \cdot \rho \cdot (\tau^{pmax} - \tau_2^p) \cdot 10^{-6} \quad \text{Гкал/ч}$$

где величина ρ находится в соответствии с п. 2.

35. Определяется расчетная температура обратной воды на выходе из установки t_2^p . В формулах (5.8) и (5.9) принимается $Q_p = Q_{пр}$.
36. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки, окончательно найденная в результате расчета, лежит в пределах между максимально и минимально допустимыми значениями этой температуры t_2^{pmax} и t_2^{pmin} , то по формуле (5.5) определяется расчетный расход сетевой воды на установку. На этом расчет заканчивается.
37. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки, окончательно найденная в результате расчета, окажется меньше минимально допустимого значения t_2^{pmin} , установку реконструируют с уменьшением поверхности теплообмена.
38. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки, окончательно найденная в результате расчета, окажется больше максимально допустимого значения t_2^{pmax} , выполняется расчет по нижеследующему алгоритму.

Продолжение расчета при недопустимо высокой температуре нагретого воздуха и недопустимо высокой температуре обратной воды

39. Принимается $t_2^p = t_2^{pmax}$ и определяется новая расчетная теплопроизводительность установки $Q_p^I < Q_p$ и новая температура нагретого воздуха на выходе из установки $\tau^{Ip} < \tau^{pmax}$.
40. Определяется по формуле (5.10) расчетный расход сетевой воды на установку. На этом расчет заканчивается.

Продолжение расчета при недопустимо низкой температуре нагретого воздуха

41. Принимается $\tau_1^p < \tau_1^{pmin}$ и определяется расчетная теплопроизводительность установки $Q_p < Q_{пр}$

$$Q_p = 0,24 \cdot L_{и} \cdot \rho \cdot (\tau^{pmin} - \tau_2^p) \cdot 10^{-6} \quad \text{Гкал/ч}$$

где величина ρ находится в соответствии с п. 2.

42. Определяется расчетная температура обратной воды на выходе из установки t_2^p .
43. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки, окончательно найденная в результате расчета, лежит в пределах между максимально и минимально допустимыми значениями этой температуры t_2^{pmax} и t_2^{pmin} , по формуле (5.5) определяется расход сетевой воды на установку. На этом расчет заканчивается.
44. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки, окончательно найденная в результате расчета, окажется больше максимально допустимого значения t_2^{pmax} , установку реконструируют с увеличением поверхности теплообмена.
45. Если величина температуры обратной воды от калориферной установки, окончательно найденная в результате расчета, окажется меньше минимально допустимого значения t_2^{pmin} , выполняется расчет по нижеследующему алгоритму.

Продолжение расчета при недопустимо низкой температуре нагретого воздуха и недопустимо низкой температуре обратной воды

46. Принимается $t_2^p = t_2^{pmin}$ и определяется новая температура нагретого воздуха на выходе из установки $\tau^{lp} < \tau^{pmax}$ и теплопроизводительность установки $Q_p > Q_{пр}$.
47. Определяется по формуле (5.11) расчетный расход сетевой воды на установку. На этом расчет заканчивается.

Схема расчета калориферной установки при заданной теплопроизводительности показана на Рисунке. 5.2.

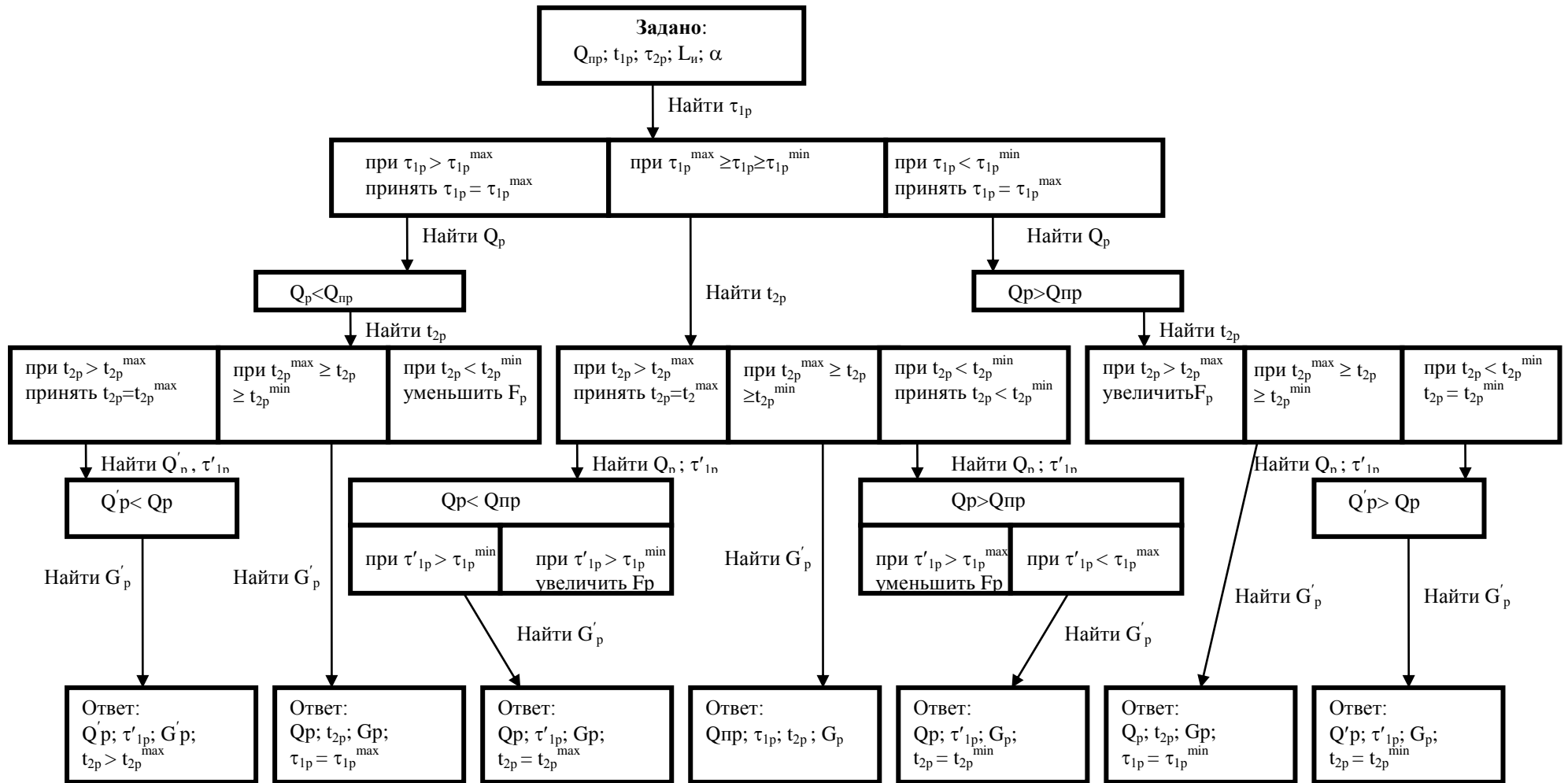


Рис. 5.2. Схема расчета caloriferной установки при заданной теплопроизводительности.

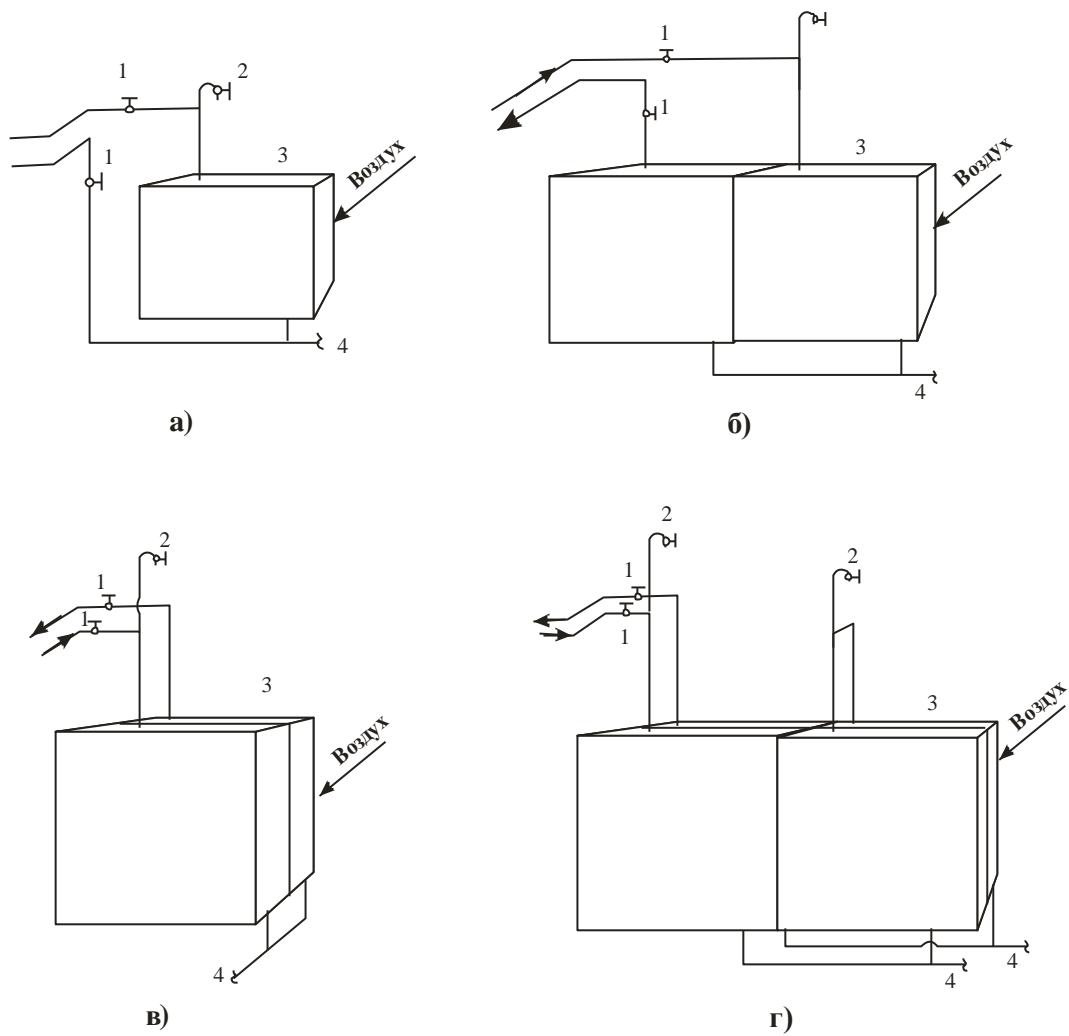


Рис. 5.3. Схемы подключения калориферов к водяной сети

- а – одного;
 - б – двух установленных параллельно по воздуху;
 - в - двух установленных последовательно по воздуху;
 - г – четырех установленных параллельно-последовательно по воздуху:
- 1 – вентили; 2 – тройники с пробкой; 3 – калориферы; 4 – воздушные краны.

5.2. Методика автоматизированного расчета вентиляционных камер

Для упрощения задачи по поверочному расчету множества калориферных установок используемых на ООО «Томскнефтехим» возможно использование автоматизированного расчета с использованием средств программы ЭВМ, составленной в среде Turbo Pascal.

5.2.1. Текст программы для определения расчетной теплопроизводительности отопительно-вентиляционного агрегата при заданной температуре воды в обратном трубопроводе

```
program kalor_pr1;
var
  f,fv,ft,tau1r,rov2r,Li,Vro,tau2r,t1r,t2r : real;
  Qr,Qrr,wt,k,a,n,dqr,gr : real;
  typ_kalor,name_korp,name_vk,sx_d : string;
  kL1 : integer;
  finp, fout : text;
procedure p8;
begin
  gr:=Qrr*1000/(t1r-t2r);
  writeln(fout,
  ':Расчетный расход воды на установку : Gr = ', gr:9:3,': т/ч:');
  writeln(fout,
  ':-----:');
end;
procedure p6;
begin
  qrr:=a*n*k*f*((t1r+t2r)/2-(tau1r+tau2r)/2)/1000000;
  dqr:=abs(qr-qrr)*100/qr;
  writeln(fout,
  ':Мощность по уравнению теплопередачи : Qrr = ',Qrr:9:4,': Гкал/ч:');
  writeln(fout,
  ':Процент погрешности расчета : dqr = ',dqr:9:2,': %:');
  p8;
end;
procedure p4;
begin
  wt:=0.278*Qr/(ft*(t1r-t2r));
  writeln(fout,
  ':Скорость воды в трубках калорифера : wt = ', wt:9:3,': м/с:');
  p6;
end;
procedure p3;
```

```

begin
  Qr:=0.24*Li*rov2r*(tau1r-tau2r)/1000000;
  writeln(fout,
':Мощность по уравнению теплового баланса: Qr = ', Qr:9:4,': Гкал/ч:');
  p4;
end;
procedure p2;
begin
  writeln(fout,' Определение теплопроизводительности по заданной температуре');
  writeln(fout,'      обратной воды после калорифера');
  writeln(fout,"");
  writeln(fout,name_korp);
  writeln(fout,'Вент. камера: ',name_vk);
  writeln(fout,'Количество и тип калориферов: ', typ_kalor);
  writeln(fout,'Схема движения теплоносителей: ', sx_d);
  writeln(fout,"");
  writeln(fout,
' *** Результаты расчета вентиляционной установки ***');
  writeln(fout,"");
  writeln(fout,
':-----:');
  writeln(fout,
': Наименование величины      : Обозн-е : Значение:Размерность:');
  Vro:=Li*rov2r/(3600*fv);
  writeln(fout,
':-----:');
  writeln(fout,
':Температура воды в подающей линии   : t1r = ':t1r:9:1,': град. С:');
  writeln(fout,
':Температура воды в обратной линии   : t2r = ':t2r:9:1,': град. С:');
  writeln(fout,
':Температура воздуха перед калорифером : tau2r = ':tau2r:9:1,': град. С:');
  writeln(fout,
':Температура воздуха за калорифером   : tau1r = ':tau1r:9:1,': град. С:');
  writeln(fout,
':Расход воздуха через вентилятор     : Li = ':Li:9:1, ': м^3/ч:');
  writeln(fout,
':Весовая скорость воздуха           : vro = ':vro:9:3,':кгс/(м^2 с):');
  p3;
end;
procedure r1;
begin
  readln(finp,F,fv,ft,tau1r,rov2r,Li,tau2r,t1r,t2r);
  readln(finp,k,a,n);
  p2;
end;
procedure readk11;

```

```

begin
  readln(finp,name_korp);
  readln(finp,name_vk);
  readln(finp,typ_kalor);
  readln(finp,sx_d);
  readln(finp,kl1);
  if kl1=1 then r1 {else r2;}
end;
begin
  assign(finp,'e:\tnxk\pr1\dk1.dat');
  reset(finp);
  assign(fout,'e:\tnxk\pr1\rk1.dat');
  rewrite(fout);
  readkl1;
  close(finp);
  close(fout);
end.

```

5.2.2. Текст программы для определения расчетной температуры обратной воды отопительно-вентиляционного агрегата при заданной теплопроизводительности установки

```

program kalor_pr2;
var
  f,fv,ft,tau1r,rov2r,rov2ri,Li,Vro,tau2r,ngr : real;
  nposlvod,nparvod,nposlvozd,nparvozd,t1r,t2r,Ligr,t2rkz : real;
  Qrk,Qgr,Qro,t2rkr,wt,k,k2,a,n,dqr,gr,dt2r : real;
  name_korp,name_vk,typ_kalor,sx_d : string;
  kL1, i : integer;
  finp, fout : text;

  procedure p26;
  begin
    Gr:=Qgr*ngr*1000/(t1r-t2rkr);
    writeln(fout,
  ':Расчетный расход воды на установку : Gr = ',Gr:9:3, ' : т/ч:');
    writeln(fout,
  ':-----:');
  end;

```

```

procedure p25;
begin
if dt2r > abs(3) then
begin
i:=i+1;
wt:=0.278*Qgr/(ft*(t1r-t2rkr));
t2rkz:=t2rkr;
t2rkr:=ngr*Qgr*1000000/(a*k2*F*ngr)-t1r+tau1r+tau2r;
dt2r:=abs(t2rkr-t2rkz);
writeln(fout,
':',i:2,'-е приближение           ');
writeln(fout,
':Скорость воды в трубках калорифера : wt = ',wt:9:3, ': м/с:');
writeln(fout,
':Значение t2 во втором приближении : t2rkr = ',t2rkr:9:1, ': град С:');
writeln(fout,
':Расхождение t2 (по абс. величине) : dt2r = ',dt2r:9:1, ': град С:');
p26;
end;
end;

procedure p24;
begin
t2rkr:=2*Qgr*1000000/(a*k*nposlvod*F)-t1r+tau1r+tau2r;
dt2r:=abs(t2rkr-t2rkz);
writeln(fout,
':Расчетная t2 от калориферной установки : t2rkr = ',t2rkr:9:1,': град С:');
writeln(fout,
':Расхождение с принятой t2 (абс. вел-на): dt2r = ',dt2r:9:1,': град С:');
p25;
end;
procedure p22;
begin
i:=1;
wt:=0.278*Qgr/(ft*(t1r-t2rkz));
writeln(fout,
':',i:2,'-е приближение           ');
writeln(fout,
':Скорость воды в трубках калорифера : wt = ',wt:9:3, ': м/с:');
p24;
end;
procedure p20;
begin
Vro:=Ligr*rov2ri/(3600*fv*nparvoz);
writeln(fout,
':Весовая скорость воздуха : vro = ',vro:9:3, ': кг/(м^2 с):');
p22;
end;

```

```

procedure p18;
begin
  Qro:=Qrk*n;
  ngr:=n/nposlvod;
  Qgr:=Qrk*n/ngr;
  Ligr:=Li/ngr;
  tau1r:=tau2r+Qgr*1000000/(0.24*Ligr*rov2r);
  writeln(fout,
  ':Тепловая мощность всей установки      : Qro = ',Qro:9:3, ':   Гкал/ч:');
  writeln(fout,
  ':Предварительно принятая температура t2 : t2krz = ',t2krz:9:1,':   град С:');
  writeln(fout,
  ':Температура воздуха на входе в калориф.: tau2r = ',tau2r:9:1,':   град С:');
  writeln(fout,
  ':Расчетная температура нагретого воздуха: tau1r = ',tau1r:9:1,':   град С:');
  p20;
end;

```

```

procedure r1;
begin
  readln(finp,F,fv,ft,Qrk,Li,rov2r,rov2ri,n,nposlvod,nparvod,
  nposlvod,nparvod,t1r,tau2r);
  readln(finp,k,k2,a,t2krz);
  writeln(fout,' Определение по заданной теплопроизводительности');
  writeln(fout,' температуры обратной воды после калорифера');
  writeln(fout,");
  writeln(fout,name_korp);
  writeln(fout,'Вент. камера: ',name_vk);
  writeln(fout,'Количество и тип калориферов: ', typ_kalor);
  writeln(fout,'Схема движения теплоносителей: ', sx_d);
  writeln(fout,");
  writeln(fout,
  ' *** Результаты расчета вентиляционной установки ***');
  writeln(fout,");
  writeln(fout,
  ':-----:');
  writeln(fout,
  ': Наименование величины      : Обозн-е : Значение:Размерность:');
  writeln(fout,
  ':-----:');
  p18;
end;

```

```
procedure readk11;
begin
  readln(finp,name_korp);
  readln(finp,name_vk);
  readln(finp,typ_kalor);
  readln(finp,sx_d);
  readln(finp,k11);
  if k11=1 then r1 {else r2;}
end;
begin
  assign(finp,'l:\tnxk\pr3\den_600\420\3p1_3_11.dat');
  reset(finp);
  assign(fout,'l:\tnxk\pr3\den_600\420\r3p1_311.dat');
  rewrite(fout);
  readk11;
  close(finp);
  close(fout);
end.
```

5.2.3. Инструкция по формированию файла с исходными данными для определения расчетной теплопроизводительности отопительно-вентиляционного агрегата

Таблица 5.1.

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерность
1.1.	Наименование корпуса	-	-
2.1.	Наименование вент. камеры	-	-
3.1.	Тип калориферных установок	-	-
4.1.	Схема движения теплоносителя	-	-
5.1.	Способ расчета	-	-
6-я строка			
6.1.	Ключ типа калорифера (4- КВСП, 9 – КФБ)	Kl_k	-
6.2.	Поверхность теплообмена калорифера	Fк	м ²
6.3.	Площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха	f _v	м ²
6.4.	Площадь живого сечения калорифера для прохода сетевой воды	f _t	м ²
6.5.	Расчетный расход воздуха проходящий через вентилятор	Li	кг/ч
6.6.	Плотность воздуха проходящего через вентилятор	v	кг/м ³
7-я строка			
7.1.	Количество калориферов	n	-
7.2.	Число калориферов соединенных последовательно по воде	n ₁	-
7.3.	Число калориферов соединенных параллельно по воде	n ₂	-
7.4.	Число калориферов соединенных последовательно по воздуху	n ₃	-
7.5.	Число калориферов соединенных параллельно по воздуху	n ₄	-
7.6.	Расчетная температура в подающей линии.	t ₁	°C
7.7.	Расчетная температура в обратной линии.	t ₂	°C
7.8.	Температура нагретого воздуха на выходе из калорифера	tau ₁	°C
7.9.	Температура воздуха на входе в калорифер	tau ₂	°C
7.10.	Коэффициент учитывающий загрязнение поверхности	a	-

Образец файла с исходными данными

Корпус 411

П-1

2хКВС 7-П

Число ходов: Вода - 2 посл.; Воздух - 2 посл.

1

4 14.6 0.172 0.00116 4360 1.155

2 2 1 2 1 150 70 33.2 -40 0.9

5.2.4. Инструкция по формированию файла с исходными данными для определения расчетной температуры обратной воды по известной теплопроизводительности установки

Таблица 5.2.

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерность
1.1.	Наименование корпуса	-	-
2.1.	Наименование вент. камеры	-	-
3.1.	Тип калориферных установок	-	-
4.1.	Схема движения теплоносителя	-	-
5.1.	Способ расчета	-	-
6-я строка			
6.1.	Ключ типа калорифера (4- КВСП, 9 – КФБ)	Kl_k	-
6.2.	Поверхность теплообмена калорифера	F _к	м ²
6.3.	Площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха	f _v	м ²
6.4.	Площадь живого сечения калорифера для прохода сетевой воды	f _t	м ²
6.5.	Мощность калорифера	Q _{rk}	Гкал/ч
6.6.	Расчетный расход воздуха проходящего через вентилятор	Li	кг/ч
6.7.	Плотность воздуха для принятой t _{возд.} после калорифера	ρ ₀	кг/м ³
7-я строка			
7.1.	Количество калориферов	n	-
7.2.	Число калориферов соединенных последовательно по воде	n ₁	-
7.2.	Число калориферов соединенных параллельно по воде	n ₂	-
7.3.	Число калориферов соединенных последовательно по воздуху	n ₃	-
7.4.	Число калориферов соединенных параллельно по воздуху	n ₄	-
7.5.	Расчетная температура воды в подающей линии сети	t ₁ ^p	°С
7.6.	Расчетная температура воздуха на входе в калорифер	τ _{2г}	°С
7.7.	Коэффициент загрязнения поверхности теплообмена	a	-
7.8.	Принятая в первом приближении t ₂ на выходе из калорифера	t _{2к}	°С

Образец файла с исходными данными

Корпус 411
 П-1
 2хКВС 7-П
 Число ходов: Вода - 2_1; Воздух - 2_1
 1
 4 14.6 0.172 0.00116 0.044 4360 1.150
 2 2 1 2 1 150 -40 0.9 70

Используя данные программы и заранее сформированные файлы с исходными данными представляется возможным произвести поверочный расчет калориферных установок для всех корпусов-абонентов, подключенных к тепловой сети ООО «Томскнефтехим».

5.3. Пример расчета вентиляционных камер для корпуса № 420 приточная установка П-1

Исходные данные и результаты расчета, а так же анализ и предлагаемые мероприятия по реконструкции вентиляционных систем и представлены в виде таблицы.

Таблица 5.3.

1) Приточная установка П-1			
Исходные данные:	Обозначение	Величина	Ед. изм.
Тип калорифера	КСк3-11 аналог ВНВ 113-411		
Количество калориферов	2		
Площадь поверхности нагрева калорифера	F	86,4	м ²
Живое сечение калорифера по воздуху	f _в	1,66	м ²
Живое сечение калорифера по теплоносителю	f _т	0,002355	м ²
Соединение по воздуху	Последовательно		
Соединение по теплоносителю	Параллельно		
Тип калорифера	КСк3-11		
Количество калориферов	4		
Площадь поверхности нагрева калорифера,	F	86,4	м ²
Живое сечение калорифера по воздуху	f _в	1,66	м ²
Живое сечение калорифера по теплоносителю	f _т	0,002355	м ²
Соединение по воздуху	Параллельно-последовательно		
Соединение по теплоносителю	Параллельно		

Продолжение таблицы 5.3.

Характеристики калориферной установки					
Общая площадь поверхности нагрева калориферной установки		F	518,40	м ²	
Живое сечение калориферной установки по воздуху (общее)		f _в	3,32	м ²	
Живое сечение калориферной установки по теплоносителю (общее)		f _т	0,01413	м ²	
Допустимое отклонение расчетной теплопроизводительности от проектной			3	%	
Допустимое отклонение расчетной температуры обратной воды			3	%	
Допустимое отклонение расчетной температуры нагретого воздуха		Δt	5	С°	
Вариант 1 Фактический режим работы (T₁=5 С°, температурный график 115/95 С°)					
Проектная производительность установки по воздуху,		L _p	62055	м ³ /час	
Температура воздуха на входе в установку,		T ₁	5,00	С°	
Температура воздуха на выходе из установки		T ₂	20,00	С°	
Плотность воздуха на входе в установку,		ρ _{х.в.}	1,27	кг/м ³	
Плотность воздуха на выходе из установки,		ρ _{нагр.в.}	1,205	кг/м ³	
Температура горячей воды на входе в установку		t ₁	115,00	С°	
Температура горячей воды на выходе из установки,		t ₂	95,00	С°	
Определяем расчетную теплопроизводительность калориферной установки при заданной температуре воды в обратном трубопроводе.					
№ п/п	Наименование определяемой величины	Источник информации	Метод определения. Расчетная формула.	Результат	Ед. изм.
1	Принимаем расчетную температуру воздуха на выходе из установки	В.И. Манюк, стр.145, п.1	T ₂ =20 С°	20,0	С°

Продолжение таблицы 5.3.

2	Определяем расчетную теплопроизводительность установки	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,2	$Q_p = 0,24 * L_{\text{возд}} * \rho_{\text{возд1}} * (T_2 - T_1)$	0,283715	Гкал/час
3	Определяем весовую скорость воздуха	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,1	$(V\rho)_{\text{расч}} = L_{\text{возд}} * \rho_{\text{хол.в}} / 3600 * f_v$	6,26	кг/(м ² *с)
4	Определяем скорость воды в трубках калорифера	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,3	$w = (0,278 * Q_p) / (f_T * (t_1 - t_2))$	0,28	м/сек
5	Находим коэффициент теплопередачи	В.И. Манюк, стр.78, рис.2.88	$K = 19,27 * (V\rho)_{\text{расч}}^{0,482} * W^{0,145}$	38,76	ккал/(м ² *ч*С°)
6	Проверяем расчетную теплопроизводительность установки	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,4	$Q_p' = \alpha * K * F * ((t_1 + t_2) / 2 + (T_2 + T_1) / 2) / 1000000$	1,6726	Гкал/час
7	Определяем погрешность расчета теплопроизводительности	В.И. Манюк, стр.145, п.7	Множественное превышение от определенной ранее, выполняем сверку ранее принятой температуры нагретого воздуха.	489,54	%
8	Определяем T ₂ - вероятную расчетную температуру воздуха на выходе из калориферной установки. (при $\rho_{\text{нагр.возд}} = 1,029$ кг/м ³)	В.И. Манюк, стр.145, п.7.	$T_2' = T_1 + (Q_p * 1000000) / (0,24 * L_{\text{возд}} * \rho_{\text{возд1}})$	114,14	С°
9	Проверяем принятую расчетную температуру обратной	В.И. Манюк, стр.145, п.11	$t_2' = (2 * Q_p) / (\alpha * K * F) - t_1 + (T_2 + T_1)$	189,14	С°
<p>Полученные величины температуры нагретого воздуха и температуры обратной теплофикационной воды значительно выше минимально допустимых. Необходима реконструкция калориферной установки с уменьшением поверхности нагрева.</p>					

Продолжение таблицы 5.3.

Вариант 2 Режим работы ($T_1 = -40\text{ C}^\circ$, температурный график 130/80 C°)					
Характеристики калориферной установки					
Общая площадь поверхности нагрева калориферной установки	F	518,40	м^2		
Живое сечение калориферной установки по воздуху (общее),	$f_{\text{в}}$	3,32	м^2		
Живое сечение калориферной установки по теплоносителю (общее),	$f_{\text{т}}$	0,08478	м^2		
Допустимое отклонение расчетной теплопроизводительности от проектной.		3	%		
Допустимое отклонение расчетной температуры обратной воды		3	%		
Допустимое отклонение расчетной температуры нагретого воздуха	Δt	5	C°		
Проектная производительность установки по воздуху,	$L_{\text{р}}$	62055	$\text{м}^3/\text{час}$		
Температура воздуха на входе в установку,	T_1	-40,00	C°		
Температура воздуха на выходе из установки	T_2	20,00	C°		
Плотность воздуха на входе в установку,	$\rho_{\text{х.в.}}$	1,555	$\text{кг}/\text{м}^3$		
Плотность воздуха на выходе из установки,	$\rho_{\text{нагр.в}}$	1,205	$\text{кг}/\text{м}^3$		
Температура горячей воды на входе в установку	t1	130,00	C°		
Температура горячей воды на выходе из установки,	t2	80,00	C°		
Определяем расчетную теплопроизводительность калориферной установки при заданной температуре воды в обратном трубопроводе.					
№ п/п	Наименование определяемой величины	Источник информации	Метод определения. Расчетная формула.	Результат	Ед. изм.
1	Принимаем температуру воздуха на выходе из установки	В.И. Манюк, стр.145, п.1	$T_2 = 20\text{ C}^\circ$	20,0	C°

Продолжение таблицы 5.3.

2	Определяем теплопроизводительность установки	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,2	$Q_p = 0,24 * L_{\text{возд}} * \rho_{\text{возд1}} * (T_2 - T_1)$	1,076778	Гкал/час
3	Определяем весовую скорость воздуха	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,1	$(V\rho)_{\text{расч}} = L_{\text{возд}} * \rho_{\text{хол.в}} / 3600 * f_v$	6,26	кг/(м ² *с)
4	Определяем скорость воды в трубках калорифера	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,3	$w = (0,278 * Q_p) / (f_T * (t_1 - t_2))$	0,07	м/сек
5	Находим коэффициент теплопередачи калориферов	В.И. Манюк, стр.78, рис.2.88	$K = 19,27 * (V\rho)_{\text{расч}}^{0,482} * W^{0,145}$	31,75	ккал/(м ² *ч*С°)
6	Проверяем расчетную теплопроизводительность установки	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,4	$Q_p' = \alpha * K * F * ((t_1 + t_2) / 2 + (T_2 + T_1) / 2) / 1000000$	1,70375	Гкал/час
7	Определяем погрешность расчета теплопроизводительности	В.И. Манюк, стр.145, п.7	Значительное превышение от определенной ранее, выполняем сверку ранее принятой температуры нагретого воздуха	58,23	%
8	Определяем T ₂ (при $\rho_{\text{нагр.возд}} = 1,029 \text{ кг/м}^3$)	В.И. Манюк, стр.145, п.7.	$T_2' = T_1 + (Q_p * 1000000) / (0,24 * L_{\text{возд}} * \rho_{\text{возд1}})$	54,94	С°
9	Проверяем расчетную температуру обратки	В.И. Манюк, стр.145, п.11	$t_2' = (2 * Q_p) / (\alpha * K * F) - t_1 + (T_2 + T_1)$	114,94	С°

Полученные величины температуры нагретого воздуха и температуры обратной теплофикационной воды значительно выше минимально допустимых. Необходима реконструкция калориферной установки с уменьшением поверхности нагрева. Исключаем из расчета 2 калорифера ВНВ-113-411.

Продолжение таблицы 5.3.

Вариант 3 Режим работы ($T_1=-40\text{ C}^\circ$, температурный график 130/80 C°, поверхность нагрева уменьшена)					
Характеристики калориферной установки					
Общая площадь поверхности нагрева калориферной установки		F	345,60		M_2
Живое сечение калориферной установки по воздуху (общее),		$f_{\text{в}}$	3,32		M_2
Живое сечение калориферной установки по теплоносителю (общее),		$f_{\text{т}}$	0,00471		M_2
Допустимое отклонение расчетной теплопроизводительности от проектной.			3		%
Допустимое отклонение расчетной температуры обратной воды			3		%
Допустимое отклонение расчетной температуры нагретого воздуха		Δt	5		C°
Проектная производительность установки по воздуху,		L_p	62055		$\text{M}^3/\text{час}$
Температура воздуха на входе в установку,		T_1	-40,00		C°
Температура воздуха на выходе из установки		T_2	20,00		C°
Плотность воздуха на входе в установку,		$\rho_{\text{х.в.}}$	1,555		$\text{кг}/\text{M}^3$
Плотность воздуха на выходе из установки,		$\rho_{\text{нагр.в}}$	1,205		$\text{кг}/\text{M}^3$
Температура горячей воды на входе в установку		t_1	95,00		C°
Температура горячей воды на выходе из установки,		t_2	35,00		C°
Определяем расчетную теплопроизводительность калориферной установки при заданной температуре воды в обратном трубопроводе.					
№ п/п	Наименование определяемой величины	Источник информации	Метод определения. Расчетная формула.	Результат	Ед. изм.
1	Принимаем вероятную температуру воздуха на выходе из установки	В.И. Манюк, стр.145, п.1	$T_2 = 20\text{ C}^\circ$	20,0	C°
2	Определяем расчетную теплопроизводительность	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,2	$Q_p = 0,24 * L_{\text{возд}} * \rho_{\text{возд1}} * (T_2 - T_1)$	1,076778	Гкал/час
3	Определяем весовую скорость воздуха	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,1	$(V\rho)_{\text{расч}} = L_{\text{возд}} * \rho_{\text{хол.в}} / 3600 * f_{\text{в}}$	6,26	$\text{кг}/(\text{M}^2 * \text{с})$

Продолжение таблицы 5.3.

4	Определяем скорость воды в трубках калорифера	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,3	$w=(0,278*Qp)/(f_T *(t_1 -t_2))$	1,06	м/сек
5	Находим теоретический коэффициент теплопередачи	В.И. Манюк, стр.78, рис.2.88	$K=19,27*(Vp)_{расч}^{0,482}*W^{0,145}$	47,03	ккал/(м ² *ч*С°)
6	Сверяем расчетную теплопроизводительность	В.И. Манюк, стр.145, ф.4,4	$Qp' =\alpha*K*F*((t_1+t_2)/2+(T_2+T_1)/2)/1000000$	1,09701	Гкал/час
7	Определяем погрешность расчета теплопроизводительности	В.И. Манюк, стр.145, п.7	Снижение от определенной ранее менее чем на 3%, выполняем сверку температуры нагретого воздуха	1,88	%
8	Определяем T2 (при $\rho_{нагр.возд}=1,256 \text{ кг/м}^3$)	В.И. Манюк, стр.145, п.7.	$T_2'=T_1+(Qp*1000000)/(0,24*L_{возд}*\rho_{возд1})$	21,13	С°
9	Проверяем принятую температуру обратки	В.И. Манюк, стр.145, п.11	$t_2' =(2*Qp)/(\alpha*K*F)-t_1+(T_2+T_1)$	35,00	С°
Полученные величины температуры нагретого воздуха и температуры обратной теплофикационной воды значительно ниже минимально допустимых. Дополнительно необходима реконструкция калориферной установки. Подключаем калориферы последовательно по теплоносителю.					
10	Расчетный расход горячей воды на установку	В.И. Манюк, стр.146, п.26	$G = Q*1000/(t_1' -t_2)$	18,28	т/ч

Продолжение таблицы 5.3.

Сводная таблица результатов расчетов				
№ п/п	Параметр	Варианты режимов работы		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	Теплопроизводительность, Гкал/час	1,672605	1,703752	1,097013
2	Температура обратной воды, С°.	189,14	114,94	35,00
3	Температура подающей воды, С°.	115,00	130,00	95,00
4	Температура воздуха на выходе, С°.	114,14	54,94	21,13
5	Расход теплофикационной воды, т/час.	не определяется	0,13 (не реален)	18,28
6	Необходимая реконструкция	Режим работы не удовлетворяет требованиям проекта. Необходима реконструкция установки с уменьшением поверхности нагрева - необходимо демонтировать 2 калорифера ВНВ-113-411	<p>Исключены из расчета калориферы ВНВ-113-411 (2 штуки).</p> <p><u>Режим работы не реален – не удовлетворяет требованиям проекта.</u> Необходима дополнительно следующая реконструкция с установкой:</p> <p>1) Регулятора температуры подающей и обратной теплофикационной воды.</p> <p>2) Циркуляционно-повысительного насоса</p> <p>3) Калориферы КСк3-11 (4 штуки включить по воде параллельно по два последовательных</p>	Режим работы удовлетворяет требованиям проекта. Предусмотрены регулятор температуры подающей и обратной теплофикационной воды, циркуляционно-повысительный насос калориферы включены к теплоносителю по смешанной схеме.

С использованием данных методик были рассчитаны приточные установки корпуса 420.

6. Гидравлический расчет тепловой сети

В ходе обследования магистрального участка сети по маршруту «Котельная – 14 узел», были инструментально зафиксированы потери напора, значения которых превышают установленные нормы.

В данном разделе представлен гидравлический расчет предполагаемого проблемного магистрального участка, проводимый с целью выяснить причину столь высоких потерь.

6.1. Методика инженерного расчета

При проектировании тепловых сетей основная задача гидравлического расчета состоит в определении диаметров труб по заданным расходам теплоносителя и располагаемым перепадам давлений во всей сети или в отдельных ее участках.

В процессе эксплуатации тепловых сетей возникает необходимость решения обратных задач по определению расходов теплоносителя на участках сети или давлений в отдельных точках при изменении гидравлических режимов.

Таким образом, в задачу гидравлического расчета входит:

- 1) определение диаметров трубопроводов;
- 2) определение падения давления (напора);
- 3) установление величин давлений (напоров) в различных точках сети;
- 4) увязка всех точек системы при статическом и динамическом режимах с целью обеспечения допустимых давлений и требуемых напоров в сети и абонентских системах.

Результаты гидравлического расчета дают исходный материал для решения следующих задач:

- 1) определение капиталовложений, расхода металла (труб) и основного объема работ по сооружению тепловой сети;
- 2) установление характеристик циркуляционных и подпиточных насосов, количества насосов и их размещения;
- 3) выяснение условий работы тепловой сети и абонентских систем и выбор схем присоединения абонентских установок к тепловой сети;
- 4) выбор авторегуляторов для тепловой сети и абонентских вводов;
- 5) разработка режимов эксплуатации.

Для проведения гидравлического расчета должны быть заданы схема и профиль тепловой сети, указаны размещение станции и потребителей и расчетные нагрузки.

6.1.1. Расчетные зависимости

Падение давления в трубопроводе может быть представлено как сумма двух слагаемых – линейного падения и падения в местных сопротивлениях:

$$P = P_{\text{л}} + P_{\text{м}} \quad \text{Па} \quad (6.1)$$

где:

$P_{\text{л}}$ – падение давления вследствие трения на прямолинейных участках трубопровода, Па;

$P_{\text{м}}$ – падение давления в арматуре (вентильях, задвижках, кранах и т. д.) и других элементах оборудования (коленах, шайбах, переходах и т. д.).

Формулы для гидравлического расчета трубопроводов водяных тепловых сетей приводятся ниже.

Суммарные потери давления в трубопроводах на трение и в местных сопротивлениях определяются по формуле

$$P = R \cdot l_{\text{пр}} \quad \text{Па} \quad (6.2)$$

где

$l_{\text{пр}}$ – приведенная длина трубопровода, м;

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

Приведенная длина трубопровода определяется по формуле

$$l_{\text{пр}} = l \cdot l_{\text{э}} \quad \text{м} \quad (6.3)$$

где

l – длина участка трубопровода по плану, м;

$l_{\text{э}}$ – эквивалентная длина местных сопротивлений, м;

Эквивалентная длина местных сопротивлений определяется по формуле

$$l_{\text{э}} = \sum \xi \cdot \frac{D_i}{\lambda} \quad \text{м} \quad (6.4)$$

где

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

D_i – внутренний диаметр, м;

λ – коэффициент гидравлического трения.

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$R = 6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda \cdot \frac{G_i^2}{D_i^5 \cdot \rho} \quad \text{Па/м} \quad (6.5)$$

где

G_i – суммарный расчетный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях открытых и закрытых систем теплоснабжения, кг/ч;

ρ – средняя плотность теплоносителя на рассчитываемом участке, кг/м³;

D_i – внутренний диаметр труб, м;

λ – коэффициент гидравлического трения.

Внутренний диаметр труб определяется по формуле

$$D_i = \sqrt[5]{\frac{6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda \cdot G_i^2}{R \cdot \rho}} \quad \text{м} \quad (6.6)$$

Коэффициент гидравлического трения

– для области квадратичного закона (при $Re \geq Re_{пр}$) определяется по формуле

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,14 + 2 \cdot lg \cdot \frac{D_i}{k_э}\right)} \quad (6.7)$$

– для любых значений числа Рейнольдса (приближенно) определяется по формуле

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_э}{D_i} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25} \quad (6.8)$$

где

$k_э$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, м.

Предельное число Рейнольдса, характеризующее границы переходной области и области квадратичного закона определяется по формуле

$$Re_{пр} = 568 \cdot \frac{D_i}{k_э} \quad (6.9)$$

Предельная скорость, т. е. скорость потока, при которой (и выше) имеет место квадратичная зависимость падения давления от расхода определяется по формуле

$$\omega_{пр} = 568 \cdot \frac{v_i}{k_э} \quad \text{м/с} \quad (6.10)$$

6.1.2. Поверочный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети

Цель поверочного расчета – определение потерь давления на участках трубопроводов двухтрубной водяной сети и располагаемых напоров на тепловых вводах потребителей. Методика предназначена для действующей сети (известны диаметры трубопроводов и расходы теплоносителей по участкам).

Перед гидравлическим расчетом определяется суммарный расчетный расход сетевой воды (на основании результатов расчета тепловых нагрузок заданного района теплоснабжения), складывающийся из расчетных расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Если отсутствуют проектные данные по объектам теплоснабжения, то для определения расхода сетевой воды для каждого объекта (и соответствующего присоединенного к нему участка тепловой сети) по укрупненным показателям рассчитывают тепловые нагрузки данного объекта, а затем из уравнения теплового баланса находится расход сетевой воды на этот объект.

Составляется расчетная схема тепловой сети с нанесением на ней длин и диаметров трубопроводов, местных сопротивлений и расчетных расходов теплоносителей по всем участкам сети.

Для заполнения таблицы исходных данных рассчитывается расход воды для участка, как сумма расходов воды для тепловых вводов, входящих в данный участок. Расчет производится, начиная от концевых участков (т. е. участков без предшественников). Далее рассчитывается расход для тех участков, которые являются предшествующими для концевых. Результирующим является расход последнего участка (ближайшего к источнику тепла) перечня в описании наружной сети. Поэтому для ускорения просчета в характеристике наружной сети рекомендуется сначала располагать конечные участки, потом те, которые входят в них. Последним в перечне должен быть участок, определяющий начало тепловой сети. Если участок не содержит тепловых вводов, тогда расход воды для этого участка определяется как сумма расходов воды предыдущих участков.

Ниже приводится последовательность гидравлического расчета двухтрубной тупиковой водяной сети.

Потери напора на i -м участке трубопровода определяются по формуле

$$H_i = \beta \cdot h_{\text{тр}(i)} \cdot L \cdot 10^{-3} + h_m \quad \begin{array}{l} \text{М. ВОД.} \\ \text{СТ.} \end{array} \quad (6.11)$$

где

β – поправочный коэффициент, применяемый при коэффициенте эквивалентной шероховатости отличном от $K_s = 0,5$ мм;

L – длина трубопровода на i -м участке, м;

$h_{\text{тр}}$ – удельные линейные потери напора на трение, мм/м.

Удельные линейные потери напора на трение определяются по формуле

$$h_{\text{тр}} = \frac{0,102 \cdot \lambda \cdot \omega^2 \cdot \rho}{(2 \cdot d_{\text{вн}})} \quad \text{мм/м} \quad (6.12)$$

где

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубопровода, м;

λ – коэффициент гидравлического трения.

Тепловые сети, как правило, работают при турбулентном режиме движения теплоносителя в квадратичной области, поэтому коэффициент гидравлического трения определяется по формуле (6.7).

Скорость теплоносителя ω находится из уравнения неразрывности

$$\omega = \frac{4 \cdot G_d}{(3,6 \cdot \pi \cdot D_i^2 \cdot \rho)} \quad \text{м/с} \quad (6.13)$$

Потери напора $h_{\text{м}}$ в местных сопротивлениях определяются по формуле

$$h_{\text{м}} = \sum \xi \cdot \omega^2 \cdot \rho / 2 \quad \begin{array}{l} \text{м. вод.} \\ \text{ст.} \end{array} \quad (6.14)$$

Расчетные потери напора от источника тепла определяются из потерь на двух трубопроводах (подающем и обратном) на каждом участке, учитывая структуру наружной тепловой сети.

Потери напора на участке (на двух трубопроводах) равны удвоенным потерям (для закрытых систем теплоснабжения)

$$H_i = 2 \cdot h_i \quad \begin{array}{l} \text{м. вод.} \\ \text{ст.} \end{array} \quad (6.15)$$

Потери напора от источника тепла на i -м участке определяются с учетом потерь напора на предшествующих участках

$$H_{\text{и}} = \sum_1^{i-1} H_i + H_i \quad \begin{array}{l} \text{м. вод.} \\ \text{ст.} \end{array} \quad (6.16)$$

Для расчета потерь напора системы H_c необходимо просчитать сумму значений потерь на последовательности участков от источника до конечного участка (наиболее удаленного от источника тепла). Расчет начинается с наиболее удаленного от источника конечного участка. Далее рассчитывается участок, предшествующий этому конечному, и т. д. до узловой точки, от которой начинается ответвление, и далее до источника. Затем берется конечной участок другого ответвления и проводится расчет сопротивления другой последовательности участков (концевой участок – источник) и т. д., пока не будут рассчитаны все возможные цепочки участков. Значение расчетных потерь напора от источника тепла до каждого конечного участка заносится в базу данных для соответствующего конечного участка.

Располагаемый напор в конце участка определяется по формуле

$$H_{\text{к}(i)}^{\text{р}} = H_{\text{н}(i)}^{\text{р}} - H_{2(i)} \quad \begin{array}{l} \text{м. вод.} \\ \text{ст.} \end{array} \quad (6.17)$$

где

$H_{\text{к}(i)}^{\text{р}}$ – располагаемый напор в конце участка, м вод. ст.;

$H_{\text{н}(i)}^{\text{р}}$ – располагаемый напор в начале участка, м вод. ст.;

$\Delta H_{2(i)}$ – потери напора в двух трубопроводах в (подающем и обратном) на данном участке, м вод. ст.

6.1.3. Построение пьезометрического графика

Пьезометрический график строится в масштабе по результатам гидравлического расчета с привязкой к рельефу местности и в следующей последовательности.

1. Вычерчивается однолинейная схема тепловой сети в масштабе.
2. От условной линии отсчета наносится рельеф местности. Для этого откладываются геодезические отметки местности Z , которые нанесены на схему тепловой сети. При этом минимальная отметка Z принимается за относительный ноль. Принимается, что ось трубопровода сети совпадает с рельефом местности.
3. Откладывается высота всасывания $H_{\text{вс}}$ сетевых насосов от оси трубопровода. Высота всасывания эквивалентна напору в обратном трубопроводе на всасывании сетевых насосов и может быть принята в пределах 15÷30 м. вод. ст.
4. Откладывается напор сетевых насосов $\Delta H_{\text{сн}}$, и фиксируется располагаемый напор на коллекторах ТЭЦ

$$H_{\text{тэц}} = H_{\text{сн}} - H_{\text{тпу}} \quad \begin{array}{l} \text{м. вод.} \\ \text{ст.} \end{array}$$

5. Строятся линии напоров в подающем и обратном трубопроводах подающей и обратном трубопроводах главной магистрали. На графике показываются значения располагаемых напоров (перепадов давления) на ЦТП и в точках присоединения ответвлений – $\Delta H_{\text{цтп}}$, $\Delta H_{\text{отв}}$.
6. Выбирается величина статического давления, и на пьезометрическом графике наносится линия статического напора.

6.2. Методика автоматизированного расчета

Ниже приводится описание программы и порядок формирования массива исходных данных.

Наименование программы – GIDR.

Язык программирования – Паскаль.

Назначение – гидравлический расчет двухтрубных тупиковых водяных тепловых сетей.

Программа организована в виде модульной структуры (см. рис. 6.1), состоящей из расчетного модуля (*UGIDTSE3*) и головной программы (*GIDRA*).

Расчетный модуль состоит из следующих блоков:

- блока описания и ввода исходных данных;
- основной расчетной процедуры (*GIDRASTSET*), в которой реализуется алгоритм гидравлического расчета тепловой сети;
- вспомогательной процедуры (*CALCKPOPR*) для определения поправочных коэффициентов при $k_3 \neq 0,5$;
- блока вывода результатов в табличной форме.

Блок ввода исходных данных предназначен для считывания исходных данных (одиночных переменных, записей и массивов) в оперативную память ЭВМ.

В процедуре *GIDRASTSET* производятся гидравлические расчеты по изложенной выше методике (формулы (6.1)–(6.17)).

Для выполнения расчетов по участкам сети организуется цикл по участкам. Для каждого участка, который характеризуется шагом цикла, выполняются гидравлические расчеты в следующей последовательности:

- открывается цикл по гидравлическому расчету участков;
- с учетом значения $Re_{пр}$ (6.9) определяется коэффициент гидравлического сопротивления λ ((6.7)–(6.8));
- из уравнения неразрывности рассчитывается скорость движения воды на участке (формула 6.19);
- вычисляются индексы массивов стандартных диаметров и коэффициентов эквивалентной шероховатости (при $k_3 \neq 0,5$). Индексы определяются в процедуре *CALCKPOPR* и затем используются для идентификации значений коэффициентов из матрицы поправочных коэффициентов;
- определяются удельные линейные потери напора на трение по формуле (6.18);
- рассчитываются потери напора в местных сопротивлениях по формуле (6.20);
- находятся суммарные потери на участке в одной линии по формуле (6.1);

- определяются потери напора по двум трубопроводам на участке по формуле (6.21);
- выполняется проверка на конец цикла по гидравлическому расчету участков тепловой сети.

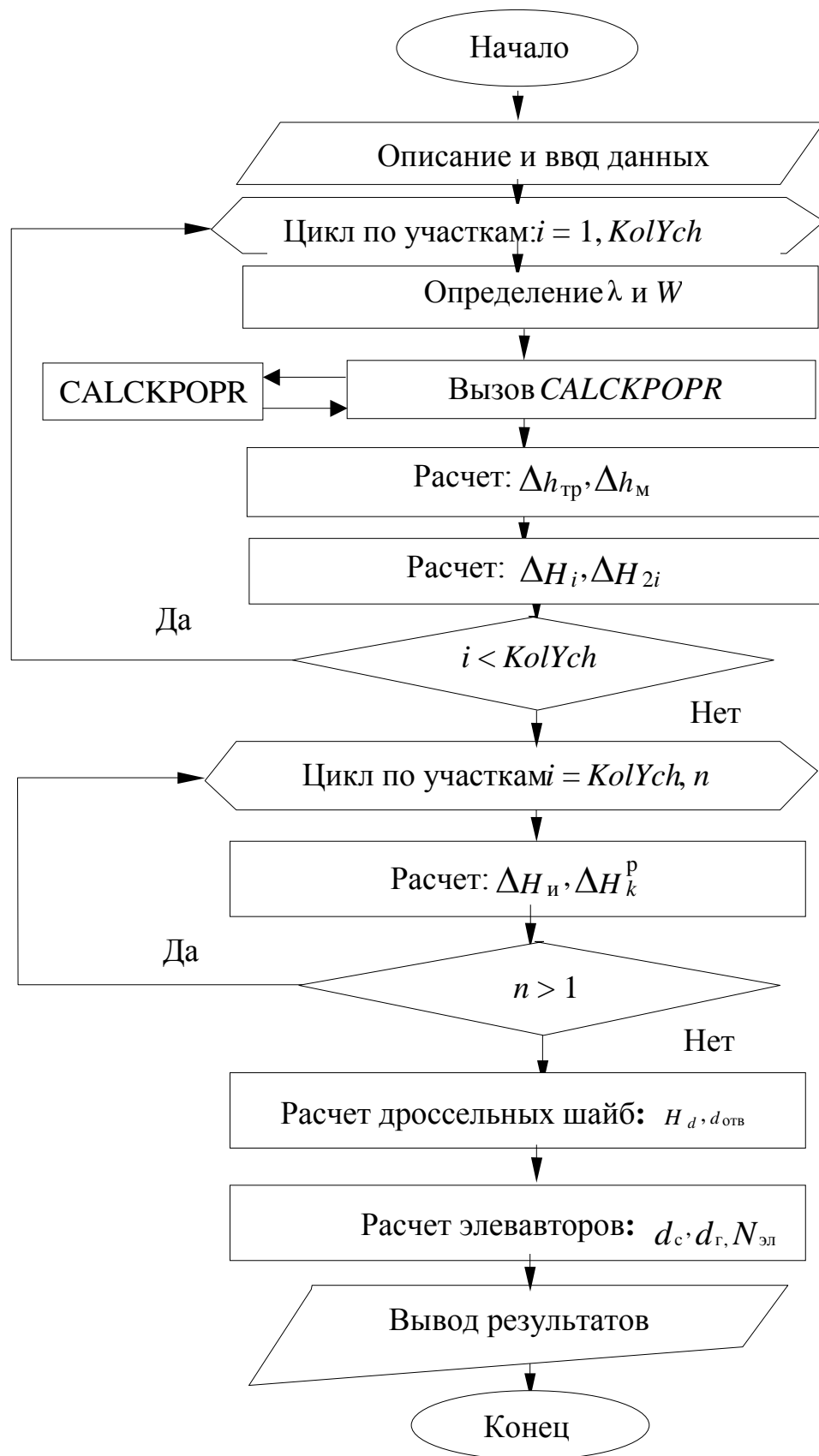


Рисунок 6.1. Блок схема расчетного модуля

После выполнения этого цикла на каждом участке сети становятся известными поправочный коэффициент β , расчетные значения удельных потерь R , потери напора на участке (линейные, местные, суммарные на одном трубопроводе, то же для двух трубопроводов). Далее в процедуре организуется еще один цикл для расчета на каждом участке следующих величин:

- потерь напора от источника нарастающим итогом по формуле (6.22);
- располагаемого напора в конце участка по формуле (6.23).

Вспомогательная процедура *CALCKPOPР* служит для идентификации индексов массива стандартных диаметров d_i^{CT} и массива $k_{э(i)}$ по исходным для данного участка значениям d_i и $k_{э(i)}$. Далее индексы используются для считывания значения коэффициента из матрицы поправочных коэффициентов.

6.2.1. Текст программы для гидравлического расчета двухтрубных тупиковых водяных тепловых сетей

Программа *Gidtset* использует для расчета модули:

- *Uchismet*;
- *Ugiddim*.

Текст программы для автоматизированного расчета гидравлики двухтрубных тупиковых водяных сетей:

```
program Gidtset;
uses Uchismet, ugiddim;
begin
  GidRasTset;
  writeln('результаты смотрите в c:\fpk\tp55\surg\gidr\dgid.dat');
  readln;
end.
```

Листинг программ-модулей представлен в Приложении 4.

6.2.2. Инструкция по формированию файла с исходными данными для гидравлического расчета двухтрубных тупиковых водяных тепловых сетей

1-я строка:

$m[1,1]$ - количество участков тепловой сети.

2-я строка:

$m[1,2]$ - плотность сетевой воды, кг/м^3 ;

$m[2,2]$ - вязкость сетевой воды, $\text{м}^2/\text{с}$;

$m[3,2]$ - располагаемый напор на начальном участке сети, м;

$m[4-6,2]$ - температуры сетевой воды соответственно в подающей, обратной линиях и во внутренней системе теплопотребителя, $^{\circ}\text{C}$.

3-я строка:

Задается исходная информация для 1-го участка.

$m[1,3]$ - номер участка;

$m[2,3]$ - количество предыдущих участков тепловой сети;

$m[3,3]$ - массив номеров предыдущих участков (если предыдущие участки отсутствуют, то можно ограничиться одним элементом массива - $m[3,3] = 0$);

$m[4,3]$ - внутренний диаметр трубопровода на участке, м;

$m[5,3]$ - длина участка, м;

$m[6,3]$ - коэффициент эквивалентной шероховатости, мм;

$m[7,3]$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

$m[8,3]$ - расход сетевой воды на участке, т/ч;

$m[9,3]$ - сопротивление внутренней системы теплопотребителя, м;

$m[10,3]$ - задается тип присоединения потребителей к концевым участкам (0 – без элеваторное присоединение, 1 - элеваторное).

4-я - 11-я строки содержат информацию о характеристиках участков сети № 2-7. Порядок их формирования аналогичен структуре 3-й строки.

Для определения поправочных коэффициентов на коэффициент эквивалентной шероховатости организован второй файл, содержащий массив табличных значений K_{Σ} ($Stk[i]$, где $i - 1, n$), массив стандартных внутренних диаметров ($Std[i]$, $j - 1, m$) и матрицу поправочных коэффициентов размером $[n \times m]$.

6.3. Гидравлический расчет магистрального участка тепловой сети ООО «Томскнефтехим»

В данном подразделе будет рассмотрен участок магистрали сети по маршруту «Котельная – 14 узел» (смотри Рисунок 6.2.).

Для определения расчетного значения располагаемого напора в конце маршрута и построения пьезометрического графика составляется исходный файл с данными для расчета, согласно инструкции, описанной в подразделе 6.2.2.

Исходный файл для расчета:

7									
975	0,479e-6		65,9	130	80	95			
1	0	0	0,700	1058,0	3,5	7,5	1618,84	0	0
2	0	0	0,100	74,0	3,5	2,7	18,5	0	0
3	0	0	0,100	12,0	3,5	1,5	15,56	0	0
4	2	2 3	0,100	155,0	3,5	1,2	34,06	0	0
5	2	1 4	0,700	145,0	3,5	2,3	1652,9	0	0
6	0	0	0,100	35,0	3,5	3,5	20,7	0	0
7	2	5 6	0,600	52,0	3,5	4,2	1673,6	0	0

Далее, используя программу для автоматизированного гидравлического расчета двухтрубных тупиковых водяных тепловых сетей, производится расчет потерь напора. Результаты представлены в Таблице 6.1.

Исходя из маршрута, представленного на Рисунке 6.3., определяются участки, необходимые в построении пьезометрического графика.

По методике, представленной в подпункте 6.1.3. строится пьезометрический график (Рисунок 6.4.)

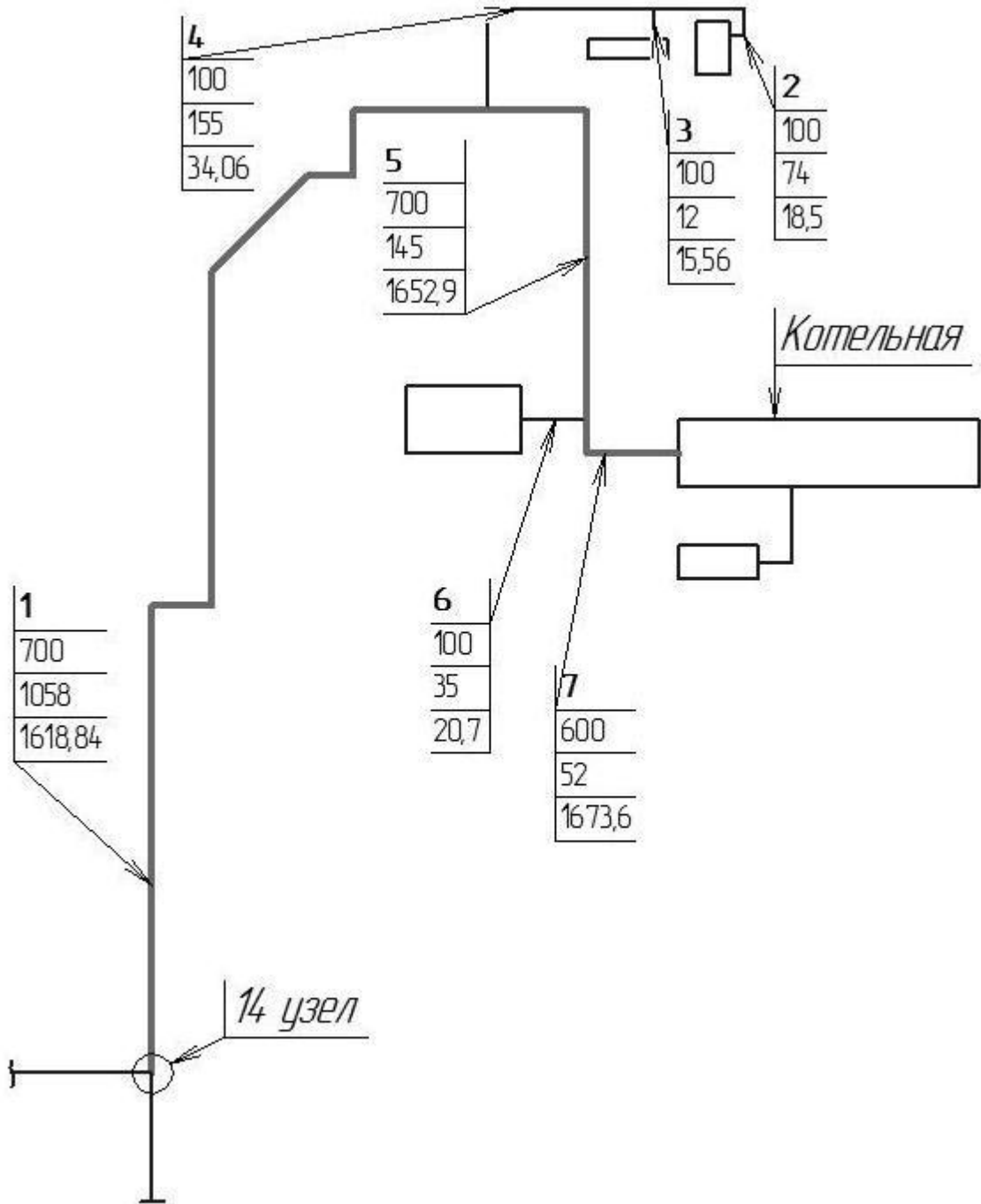


Рисунок 6.3. Схема рассматриваемого проблемного участка сети, маршрут «Котельная – 14 узел»

Таблица 6.1.

№ участка	Исходные данные					Скорость
	Диаметр	Длина	Сумма коэффициентов местных сопротивлений.	Расход воды		
i	d _y , м	L, м	-	G _{св} , т/ч	w, м/с	
1	0,700	1058,0	7,5	1618,840	1,198	
2	0,100	74,0	2,7	18,500	0,671	
3	0,100	12,0	1,5	15,560	0,564	
4	0,100	155,0	1,2	34,060	1,236	
5	0,700	145,0	2,3	1652,900	1,224	
6	0,100	35,0	3,5	20,700	0,751	
7	0,600	52,0	4,2	1673,600	1,686	

№ участка	Результаты гидравлического расчета							dH расп. в конце уч-ка
	Поправ. коэф-т	Расч. знач. уд. потерь	Потери напора на участке				dH от ист-ка	
i	b	R _л	dH _л , м	dH _м , м	dH _с , м	dH _{2с} , м	dH _и , м	dH _и , м
1	1,69	5,04	5,336	0,536	5,871	11,743	16,072	49,828
2	2,01	21,42	1,585	0,060	1,645	3,290	30,304	35,596
3	2,01	15,15	0,182	0,024	0,206	0,411	27,425	38,475
4	2,01	72,59	11,251	0,091	11,342	22,685	27,014	38,886
5	1,69	5,26	0,762	0,171	0,934	1,867	4,329	61,571
6	2,01	26,81	0,938	0,098	1,037	2,073	4,535	61,365
7	1,71	12,25	0,637	0,594	1,231	2,462	2,462	63,438

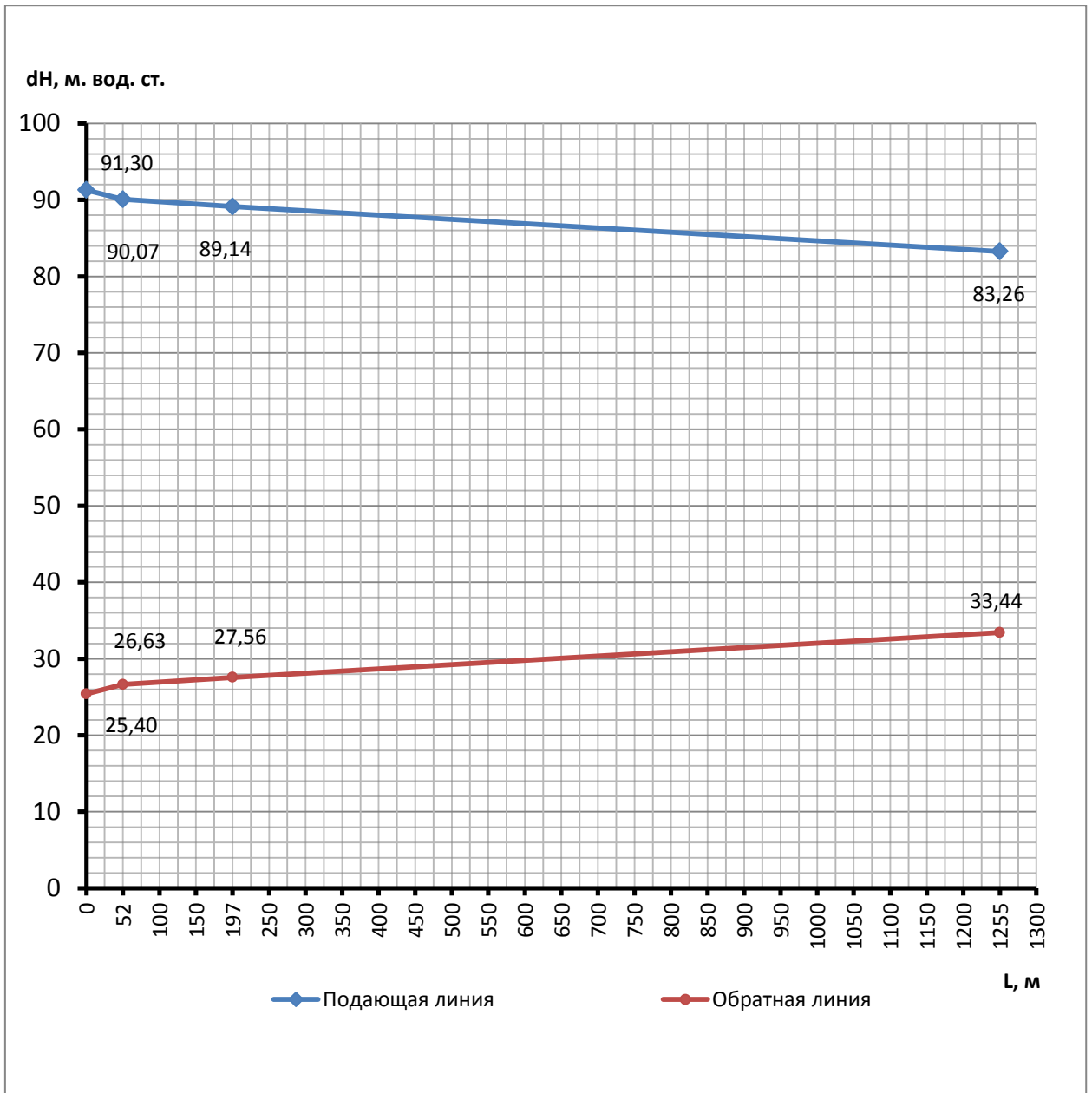


Рисунок 6.4. Пьезометрический график маршрута «Котельная – 14 узел»

Таблица 6.2.

№ участка	Диаметр	Длина	Расход	Расп. в конце уч-ка
-	d_y , м	L, м	$G_{св}$, т/ч	dH_i , м
7	0,600	52,0	1673,600	63,438
5	0,700	145,0	1652,900	61,571
1	0,700	1058,0	1618,840	49,828

На основе анализа построенного по участкам 7-5-1 пьезометрического графика, сделан вывод, что потери напора на 14 узле составляют $dH_1 = 16,072$ м. вод. ст. Это значение расходится с полученным при измерении $dH_{\text{изм}} = 27,9$ м. вод. ст.

Для установления причины подобного расхождения произведен гидравлический расчет того же маршрута при коэффициенте эквивалентной шероховатости характерном для новых труб $K_z = 0,5$, мм.

Исходный файл для расчета при $K_z = 0,5$, мм:

7									
975	0,479e-6		65,9	130	80	95			
1	0	0	0,700	1058,0	0,5	7,5	1618,84	0	0
2	0	0	0,100	74,0	0,5	2,7	18,5	0	0
3	0	0	0,100	12,0	0,5	1,5	15,56	0	0
4	2	2 3	0,100	155,0	0,5	1,2	34,06	0	0
5	2	1 4	0,700	145,0	0,5	2,3	1652,9	0	0
6	0	0	0,100	35,0	0,5	3,5	20,7	0	0
7	2	5 6	0,600	52,0	0,5	4,2	1673,6	0	0

Полученные результаты расчета сведены в таблицу (Таблица 6.3.) и на их основе построен пьезометрический график (Рисунок 6.5.)

Таблица 6.3.

№ участка	Исходные данные					Скорость
	Диаметр	Длина	Сумма коэффициентов местных сопротивлений.	Расход воды		
i	d _y , м	L, м	-	G _{св} , т/ч	w, м/с	
1	0,700	1058,0	7,5	1618,840	1,198	
2	0,100	74,0	2,7	18,500	0,671	
3	0,100	12,0	1,5	15,560	0,564	
4	0,100	155,0	1,2	34,060	1,236	
5	0,700	145,0	2,3	1652,900	1,224	
6	0,100	35,0	3,5	20,700	0,751	
7	0,600	52,0	4,2	1673,600	1,686	

№ участка	Результаты гидравлического расчета							dH расп. в конце уч-ка
	Поправ. коэф-т	Расч. знач. уд. потерь	Потери напора на участке				dH от ист-ка	
i	b	R _л	dH _л , м	dH _м , м	dH _с , м	dH _{2с} , м	dH _и , м	dH _и , м
1	1,00	1,83	1,941	0,536	2,477	4,953	7,496	58,404
2	1,00	6,55	0,485	0,060	0,545	1,090	10,698	55,202
3	1,00	4,63	0,056	0,024	0,079	0,159	9,767	56,133
4	1,00	22,20	3,441	0,091	3,532	7,065	9,608	56,292
5	1,00	1,91	0,277	0,171	0,449	0,897	2,543	63,357
6	1,00	8,20	0,287	0,098	0,385	0,770	2,416	63,484
7	1,00	4,40	0,229	0,594	0,823	1,646	1,646	64,254

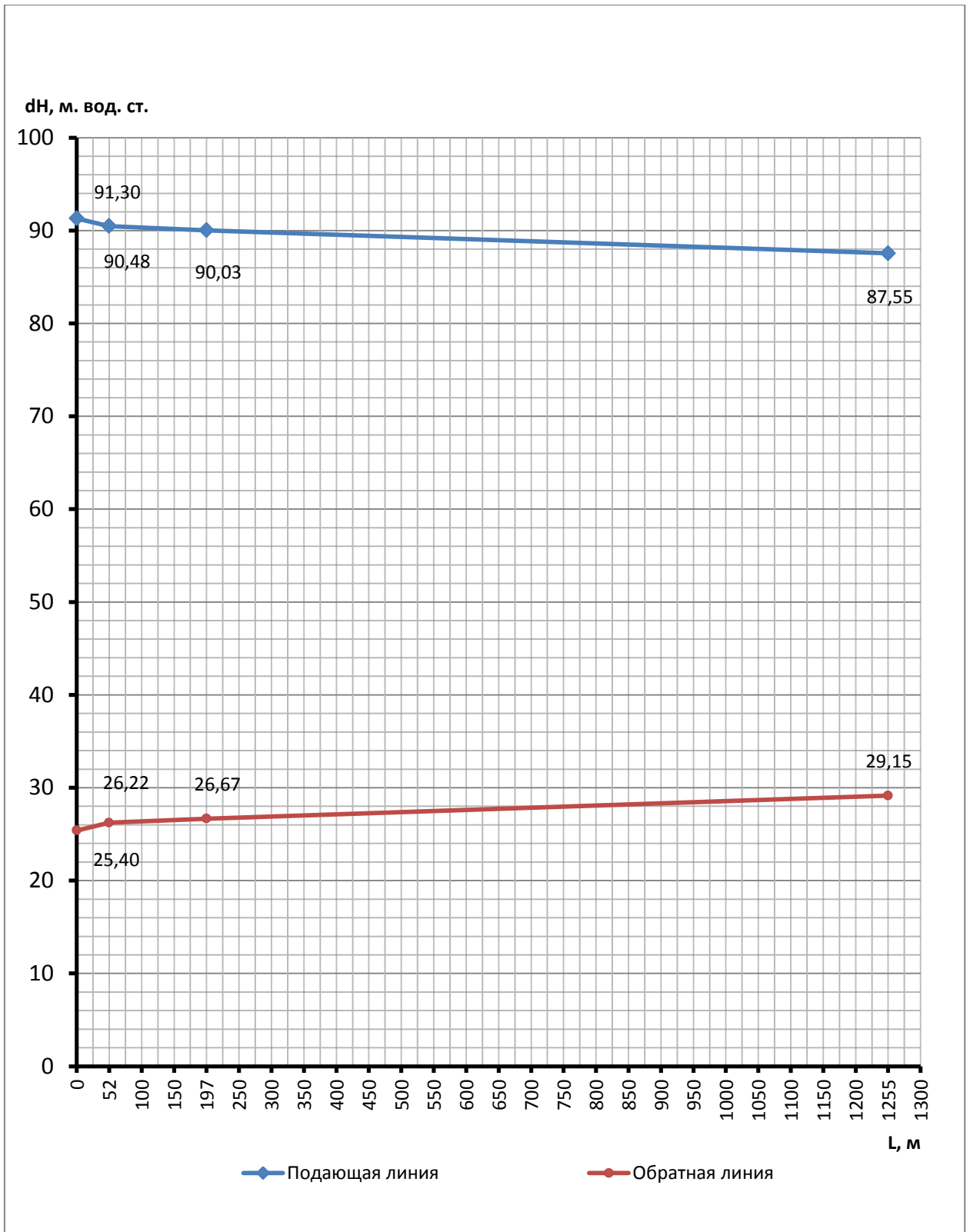


Рисунок 6.5. Пьезометрический график маршрута «Котельная – 14 узел» при $\rho = 0,5, \text{ мм}$

На основе анализа построенного по участкам 7-5-1 пьезометрического графика, при $K_9 = 0,5$, мм, сделан вывод, что потери напора на 14 узле составляют $dH_{K_9=0,5}^1 = 7,496$ м. вод. ст.

Далее, используя полученные ранее значения потерь напора $dH_{K_9=3,5}^1 = 16,072$, $dH_{K_9=0,5}^1 = 7,496$ и применяя метод линейной экстраполяции, упрощенный до графического, определен предположительный коэффициент эквивалентной шероховатости, соответствующий потерям, установленным инструментально $dH_{\text{изм}} = 27,9$ (Рисунок 6.6.).

По построенному графику линейной экстраполяции потерь напора на маршруте «Котельная – 14 узел» видно, что коэффициент эквивалентной шероховатости, соответствующий потерям, установленным инструментально $dH_{\text{изм}} = 27,9$, равен $K_9^{\text{изм}} = 7,5$, мм. Такое значение коэффициента эквивалентной шероховатости не реально. Учитывая режим течения, скорость потока, диаметр трубопровода и расход теплоносителя на рассматриваемом участке можно предположить, что причиной столь великого значения потерь напора, установленного инструментально $dH_{\text{изм}} = 27,9$, может служить нарушение в технологии прокладки трубопровода (неправильные врезки без плавного перехода, П-образники).

Рекомендуемые мероприятия по устранению причин потерь напора на участке:

1. Исследовать участок на наличие нарушений технологических норм и правил в прокладке трубопровода.
2. Заменить трубы на участке на более новые и таким образом уменьшить коэффициент эквивалентной шероховатости и потери напора на участке.

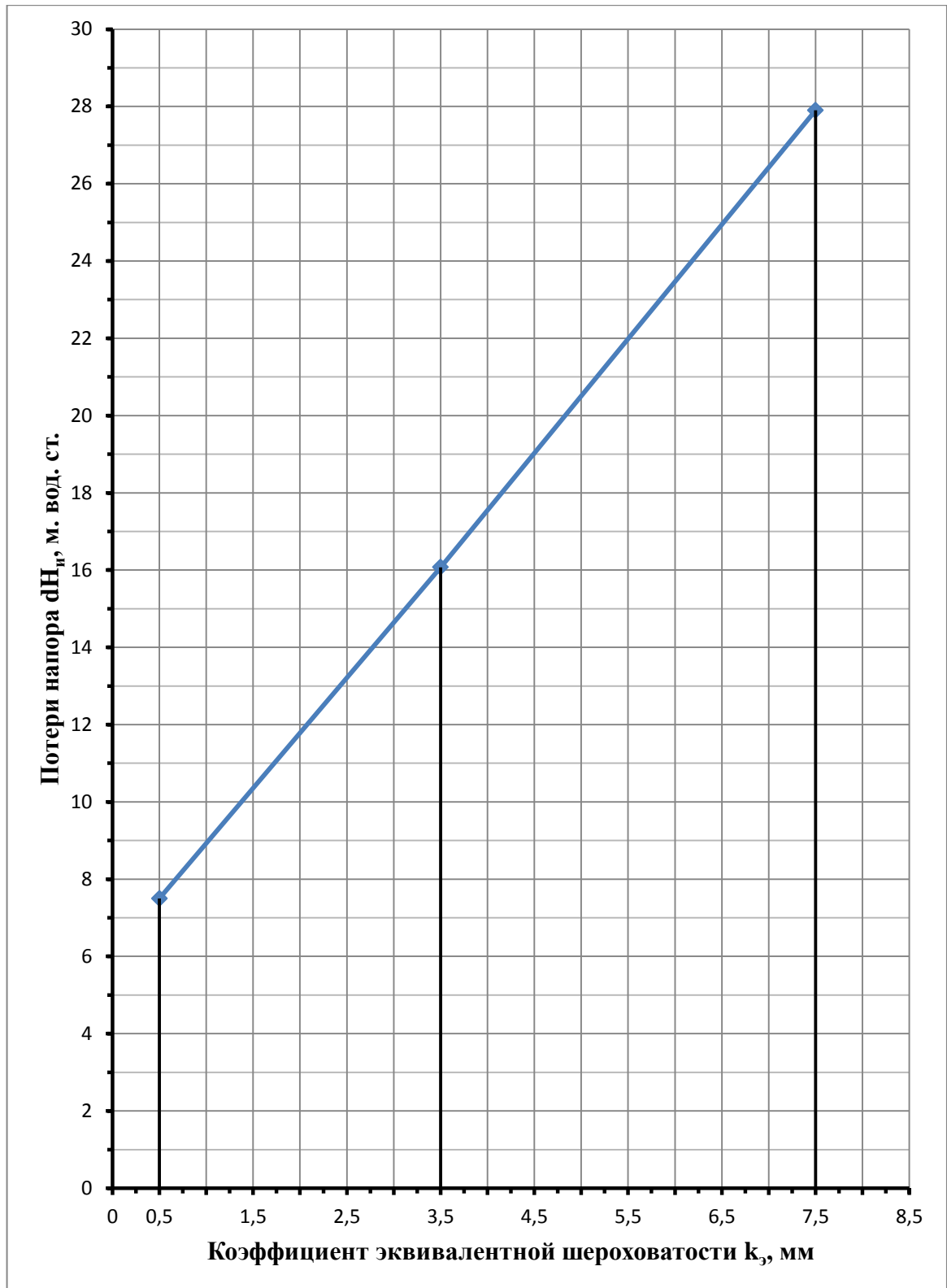


Рисунок 6.6. График линейной экстраполяции потерь напора на маршруте «Котельная – 14 узел»

7. Разработка рекомендаций по реконструкции тепловых узлов

Для достижения поставленной задачи – перехода на круглогодичный режим работы отопительной котельной на двух насосах, необходимо снизить общий расход теплоносителя, отпускаемого с котельной до оптимального расчетного значения при температурном графике 130/80. (См. раздел 2 «Обоснование перспективного температурного графика»)

7.1. Варианты реконструкции тепловых узлов

7.1.1. Реконструкция с применением элеваторной схемы присоединения систем отопления

Применение элеваторов позволит снизить температуру воды в обратной линии, что в свою очередь снизит необходимый расход теплоносителя на отопление и вентиляцию корпусов.

Разность напоров в подающем и обратном трубопроводе (располагаемый напор) перед системой теплоснабжения не должна быть меньше двух-, трех-кратных гидравлических потерь в этой системе; при элеваторном присоединении отопительной системы располагаемый напор перед элеватором должен быть не менее [3]

$$H_{\text{э}} = 1,4 \cdot h \cdot (1 + u_{\text{см}}^{\text{р}})^2, \quad \begin{array}{l} \text{м. вод.} \\ \text{ст.,} \end{array} \quad (7.1)$$

где

h – потери напора в системе отопления при расчетном расходе смешанной воды, м;

$u_{\text{см}}^{\text{р}}$ – расчетный коэффициент смешения;

Коэффициент смешения, определяется из уравнения теплового баланса, через температуры смешиваемой воды

$$u_{\text{р}} = (t_{1\text{р}} - t_{3\text{р}}) / (t_{3\text{р}} - t_{2\text{р}}), \quad (7.2)$$

где

t_{1p} – расчетная температура горячей воды в подающем трубопроводе тепловой сети, $^{\circ}\text{C}$;

t_{2p} – расчетная температура воды обратной линии местной системы, $^{\circ}\text{C}$;

t_{3p} – расчетная температура смешанной воды, поступающей в местную систему отопления, $^{\circ}\text{C}$.

Для того чтобы подобрать элеватор, необходимо рассчитать диаметр горловины элеватора. Диаметр горловины d_{Γ} , мм определяется по формуле [3]

$$d_{\Gamma} = 8,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_c^2 \cdot (1+u_p)^2}{H_{co}}}, \quad \text{мм} \quad (7.3)$$

где

G_c^2 – расчетный расход сетевой воды (из тепловой сети) на систему отопления, т/ч;

u_p – коэффициент смешения элеватора;

ΔH_{co} – потери напора в системе отопления (после элеватора) при расчетном расходе воды, м.

Диаметр выходного сечения сопла элеватора определяется по формуле

$$d_c = 9,6 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_p^2}{H}}, \quad \text{мм} \quad (7.4)$$

где

H – располагаемый напор перед системой, м вод. ст.

Расчетный расход сетевой воды на систему отопления G_c определяется по формуле

$$G_c = \frac{Q_{o.p.} \cdot 10^3}{c \cdot (t_{1p} - t_{2p})}, \quad \text{т/ч} \quad (7.5)$$

где

C – теплоемкость воды, кДж/кг·К (ккал/кг °С);

$Q_{o.p.}$ – расчетный тепловой поток на отопление, Гкал/ч;

t_{1p} – расчетная температура горячей воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С;

t_{2p} – расчетная температура воды обратной линии местной системы, °С.

Во избежание вибрации и шума, которые обычно возникают при работе элеватора под напором, в 2–3 раза превышающем требуемый напор по формуле (6.25), часть этого напора рекомендуется гасить дроссельной диафрагмой, устанавливаемой перед монтажным патрубком до элеватора.

При выборе номера элеватора по расчетному диаметру его горловины следует выбирать стандартный элеватор с меньшим ближайшим диаметром горловины, т. к. завышенный диаметр приводит к резкому снижению КПД элеватора.

Диаметр отверстия сопла следует определять с точностью до десятой доли миллиметра с округлением в меньшую сторону. Диаметр отверстия сопла элеватора во избежание засорения должен быть не менее 3 мм.

7.1.2. Реконструкция с применением дроссельной диафрагмы

Расчетный расход теплоносителя через системы теплоснабжения и отдельные теплоприемники внутри систем обеспечивается расстановкой на вводах или перед теплоприемниками автоматических регулирующих устройств или постоянных сопротивлений – дроссельных диафрагм. Диафрагмы рассчитываются на срабатывание всего избыточного напора, который определяется как разность между располагаемым напором перед системой (теплоприемником) и падением напора в системе (теплоприемнике) при расчетном расходе теплоносителя[3].

Дроссельные диафрагмы должны быть с диаметром отверстия не менее 2,5 мм во избежание их засорения. Если при расчетах диаметр отверстия получается менее 2,5 мм, следует устанавливать последовательно две диафрагмы с соответственно большими диаметрами отверстий. При установке двух диафрагм последовательно на одном трубопроводе расстояние между диафрагмами должно быть равным или больше десяти диаметров трубопровода. Дроссельные диафрагмы устанавливаются, как правило, на участках трубопроводов, имеющих двухстороннее отключение, во фланцевых соединениях (на тепловом пункте или внутри системы отопления).

Установка дроссельных диафрагм на наружных тепловых сетях, как правило, не допускается, т. к. засорение такой диафрагмы может создать аварийную ситуацию. При крайней необходимости дросселирования напора в наружном трубопроводе дроссельную диафрагму следует устанавливать на специальном обводе (байпасе) вокруг закрытой задвижки на дросселируемом трубопроводе[3].

Для того чтобы подобрать дроссельную шайбу, необходимо рассчитать диаметр отверстия дроссельной шайбы. Диаметр отверстия дроссельной диафрагмы, мм, при его отношении к внутреннему диаметру трубы менее 0,2 с достаточной для практики точностью определяется по формуле

$$d_{\Gamma} = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_c^2}{H_{из}}}, \quad \text{мм} \quad (7.6)$$

где

G_c^2 – расчетный расход сетевой воды, проходящей через дроссельную диафрагму, т/ч;

$\Delta H_{из}$ – избыточный напор, гасимый дроссельной диафрагмой, м.

Расчетный расход сетевой воды на систему отопления G_c определяется по формуле

$$G_c = \frac{Q_{o.p.} \cdot 10^3}{c \cdot (t_{1p} - t_{2p})}, \quad \text{т/ч} \quad (7.7)$$

где

c – теплоемкость воды, кДж/кг·К (ккал/кг °С);

$Q_{o.p.}$ – расчетный тепловой поток на отопление, Гкал/ч;

t_{1p} – расчетная температура горячей воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С;

t_{2p} – расчетная температура воды обратной линии местной системы, °С.

7.1.3. Реконструкция с применением балансировочного клапана

Клапаны относят к классу трубопроводной арматуры. Они отличаются способом перекрытия потока теплоносителя, заключающимся в возвратно-поступательном перемещении затвора вдоль оси потока теплоносителя в седле корпуса арматуры [2]. В соответствии со стандартом [2] по назначению различают арматуру: запорную (для перекрытия потока), регулирующую (для изменения расхода теплоносителя), распределительно-смесительную (для распределения потоков теплоносителя по направлениям или для смешивания потоков), предохранительную (для защиты элементов системы при отклонении параметров теплоносителя за рекомендуемые пределы), обратную (для автоматического предотвращения изменения направления теплоносителя).

Одно из главных отличий современной арматуры – это многофункциональность, т. е. предназначенность для выполнения нескольких функций. Такой арматурой является, например, запорно-регулирующая.

Запорная арматура предназначена для перекрытия потока теплоносителя. Принимать запорную арматуру в качестве регулирующей не допускается [2]. Это вызвано, прежде всего тем, что запорная арматура конструктивно не предназначена для таких задач: имеет низкую цикловую нагрузку (быстрое срабатывание при частом использовании) и создает резкий перепад давления теплоносителя при закрывании [2].

Регулирующая арматура предназначена для регулирования расхода теплоносителя. Независимо от конструктивного исполнения конечной целью ее подбора является обеспечение линейной зависимости между регулирующим воздействием и изменением регулируемого параметра [2].

Основной гидравлической характеристикой запорно-регулирующей арматуры является коэффициент местного сопротивления ξ . Его определяют при протекании воды через клапан в режиме квадратичного сопротивления. Находят ξ экспериментально.

Рекомендуется, чтобы расстояние между элементами теплового узла, создающими местные сопротивления, было не меньше $10d$. При меньших соотношениях необходимо экспериментально определять общее сопротивление узла, состоящего из нескольких близко расположенных элементов.

К гидравлическим характеристикам клапанов относят также пропускную способность. Ее определяют как объемный расход воды в $\text{м}^3/\text{ч}$ с плотностью $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, проходящей через клапан при перепаде давления 10^5 Па (1 бар).

Для определения местных потерь давления ΔP , Па, в клапанах преобразуют формулу Вейсбаха:

$$P = \xi \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (7.8)$$

в уравнение (7.9), заменяя скорость воды отношением объемного расхода к площади условного проходного сечения и применяя единицы измерения [бар] для ΔP ,

$$P = \frac{V^2}{k_v^2} \quad (7.9)$$

где

ξ – коэффициент местного сопротивления;

ρ – плотность воды, кг/м³;

v – скорость движения воды, м/с;

k_v – пропускная способность клапана, (м³/ч)/бар^{0,5};

V – объемный расход воды, м³/ч.

Сравнивая уравнения (7.8) и (7.9), определяем, что пропускная способность клапана k_v , (м³/ч)/бар^{0,5} состоит из коэффициента местного сопротивления и площади входного сечения клапана, которую рассчитывают по условному диаметру входного сечения.

Таблица 7.1. Определение пропускной способности клапана k_v , (м³/ч)/бар^{0,5}

ΔP , бар V , м ³ /ч	ΔP , кПа V , л/с	ΔP , мм вод. ст. V , м ³ /ч	ΔP , кПа V , л/ч	ΔP , Па G , кг/ч
$k_v = \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 36 \cdot \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,1 \cdot \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,01 \cdot \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,316 \cdot \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$

Для обеспечения регулирования системы в заданных пределах необходимы правильный подбор и расчет клапана. Однако на практике зачастую регулирующие клапаны не рассчитывают, а подбирают по диаметру трубопровода, на котором их устанавливают. Это приводит к ухудшению чувствительности регулятора, к потере его регулирующей способности.

Причиной плохой работы системы в целом или регуляторов, в частности, может быть неверный подбор клапанов – лишь по пропускной способности и без учета изменения динамических характеристик. Одним из основных факторов, влияющих на работу клапана в динамическом режиме работы системы, является его внешний авторитет.

Автоматический регулятор – устройство, реагирующее на изменение регулируемого параметра объекта и автоматически управляющее процессами, выполняемыми для поддержания этого параметра в определенных пределах или для изменения его по определенному закону. В отличие от автоматического регулятора, ручным клапаном осуществляют те же задачи, но с помощью манипуляций человека.

При изменении расхода теплоносителя происходит перераспределение располагаемого давления между конструктивными элементами участка, в том числе и регулирующим клапаном. По мере открывания регулирующего клапана на нем уменьшается гидравлическое сопротивление, что приводит, в свою очередь, к увеличению перепада давления на остальных элементах участка из-за увеличения расхода теплоносителя. Когда регулирующий клапан закрывается, то в остальных элементах участка уменьшается падение давления, поскольку расход теплоносителя стремится к нулю. Все располагаемое давление при этом теряется на регулирующем клапане. Таким образом, гидравлические характеристики элементов участка оказывают влияние друг на друга в процессе регулирования.

Отношение потерь давления на максимально открытом регулирующем клапане P_{vs} [2] к максимально возможному перепаду давления P на регулируемом участке называют **авторитетом регулирующего клапана**

$$a = \frac{P_{vs}}{P} \quad (7.10)$$

Данное уравнение является частным случаем. Оно пригодно лишь для клапанов, у которых расчетный расход теплоносителя совпадает с максимально возможным. Такое совпадение присуще регулятору теплового потока (для системы отопления) и регулятору температуры (для системы горячего водоснабжения) в тепловом пункте. Для ручных балансировочных клапанов и радиаторных терморегуляторов эти расходы практически никогда не совпадают, а максимальный расход через них в полностью открытом состоянии является неизвестной величиной. Поэтому в [2] получены уравнения для определения внешнего авторитета клапана при расчетном расходе теплоносителя, т. е. расходе, которым оперируют при проектировании.

Гидравлический расчет систем и подбор регулирующих клапанов по внешнему авторитету нагляден и прост для манипулирования потерями давления при уравнивании циркуляционных колец и обеспечения эффективного регулирования. Данный способ находит широкое применение в компьютерных расчетах. Однако при этом не уделяют должного внимания взаимовлиянию клапанов на регулируемом участке и достижению линейной зависимости между регулирующим воздействием и изменением регулируемого параметра.

Часть перепада давления регулируемого участка теряется на регулирующем клапане. Она изменяется в процессе регулирования при перемещении затвора клапана. В это же время изменяется и пропускная способность клапана.

Пропускная (расходная) характеристика клапана – зависимость между относительной пропускной способностью и относительным перемещением затвора клапана при изменении распределения давления между регулирующим отверстием и регулируемым участком. В том случае, если на регулирующем отверстии теряется все давление регулируемого участка, пропускную характеристику клапана называют **идеальной (внутренней) расходной характеристикой**. При любых других соотношениях – **рабочей (эксплуатационной) расходной характеристикой клапана**.

Расходные характеристики клапанов могут отличаться от идеальных. В таком случае регулирование происходит по деформированному линейному закону даже при внешнем авторитете $a = 1$. Для лучшего понимания данного утверждения необходимо условно разделить сопротивление клапана на две составляющие: сопротивление регулирующего отверстия под затвором клапана и сопротивление остальной части канала для прохода теплоносителя внутри корпуса клапана. Идеальные условия наступят тогда, когда второе составляющее будет равно нулю.

Потери давления на клапане целесообразно разделить на два слагаемых:

- потери давления ΔP_{vs} , характеризующие конструктивными особенностями пути протекания теплоносителя внутри полностью открытого клапана.
- потери давления ΔP_n , возникающие вследствие перемещения штока с максимально открытого положения до положения требуемой настройки.

Потери ΔP_{vs} , бар, определяют по максимальной пропускной способности клапана k_{vs} , (м³/ч)/бар^{0,5}, и номинальному (расчетному) расходу V_N , м³/ч

$$P_{vs} = \frac{V_N^2}{k_{vs}^2} \quad (7.11)$$

уравнение настройки автоматического регулирующего клапана с линейной рабочей расходной характеристикой получают в виде

$$a = \frac{P_{vs}}{(\Delta P_{vs} + P)} \quad (7.12)$$

В данном уравнении, в отличие от уравнения (7.10), все перепады давления определяют по **номинальному (расчетному)** расходу теплоносителя V_N , а не по **максимальному** V_{100} . Такой подход отличается от ранее применяемой теории. Он носит общий характер и является практичнее, поскольку в данном случае номинальный расход – это расчетный расход, который известен при проектировании системы, в отличие от максимального расхода, который зачастую неизвестен. Равенство этих расходов рассматривают, как частный случай.

7.2. Примеры расчета вариантов реконструкции тепловых узлов

Расчетные значения нагрузок и расходов, используемые в расчетах, приняты согласно приложению 1.

7.2.1. Реконструкция теплового узла корпуса номер 417 с применением элеватора

Определяется расчетная температура смешанной воды $t_{зр}$, °С. Согласно **нормативу** для отопления жилых и служебных помещений должна подаваться вода с температурой не выше 95 градусов Цельсия. Принимается $t_{зр} = 95$ °С.

Определяется коэффициент смешения u_p . Используя расчетный температурный график и температуру смешанной воды, определяем коэффициент смешения элеватора.

$$u_p = (130 - 95)/(95 - 80) = 2,33;$$

Определяется расчетный расход сетевой воды G_c

$$G_c = \frac{0,09 \cdot 10^3}{(130 - 80)} = 1,8 \text{ т/ч};$$

Определяется диаметр горловины элеватора d_r , мм. Принимая потери напора в системе отопления ΔH_{co} равными 1,5 , м,

$$d_r = 8,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{1,8^2 \cdot (1 + 2,33)^2}{1,5}} = 18,89;$$

Далее, согласно таблице 7.2. выбирается номер элеватора. При выборе элеватора принимается стандартный элеватор с ближайшим меньшим диаметром горловины [3]. Параметры выбранного элеватора приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2.

№ элеватора	1	2	3	4	5	6	7
Д горловины, мм	15	20	25	30	35	47	59

Таблица 7.3.

Номер элеватора	Размеры, мм							Масса, кг
	d	D	D1	D2	I	L1	L	
1	3	110	125	125	90	110	425	7,31
2	4	110	125	125	90	110	425	9,5
3	5	125	160	160	135	155	626	18,66
4	5	125	160	160	135	155	626	18
5	5	125	160	160	135	155	626	17,12
6	10	160	180	180	180	175	720	27,2
7	10	160	180	180	180	175	720	34

Вывод

Согласно расчету требуется установить элеватор под номером 1 с параметрами, согласно таблице 7.3.

7.2.2. Реконструкция теплового узла корпуса номер 414 с применением дроссельной шайбы

Определение расчетного расхода сетевой воды G_c .

$$G_c = \frac{0,051 \cdot 10^3}{(130-80)} = ,02, \text{ Т/ч}$$

Определяется диаметр отверстия дроссельной шайбы $d_{др}$, мм. Принимая гасимый дроссельной шайбой избыточный напор $\Delta H_{из}$ равными 5,5 м,

$$d_r = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{,02^2}{5,5}} = 6,59, \text{ мм}$$

7.2.3. Реконструкция теплового узла корпуса номер 1113 с применением балансировочного клапана

Потери давления на клапане регулятора теплового потока ΔP_{v1} определяют по консолидированному распределению потерь давления – на нем и на автоматическом регуляторе перепада давления, т. е. между двумя клапанами. Тогда при

$$P_1 = 8,85 \text{ кгс/см}^2 = 8,679 \text{ бар};$$

$$P_2 = 6,23 \text{ кгс/см}^2 = 6,11 \text{ бар};$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 2,569 \text{ бар};$$

$$\Delta P_{v1} = \Delta P / 2 = \frac{2,569}{2} = ,2845$$

Определяется пропускная способность клапана (плотность теплоносителя принимают $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$) по уравнению из табл. 7.1. Тогда при

$$G = 3,56 \text{ т/ч} = 3,56 \text{ м}^3;$$

$$k_v = \frac{V, \text{м}^3/\text{ч}}{\sqrt{\Delta P, \text{Па}}} = \frac{3,560}{\sqrt{1,2845}} = 3,1, (\text{м}^3/\text{ч})/\text{бар}^{0,5}$$

По каталогу [2] выбирается регулирующий клапан с линейной характеристикой, т. к. должна быть обеспечена линейная зависимость между ходом штока клапана и температурой смеси теплоносителя. Это клапан USV $d_y = 25 \text{ мм}$ с ближайшей большей максимальной пропускной способностью $k_{vs} = 4,0 (\text{м}^3/\text{ч})/\text{бар}^{0,5}$. Допускается применение клапана с ближайшей меньшей пропускной способностью, если это не ухудшает регулирование.

Уточняются потери давления на полностью открытом регулирующем клапане с учетом выбранной пропускной способности по уравнению (7.11.)

$$\Delta P_{vs} = \frac{V_N^2}{k_{vs}^2} = \frac{3,56^2}{4,0^2} = ,79, \text{ бар}$$

Определяют автоматически поддерживаемый перепад давления регулятором перепада давления в узле смешивания. При этом, для упрощения расчетов, пренебрегают потерями давления в трубопроводах регулируемого участка и местных сопротивлениях, считая их ничтожно малыми.

Полагая, что на регулируемом участке расположен лишь регулирующий клапан регулятора теплового потока (его **внешний авторитет в этом случае примерно равен единице**), автоматически поддерживаемый перепад должен быть равным потерям давления на регулирующем клапане, т. е. $\Delta P_1 = 0,79$ бар.

8. Техничко-экономический расчет

При выборе различных вариантов реконструкции трубопроводов предпочтение отдается наиболее дешевым проектам.

Сметная документация является основой для стоимостной оценки проекта в целом и отдельных его частей. На основе смет определяются технико-экономические показатели строительства.

Для определения сметной стоимости проектируемых предприятий, комплексных зданий и сооружений, а также отдельных зданий и сооружений или их очередей в составе проекта разрабатываются:

- сводный сметный расчет;
- сводка затрат (при необходимости);
- объектные и локальные сметные расчеты;
- сметы на проектные и изыскательские работы.

Полная сметная стоимость всех работ и затрат, предусмотренная проектом, включая сметную стоимость строительных и монтажных работ, затрат на приобретение оборудования, инструмента, инвентаря, а также всех сопутствующих затрат определяется сводным расчетом стоимости строительства предприятия, здания или сооружения.

Сводный сметный расчет является основным и неизменным документом для планирования и финансирования строительства.

В главах сводного сметного расчета стоимости строительства, предусмотренного в проекте, средства распределяются следующим образом:

- подготовка территории строительства;
- основные объекты строительства;
- объекты подсобного и обслуживающего назначения;
- объекты энергетического хозяйства;
- объекты транспортного хозяйства и связи;
- наружные сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газоснабжения;
- благоустройство и озеленение территории;
- временные здания и сооружения;
- прочие здания и сооружения;
- содержание дирекции (технического надзора) строящегося предприятия (учреждения) и авторский надзор;
- подготовка эксплуатационных кадров;
- проектные и изыскательские работы.

Сметная стоимость строительства отдельных зданий и сооружений определяются объектными сметами. Объектные сметы служат основанием для определения сметной стоимости товарной строительной продукции для расчетов между заказчиком и подрядчиком за выполненные строительные-монтажные работы.

Объектные сметы составляются на основе локальных смет с выделением сметной стоимости строительных и монтажных работ, оборудования, приспособлений.

В общую сметную стоимость строительно-монтажных работ, в объектные сметы включается резерв средств на непредвиденные работы и затраты.

Локальные сметы на строительные работы, на монтаж оборудования составляются на:

- прокладку подземных коммуникаций по отдельным объектам;
- освоению и подготовку трассы трубопроводов;
- на прокладку трубопровода с сооружениями, установку отключающих устройств и арматуры.

Локальные сметы по зданиям и сооружениям составляются по разделам.

Для отдельных объектов на прокладку подземных коммуникаций объемы земляных работ принимаются по данным проекта организации строительства. Монтажные работы по прокладке трубопроводов, установке отключающих устройств и арматуры, а также объемы работ по сооружениям на сетях принимаются по спецификациям проекта. Оборудование (номенклатура и количество) принимается на основе заказных спецификаций, имеющих в составе проекта.

В данном разделе представлены материалы по экономическим расчетам тепловой сети.

Перед составлением любой сметной документации составляется список всех произведенных работ.

Например, для составления сметы по проектированию указывается виды работ, исполнители, их заработная плата. Для вычисления других затрат, вводится отношение искомых денежных средств к уже определенным, так заработная плата работников оформления равняется 11,1%, а техническое руководство 18% от величины заработной платы всех исполнителей. В количестве 63,7% от величины итоговой заработной платы рассчитываются накладные расходы, а в количестве 27,2% – другие прямые затраты. Для определения величины накоплений итоговую сумму затрат (итоговая заработная плата, накладные расходы и другие затраты) умножают на 0,2 (20%). К конечному значению прибавляется единый социальный налог в размере 34%.

Смета на проектные работы системы централизованного теплоснабжения представлена в таблице 8.1.

Локальные сметные расчеты по строительным работам тепловых сетей представлены в двух частях: расчета на прокладку трубопроводов и расчета на тепловую изоляцию трубопроводов.

Данные расчеты трудоемкости. Чтобы исключить ошибки ручного счета и упрощения и ускорения определения денежных затрат, на производстве используют специальные программы, например, Гранд-смета. Исходными данными для расчетов являются таблицы, содержащие количества всех элементов тепловых сетей (Таблица 8.2). Результаты сметных расчетов оформляются в виде локальных и сводных смет. Сводная смета представлена в Таблице 8.3.

Таблица 8.1. Расчет стоимости проектирования
 На основе данных полученных в ходе преддипломной практики

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (локальная смета)						
№ п/п	Перечень выполненных работ	Исполнители		Количество человеко-дней	Средняя заработная плата за 1 день в руб.	Основная заработная плата в руб.
		колич.	должность			
1	2	3	4	5	6	7
1	Составление технического задания	1	Ведущий инженер	2	545,45	1090,90
2	Теплотехнические расчеты	1	Инженер-проектировщик	6	454,55	2727,30
3	Подбор оборудования	1	Инженер-проектировщик	4	454,55	1818,20
4	Подготовка чертежей	1	Инженер-конструктор	4	454,55	1818,20
5	Подготовка проектной документации	1	Инженер-проектировщик	5	454,55	2272,75
6	Разработка сметной документации	1	Инженер-сметчик	3	454,55	1363,65
а)	Итого основная заработная плата исполнителей (руб)					11091,00
б)	Зарплата работников оформления (руб)			11,1	% от п. "а"	1231,10
в)	Заработная плата технического руководства (руб)			18	% от п. "а"	1996,38
г)	Итого заработная плата (руб)					14318,48
д)	Другие прямые затраты (руб)			27,2	% от п. "г"	3894,63
е)	Накладные расходы (руб)			63,7	% от п. "г"	9120,87
ж)	Итого прямые затраты и накладные расходы (руб)					27333,98
з)	Накопления (руб)			20	% от п. "ж"	5466,80
и)	Итого с накоплениями (руб)					32800,78
к)	Всего с единым социальным налогом (руб)			26	% от п. "и"	41328,98

Таблица 8.2. Расчет объема работ по строительной части

РАСЧЕТ				
объемов работ по строительству				
№ п/п	Конструктивные элементы и формулы подсчета	Ед. изм.	Объем работ	Примечания
1	2	3	4	5
	1. Надземная прокладка трубопроводов			Вес 1 п.м., кг
1	Труба Дн 720х10мм	п.м.	1058	175,08
2	Отвод 90 720х10мм	шт.	28	
3	Отвод 120 720х10мм	шт.	2	
4	Скользящая опора, 700	шт.	100	
5	Опора неподвижная, 700	шт.	10	
6	Врезка трубопровода Ду 700	шт.	3	
7	Рентген-контроль качества сварных швов Ду 700	п.м.		3 шт.
8	Опрессовка, промывка и дезинфекция т/трассы 2хДу700	п.м.	1058х2= 2116	
	2. Изоляционные работы			
1	Антикоррозионное покрытие "Вектор 1214" по 2 слоям грунт. Мастики "Вектор 1025" для труб менее Ду700	м ²	4783	
2	Теплоизоляционное покрытие труб изделиями из вспененного каучука "армофлекс" с покрытием	м ²	4783	
3	Антикоррозионное покрытие: алюминирование с композитно-пластиковым покрытием для труб Ду700	м ²	4783	

Таблица 8.3. Сводный сметный расчет

СВОДНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА							
№ п/п	Номера сметных расчетов и смет	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, руб.				Общая сметная стоимость, руб.
			строительных работ	монтажных работ	оборудования, мебели, инвентаря	прочих	
Глава 2. Основные объекты строительства							
1	ЛС	Прокладка трубопроводов	10 861 356				10 861 356
2	ЛС	Тепловая изоляция трубопроводов	3 227 286				3 227 286
		Итого по Главе 2	14 088 642				14 088 642
Глава 8. Временные здания и сооружения							
3	ГСН-81-05-01-2001 прил.1 п.4.5	Временные здания и сооружения (для ССР) - 1,5%*0,8=1,2%	169 063,70				169 063,70
		Итого по Главе 8	169 063,70				169 063,70
		Итого по Главам 1-8	14 257 705,70				14 257 705,70
Непредвиденные затраты							
4	МДС81-35.2004	Непредвиденные затраты - 3%	427 731,17				427 731,17
		Итого Непредвиденные затраты	427 731,17				427 731,17
Налоги и обязательные платежи							
5		НДС 18 (для ССР)	2 643 378,64				2 643 378,64
		Итого Налоги	2 643 378,64				2 643 378,64
		Всего по сводному счету	17 328 815,51				17 328 815,51
Стоимость проектирования							
6	ЛС	Проектирование	41 328,98				41 328,48
		Итого Проектирование	41 328,98				41 328,48
		Всего, с учетом проектирования	17 370 144,49				17 370 144,49

9. Автоматизированные системы контроля и регулирования температуры

9.1. Краткое описание технологического оборудования

Основное назначение тепловых пунктов [2] заключается в установлении и поддержании параметров теплоносителя (давления, температуры, расхода) на заданном уровне, необходимом для надежной и экономичной работы теплопотребляющих установок, питаемых от пунктов.

Схемы и оборудование тепловых пунктов зависят от вида теплоносителя и характера теплопотребляющих установок.

При водяном теплоносителе основное оборудование тепловых пунктов состоит из элеваторов (при зависимой схеме) и центробежных насосов, водяных теплообменников, аккумуляторов горячей воды, приборов для регулирования и контроля параметров сетевой воды, приборов и устройств для защиты от коррозии и накипеобразования местных установок горячего водоснабжения.

Тепловой пункт является юридической границей [4], что предполагает необходимость его оборудования набором контрольно-измерительных приборов, а также автоматическими устройствами для регулирования отпуска теплоты и поддержания заданных параметров теплоносителя в абонентских установках.

Если тепловая сеть состоит из отдельных тепловых пунктов в зданиях (индивидуальных тепловых пунктов), то каждый из них должен быть рассчитан на параметры теплоисточника и иметь оборудование и приборы регулирования, защиты, контроля и учета, позволяющие удовлетворительно сочетать режим использования теплоты с режимом теплоисточника и тепловой сети.

9.2. Постановка задачи автоматического контроля и регулирования (АКиР) объекта

Регулирование отпуска теплоты [4] может быть центральным (на источнике теплоты), групповым (например, для жилого микрорайона), местным (для здания в целом, или, что эффективнее, для отдельных фасадов здания) и, наконец, индивидуальным (нагревательные приборы помещения, квартиры). Чем разнообразнее тепловая нагрузка потребителей и чем больше радиус действия сетей, тем больше необходимость дополнения центрального регулирования автоматическим регулированием у потребителей.

Наиболее целесообразным методом регулирования отпуска теплоты [2] в системах централизованного теплоснабжения населенных пунктов с разнородной нагрузкой (отопление, ГВС, вентиляция) является сочетание центрального качественного регулирования по отопительной нагрузке с местным количественным регулированием отдельных видов нагрузки. Выбор местного регулирования зависит от типа и режима установки.

9.3. Разработка функциональной схемы контроля и автоматического регулирования объекта

Функциональная схема автоматического регулирования объекта разрабатывается на основе принципиальной схемы ИТП. Цель регулирования – поддержание заданной разницы между температурами в прямой и подающей линиях в, в соответствии с заданным температурным графиком при текущей температуре наружного воздуха.

На схеме изображены погружные термодатчики и термодатчик наружного воздуха, запорная и запорно-регулирующая арматура, циркуляционный насос и трехходовой регулирующий клапан.

Кроме этого, в верхней части функциональной схемы указываются первичные преобразователи и исполнительные механизмы. Для регулирования температуры воды используется датчик температуры воды. В условных обозначениях представляет собой круг диаметром 10 мм согласно ГОСТ 21.404-85, внутри которого записывается условное обозначение измеряемой величины – Т, для буквенного обозначения функционального признака – чувствительного элемента – Е. Исполнительный механизм изображается в виде круга меньшего диаметра.

В нижней части функциональной схемы располагается таблица с датчиками, устанавливаемыми по месту, и приборами и средствами автоматизации, устанавливаемыми на щитах управления.

Измерительный прибор Т1 предназначен для показаний значений температуры, регулирующий орган ТС R предназначен для регулирования температуры, выполняющий функции регистрации. Регулирующий орган, располагается на щите приборов.

Каждый прибор или средство для автоматизации имеет свой позиционное обозначение, которое изображают в нижней половине графических условных обозначений измерительных приборов и средств автоматики. Позиционные обозначения состоят из двух частей.

Первая часть обозначения содержит цифру, обозначающую функциональную группу (комплект). Для осуществления регулирования температуры водопроводной воды используется только одна функциональная группа, таким образом, всем входящим в нее приборам и средствам автоматики присваивается позиционный номер 1.

Вторая часть позиционного обозначения содержит букву, которая присваивается каждому элементу функциональной группы в алфавитном порядке (1а, 1б, 1в и т.д.). Последовательность присвоения обозначений второй части осуществляют в зависимости от последовательности прохождения сигнала измерительной информации.

9.4. Выбор средств измерений и регулирования и составление заказной спецификации

В настоящее время для автоматизации технологических объектов применяется государственная система приборов и средств автоматизации (ГСП). При выборе технических средств были использованы приложения 2,3 учебного пособия [19].

Выбор температурных датчиков производится согласно параметрам теплоносителя в системе, с соблюдением максимально допустимых температур для прибора. При используемом температурном графике (раздел 1) максимальная температура теплоносителя в системе не будет превышать 130 °С. Для таких условий был выбран погружной температурный датчик VF20T, NTC 20 kOm, с диапазоном измерений -25...130 °С и классом защиты IP54. Такой же датчик выбран для установки на обратной линии. Для измерения температуры наружного воздуха выбран датчик AF20, NTC 20kOm, с диапазоном измерений -40...70 °С.

В качестве регулирующего устройства и блока управления выбран температурный контроллер Мастер-контроллер PANTHER mini, имеющий встроенные преобразователи сигналов универсальные, дискретные и аналоговые.

Органом регулирования служат 3-х ходовой поворотный клапан для систем отопления, охлаждения и вентиляции. Honeywell и Насос циркуляционный с мокрым ротором Wilo-Star-E с электронным управлением. Так как циркуляционный насос устанавливается на перемычке, температура воды, перекачиваемой им не будет превышать максимально допустимые 110 °С. Насос имеет блок электронного управления, подключаемый к регулирующему устройству.

Регулирующий клапан выбирается в комплекте с подходящим приводом, указанным в технических характеристиках оборудования.

После подбора необходимого оборудования была составлена заказная спецификация.

Заказная спецификация представлена на ФЮРА.140104.001

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Количество		
1a 2a	<p>Датчик температуры воды VF20T, NTC 20 kOm, погружной, с колодцем</p> <p>Класс защиты: IP54</p> <p>Диапазон температуры: -25...130 °C</p> <p>Температурный элемент: NTC 20kOm</p> <p>Кол-во подключ. проводов: 2</p> <p>Производство: Германия</p>	VF20T, NTC	2		
3a	<p>Датчик температуры наружного воздуха AF20, NTC 20kOm</p> <p>Диапазон температуры -40...70 °C</p> <p>Температурный элемент: NTC 20kOm</p> <p>Кол-во подключ. проводов: 2</p> <p>Производство: Германия</p>	AF20, NTC	1		
4,5, б 1,2 в	<p>Температурный контроллер Мастер-контроллер PANTHER mini</p> <p>Универсальные Входы 4</p> <p>Дискретные Входы 4</p> <p>Аналоговые Выходы 2</p> <p>Дискретные Выходы 3</p> <p>Производство: Германия</p>	PANTHER mini	1		
4a	<p>Насос циркуляционный с мокрым ротором Wilo-Star-E с электронным управлением</p> <p>Перекачиваемая жидкость — Вода, чистая;</p> <p>Температура жидкости (макс.) — 110°C;</p> <p>Рабочее-/номинал. давление — 10 бар;</p> <p>Вид тока — 1~230V/50Hz;</p> <p>Потр. мощность P1 (макс.) — 0,018..0,042 kW;</p> <p>Частота вращения — 2350 1/min;</p> <p>Вид защиты — IP 42;</p> <p>Резьбовое соединение R 1/2/G 1.</p> <p>Производство: Германия</p>	Wilo Star-E 15/1-3-130 EasyStar	1		
5a	<p>3-х ходовой поворотный клапан для систем отопления, охлаждения и вентиляции. Honeywell</p> <p>Тип клапана: 3-х ходовой смесительный</p> <p>Среда: Вода, водно-гликолевая смесь (макс. 50% гликоля)</p> <p>Угол поворота: 90 °</p> <p>Температура среды: 2...130 °C</p> <p>Статическое давление: PN6</p> <p>Материал: Чугун, внутренние части хромированы</p> <p>Размер: DN15-40</p> <p>Присоединение: Фланцы или внутренняя резьба</p> <p>Подходящие приводы: M6061, M7061</p> <p>Производство: Германия</p>	Honeywell	1		
		ФЮРА.140104.001			
Разраб.		Спецификация приборов и средств автоматизации	Стад.	Лист	Листов
Провер.	Ляликов Б. А.		ТРП	1	1
			НИ ТПУ ИДО		
			ТПТ		
			гр. 3-6501		

10. Производственная и экологическая безопасность при монтаже и эксплуатации ИТП

В данном дипломном проекте рассчитывается теплоснабжение промышленного объекта «ООО «Томский нефтехимический комбинат». Оно осуществляется с помощью тепловых сетей и ИТП.

Основной задачей теплоснабжения является бесперебойное снабжение потребителей тепловой энергией и горячей водой, при минимальных тепловых потерях.

В то же время, необходимо создать оптимальные или допустимые условия труда для обслуживающего персонала, исключить или свести к минимуму возможные вредные и опасные производственные факторы.

10.1. Производственная безопасность

Работы по монтажу трубопроводов и оборудования ИТП относятся к категории работ Пб. Это работы с интенсивностью энергозатрат 201 - 250 ккал/ч, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата представлены в таблице 10.1.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 10.2.

Таблица 10.1. Нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Вид норм	Период года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура а, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/сек
Оптимальные	Холодный	Пб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	Теплый	Пб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
Допустимые	Холодный	Пб (233-290)	15,0-16,9/ 19,1-22,0*	14,0-23,0	15-75	не более 0,2/0,4
	Теплый	Пб (233-290)	16,0-18,9/ 21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	не более 0,2/0,5

* в числителе – ниже оптимальных значений, в знаменателе – выше оптимальных значений.

Таблица 10.2. Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

Возможные вредные и опасные производственные факторы на рабочем месте представлены в таблице 10.3.

Таблица 10.3. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	вредные	опасные	
1	2	3	4
Физические факторы			
Монтаж оборудования ИТП		Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	СНиП 12-03-2001, СНиП 12-04-2002
Эксплуатация насосов		Подвижные части производственного оборудования	СНиП 12-03-2001
Эксплуатация системы теплоснабжения (ИТП)		Сосуды, находящиеся под давлением	ПБ 03-576-03
	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны		ГОСТ 12.1.005–88
		Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	СНиП 12-04-2002
Эксплуатация системы теплоснабжения (ИТП)	Повышенный уровень шума на рабочем месте		ГОСТ 12.1.029-80, ГОСТ 12.4.026-76, СН 2.4/2.1.8.-562-96, СНиП 12-03-2001,
	Повышенный уровень вибрации		СН 2.2.4/2.1.8.566-96, СНиП 12-03-2001
	Недостаток естественного света		СНиП 23-05-95

10.2. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. Состояние воздушной среды характеризуется уровнем запыленности или загазованности воздуха рабочей зоны. Выполнение различных производственных работ нередко сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека. Для воздуха рабочей зоны производственных помещений в соответствии с установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ (таблица 10.4.).

Методы и средства защиты от действия фактора.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК, используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции.

Производственные помещения, в которых происходит выделение пыли, должны иметь гладкую поверхность стен, потолков, полов и регулярно очищаться от пыли.

Таблица 10.4. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние	Класс опасности	Особенности действия на
Искусственные минеральные волокна силикатные и алюмосиликатные стеклообразной структуры (стекловолокно, стекловата, вата минеральная и шлаковая, муллитокремнеземистые волокна, не содержащие или содержащие до 5% Cr ⁺³ и др.) ⁺	2	аэрозоль	III	преимущественно фиброгенное действие

Повышенный уровень шума на рабочем месте. Наиболее значимым фактором по количеству источников и степени воздействия на население является акустический шум. При эксплуатации тепловых пунктов источником шума являются включенные циркуляционные насосы с электроприводами.

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать согласно таблице 10.5.

Методы и средства защиты от действия фактора.

При эксплуатации машин для устранения вредного воздействия на работающих повышенного уровня шума должны применяться:

- технические средства (уменьшение шума машин в источнике его образования; применение малошумных технологических процессов и машин);
- строительно-акустические мероприятия (рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов, рациональное размещение рабочих мест);
- дистанционное управление шумными машинами;
- средства коллективной (звукоизолирующие ограждения зданий и помещений, звукоизолирующие кожухи) и индивидуальной защиты (противошумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и костюмы);
- организационные мероприятия (выбор рационального режима труда и отдыха, сокращение времени нахождения в шумных условиях).

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ.

Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности.

Таблица 10.5. Допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа: рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Повышенный уровень вибрации. При эксплуатации тепловых пунктов источником вибрации являются включенные циркуляционные насосы с электроприводами. Технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации - насосные агрегаты - называют общей вибрацией 3 категории. Общую вибрацию на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий категории относят к типу 3а.

Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории 3 - технологического типа "а" принимаются согласно таблице 10.6., а для жилых зданий – таблице 10.7.

Методы и средства защиты от действия фактора.

Основным способом обеспечения вибробезопасности должно быть создание и применение вибробезопасных машин или машины с наименьшей вибрацией.

Для устранения вредного воздействия вибрации должны применяться следующие мероприятия:

- снижение вибрации в источнике ее образования конструктивными или технологическими мерами (разработаны схемы размещения машин с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах);
- уменьшение вибрации на пути ее распространения средствами виброизоляции и вибропоглощения;
- дистанционное управление, исключая передачу вибрации на рабочие места;
- средства индивидуальной защиты.

Нормы вибрации машин должны обеспечиваться и гарантироваться их изготовителями и удостоверяться контрольными службами, уполномоченными проверять показатели безопасности машин.

Таблица 10.6. Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории 3 технологического типа "а"

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0							
	виброускорения				виброскорости			
	м/с ²		дБ		м/с x 10 ⁽⁻²⁾		дБ	
	1/3	1/1	1/3	1/1	1/3	1/1	1/3	1/1
	окт	окт	окт	окт	окт	окт	окт	окт
1,6	0,089		99		0,89		105	
2,0	0,079	0,14	98	103	0,63	1,3	102	108
2,5	0,070		97		0,45		99	
3,15	0,060		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,10	95	100	0,22	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,10	95	100	0,11	0,22	87	93
10,0	0,070		97		0,11		87	
12,5	0,089		99		0,11		87	
16,0	0,110	0,20	101	106	0,11	0,20	87	92
20,0	0,140		103		0,11		87	
25,0	0,180		105		0,11		87	
31,5	0,220	0,40	107	112	0,11	0,20	87	92
40,0	0,280		109		0,11		87	
50,0	0,350		111		0,11		87	
63,0	0,450	0,79	113	118	0,11	0,20	87	92
80,0	0,560		115		0,11		87	
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,10		100		0,20		92

Таблица 10.7. Допустимые значения вибрации в жилых помещениях

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0	
	виброускорения	виброскорости

	м/с ² x 10(-3)	дБ	м/с x 10(-4)	дБ
2	4,0	72	3,2	76
4	4,5	73	1,8	71
8	5,6	75	1,1	67
16	11,0	81	1,1	67
31,5	22,0	87	1,1	67
63	45,0	93	1,1	67
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	4,0	72	1,1	67

При проектировании технологических процессов и производственных зданий и сооружений должно быть предусмотрена защита временем - сокращение длительности непрерывного воздействия вибрации на оператора и введению регулярно повторяющихся перерывов.

Недостаток естественного света. Недостаток естественного света характерен для помещений ИТП, в которых мало оконных проемов.

Помещения, размещение которых разрешено в подвальных и цокольных этажах зданий допускается проектировать без естественного освещения.

Требования к освещению помещений промышленных предприятий (КЕО, нормируемая освещенность, допустимые сочетания показателей ослепленности и коэффициента пульсации освещенности) и коэффициент запаса Кз согласно принимаем по таблицам 10.8., 10.9.

В районах с температурой наиболее холодной пятидневки по СНиП 2.01.01 минус 27 °С и ниже нормированные значения КЕО при совмещенном освещении следует принимать при системе общего освещения согласно таблицы 10.10.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать нарушение работы таких объектов, как диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т.п.

Таблица 10.8. Требования к освещению производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	
	При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения		
	Всего	В том числе от общего		Р	Кп, %
общее наблюдение за инженерными коммуникациям	-	-	20	-	-

Таблица 10.9. Коэффициент запаса

Помещения и территории	Примеры помещений	Искусственное освещение		
		Коэффициент запаса Кз / количество чисток светильников в год		
		Эксплуатационная группа светильников		
		1-4	5-6	7
Пыльные, жаркие и сырые помещения общественных и жилых зданий	Индивидуальный тепловой пункт	1,7 / 2	1,6 / 2	1,6 / 2

Таблица 10.10. Требования к совмещенному освещению

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, Ra	Диапазон цветовой температуры источников света, Тс, °К	Примерные типы источников света
требованиям к цветоразличению отсутствуют	500 и более	50	3500-6000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ
	300, 400	40	3500-5000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ)
	150, 200	29	2600-4500	НЛВД+МГЛ
	Менее 150	25	2400-3500	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД+МГЛ, НЛВД (ЛН)

Примечание: ЛБ – люминесцентные лампы белого цвета;
ЛХБ – люминесцентные лампы холодного белого цвета;
МГЛ – металлогалагенные лампы;
ДРЛ – ртутные лампы высокого давления;
ЛН – лампы накаливания.

В скобках указаны энергетически менее эффективные источники света.

Методы и средства защиты от действия фактора.

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы.

Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается. Применение ламп накаливания допускается в отдельных случаях, когда по условиям технологии, среды или требований оформления интерьера использование разрядных источников света невозможно или нецелесообразно.

Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности на две ступени при системе общего освещения для разряда VIII (общее наблюдение за инженерными коммуникациями).

При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях в производственных помещениях и на территориях предприятий, требующих обслуживания при отключении рабочего освещения, наименьшую освещенность в размере 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения от общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях - 0,5 лк.

Светильники освещения безопасности в помещениях могут использоваться для эвакуационного освещения.

Для аварийного освещения следует применять:

- лампы накаливания;
- люминесцентные лампы - в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее 5°С и при условии питания ламп во всех режимах напряжением не ниже 90% номинального;
- разрядные лампы высокого давления при условии их мгновенного или быстрого повторного зажигания как в горячем состоянии после кратковременного отключения питающего напряжения, так и в холодном состоянии.

Область применения, величины освещенности, равномерность и требования к качеству для дежурного освещения - освещения в нерабочее время - не нормируются.

10.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Данный фактор рассматривается при монтаже и эксплуатации ИТП, где располагаются электродвигатели к циркуляционным насосам, средства автоматики. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Помещения с **повышенной опасностью** поражения людей электрическим током характеризуются наличием в них условия возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Методы и средства защиты от действия фактора.

Устройство и техническое обслуживание временных и постоянных электрических сетей на производственной территории следует осуществлять силами электротехнического персонала, имеющего соответствующую квалификационную группу по электробезопасности.

Все электропусковые устройства должны быть размещены так, чтобы исключалась возможность пуска машин, механизмов и оборудования посторонними лицами. Запрещается включение нескольких токоприемников одним пусковым устройством.

Корпуса оборудования, машин и механизмов с электроприводом должны быть заземлены (занулены).

Токоведущие части электроустановок должны быть изолированы, ограждены или размещены в местах, недоступных для случайного прикосновения к ним.

Распределительные щиты и рубильники должны иметь запирающие устройства.

Работающие должны применять индивидуальные электротехнические средства - диэлектрические перчатки, боты, инструменты с изолированными рукоятками, указатели напряжения.

Подвижные части производственного оборудования.

Зоны перемещения машин, оборудования или их частей относятся к зонам потенциально опасных производственных факторов. Размеры опасных зон устанавливаются согласно. Границы опасных зон вблизи движущихся частей машин и оборудования определяются в пределах 5 м.

Методы и средства защиты от действия фактора.

При техническом обслуживании машин с электроприводом должны быть приняты меры, не допускающие случайной подачи напряжения.

Места временного или постоянного нахождения работников должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон должны быть установлены защитные ограждения, сигнальные ограждения и знаки безопасности.

Сосуды, находящиеся под давлением. К сосудам, находящимся под давлением относятся сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115°C или других нетоксичных, не взрывопожароопасных жидкостей при температуре, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа (0,7 кгс/см²).

Все сосуды после их изготовления подлежат гидравлическому испытанию. Для гидравлического испытания сосудов должна применяться вода температурой не ниже 5°C и не выше 40°C. Время выдержки сосуда под пробным давлением составляет 10 минут при толщине стенки сосуда менее 50 мм. После выдержки под пробным давлением давление снижается до расчетного, при котором производят осмотр наружной поверхности сосуда, всех его разъемных и сварных соединений.

Сосуды должны иметь штуцера для наполнения и слива воды, а также для удаления воздуха при гидравлическом испытании.

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- приборами для измерения давления;
- приборами для измерения температуры;
- предохранительными устройствами.

Методы и средства защиты от действия фактора.

Сварные швы должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации сосудов.

При заполнении сосуда водой воздух должен быть удален полностью.

Испытание оборудования и трубопроводов под нагрузкой следует производить после испытания его вхолостую. При испытаниях не допускается ударять по стенкам корпуса, сварным и разъемным соединениям сосуда, арматуре, находящейся под давлением.

В процессе проведения испытаний оборудования не допускается:

- снимать защитные ограждения;
- открывать люки, ограждения, чистить и смазывать оборудование, прикасаться к его движущимся частям;
- производить проверку и исправление электрических цепей, электрооборудования и приборов автоматики.

Заглушки, применяемые при гидравлических и пневматических испытаниях, должны обеспечивать прочность и плотность и быть рассчитаны на давление при испытании.

При продувке трубопроводов необходимо установить у концов труб щиты для защиты глаз от окалины, песка. Запрещается находиться против или вблизи незащищенных концов продуваемых труб.

Давление настройки предохранительных клапанов должно быть равно рабочему давлению в сосуде или превышать его, но не более чем на 25%. Конструкцией предохранительного клапана должна быть предусмотрена возможность управления им вручную или дистанционно.

Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов. В системе теплоснабжения теплоносителем является вода, нагреваемая по температурному графику 150-70°С со срезкой на 125°С. Таким образом максимальная температура воды составляет 125°С. Горячие поверхности отопительного оборудования, трубопроводов, размещаемых в помещениях, в которых они создают опасность воспламенения пыли, следует изолировать, предусматривая температуру на поверхности теплоизоляционной конструкции не менее, чем на 20 % ниже температуры их самовоспламенения.

Методы и средства защиты от действия фактора.

Изоляционные работы на технологическом оборудовании и трубопроводах должны выполняться, как правило, до их установки или после постоянного закрепления в соответствии с проектом.

Стекловату и шлаковату следует подавать к месту работы в контейнерах или пакетах, соблюдая условия, исключающие распыление.

При хранении теплоизоляционных материалов и конструкций должны быть выполнены требования:

- высота штабеля изделий из волокнистых материалов в мягкой упаковке не должна превышать 2 м;
- изделия и конструкции в контейнерах и поддонах должны укладываться в штабель не более чем в 2 яруса;
- изделия в виде цилиндров и полуцилиндров, а также материалы (рубероид, пергамин, листовой металл) в рулонах должны укладываться в вертикальном положении в один ярус, фольгированные и полимерные материалы в рулонах - не более чем в 2 яруса, листовой металл, асбестоцементные листы в пакетах - в штабель высотой не более чем 1 м.

При производстве теплоизоляционных работ стеклянным и минеральным волокном в воздухе рабочей зоны, согласно ГОСТ 12.1.005-76, ПДК вредных веществ составляет $4,00 \text{ мг/м}^3$, класс опасности – 4.

Полы в помещениях ИТП должны быть устойчивы к допускаемым в процессе производства работ механическим, тепловым или химическим воздействиям.

10.4. Экологическая безопасность

Проблема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов является одной из актуальнейших на современном этапе развития общества.

Потребляемое на тепловых электростанциях органическое топливо содержит вредные примеси, поступление которых в окружающую среду в виде газообразных и твердых компонентов продуктов сгорания может оказывать неблагоприятное воздействие на воздушную и водную среду.

Основным направлением работ в области охраны воздушной среды при работе источников теплоты является уменьшение выбросов токсичных веществ в атмосферу.

Проблема сохранения чистоты воздушного и водного бассейнов является как национальной, так и глобальной, так как отсутствуют какие-либо границы распространения в атмосфере и Мировом океане вредных примесей антропогенного происхождения.

Тепловые объекты, потребляя свыше трети добываемого в мире топлива, могут оказывать существенное влияние как на окружающую среду в районе их расположения, так и на общее состояние биосферы. Взаимодействие таких объектов с внешней средой определяется выбросами в атмосферу дымовых газов, тепловыми выбросами и выбросами загрязненных сточных вод.

При сжигании твердого топлива наряду с окислами основных горючих элементов – углерода и водорода в атмосферу поступают летучая зола с частицами недогоревшего топлива, сернистый и серный ангидриды, окислы азота, некоторое количество фтористых соединений, а также газообразные продукты неполного сгорания топлива. При сжигании сернистых мазутов с дымовыми газами в атмосферу поступают сернистый и серный ангидриды, окислы азота, газообразные и твердые продукты неполного сгорания, соединения ванадия, соли натрия, а также отложения, удаляемые с поверхностей нагрева котлов при чистке.

Большинство этих компонентов относятся к числу токсичных и даже в сравнительно невысоких концентрациях оказывают вредное воздействие на природу и человека.

Неотъемлемой частью общей проблемы охраны окружающей среды является рациональное использование и охрана водных ресурсов. Основная проблема при охране водоемов в настоящее время связана с ухудшением качества воды, вызванным сбросом как промышленных, так и бытовых сточных вод в естественные водоемы. При этом огромное количество чистой воды расходуется на разведение до предельно допустимых концентраций примесей, сбрасываемых в водоемы.

Современные методы очистки воды имеют эффективность не более 80 – 95%, что явно недостаточно для полного решения задачи водоемов. В то же время эта очистка очень дорога.

В течение эксплуатации оборудования теплового пункта загрязнением окружающей среды будут твердые отходы – пришедшая в негодность тепловая изоляция, старые трубопроводы, арматура.

10.5.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями при эксплуатации оборудования ИТП являются пожар, разрыв трубопроводов с последующим затоплением помещения.

Обеспечение пожаробезопасности.

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды и (или) предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Предотвращение образования горючей среды должно обеспечиваться одним из следующих способов или их комбинаций:

- максимально возможным применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов;
- изоляцией горючей среды (применением изолированных отсеков, камер, кабин);
- поддержанием безопасной концентрации среды;
- поддержанием температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания должно достигаться применением одним из следующих способов или их комбинацией:

- применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания;
- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси;

- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;
- устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования.

Возможные источники и причины пожаров и взрывов в помещении ИТП - электрический ток при работе с электроустановками.

Помещение ИТП относится к помещению категории В:

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
В1 - В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть,

Производственные территории должны быть оборудованы средствами пожаротушения. Противопожарное оборудование должно содержаться в исправном, работоспособном состоянии. Проходы к противопожарному оборудованию должны быть всегда свободны и обозначены соответствующими знаками.

При нахождении в помещении оборудования под напряжением рекомендуемыми огнетушащими составами и средствами являются порошки, CO₂, хладоны, газоаэрозольные составы.

Тип и параметры установок пожаротушения следует выбирать в соответствии таблицей 10.11.

Таблица 10.11. Типы установок и способы пожаротушения.

Тип установок	Огнетушащее вещество (состав)	Способ пожаротушения
Установки порошкового пожаротушения	Огнетушащие порошковые составы	По площади, по объему, локальный по площади, локальный по объему
Установки газового пожаротушения	Газовые составы	Объемный, локальный по объему
Установки аэрозольного пожаротушения	Аэрозоли солей щелочных и щелочноземельных металлов	Объемный

10.6. Расчет искусственного освещения помещения ИТП

Целью расчета искусственного освещения помещения ИТП является определение нормируемой освещенности помещения, выбор источников света, выбор светильников и их размещение, определение требуемой мощности светильников для создания заданной освещенности.

ИТП расположен в подвальном помещении длиной $A = 10$ м, шириной $B = 3,1$ м, высотой $H = 3,2$ м. Площадь помещения составляет $S = 31$ м. Большая часть работы производится на высоте $h_p = 0,89$ м от поверхности пола. Высоту подвеса светильников принимаем $h_c = 0,2$ м.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока.

Световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (10.1)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк, для помещения ИТП $E_n = 20$ лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, $K_z = 1,7$;

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

n – число светильников, принимаем $n = 2$;

η – коэффициент использования светового потока, %.

Коэффициент использования светового потока зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h(A+B), \quad (10.2)$$

где S – площадь освещаемого помещения, м²;

h – высота светильника над рабочей поверхностью, м;

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м.

Высота светильника над рабочей поверхностью вычисляется по формуле:

$$h = h_n - h_p = H - h_c - h_p, \quad (10.3)$$

где h_n – высота светильника над полом (высота подвеса), м.

Для помещения ИТП высота светильника над рабочей поверхностью составит:

$$h = 3,2 - 0,2 - 0,89 = 2,11 \text{ м.}$$

Тогда индекс помещения будет равен:

$$i = 31 / 2,11(10+3,1) = 1,12.$$

Коэффициент отражения кирпичных неоштукатуренных стен составляет $\rho_c = 10 \%$, чистого бетонного потолка $\rho_n = 50 \%$.

Для освещения помещения ИТП будут использованы люминесцентные лампы белого света ЛБ в пылевлагозащищённых светильниках.

Коэффициент использования светового потока составляет $\eta = 24 \%$.

Таким образом, световой поток Φ составляет:

$$\Phi = 20 \cdot 31 \cdot 1,7 \cdot 1,1 \cdot 100 / (2 \cdot 24) = 2415,42 \text{ лм.}$$

В каждом светильнике ПВЛ находятся две лампы, тогда световой поток на каждую составляет 1207,71 лм. Для ламп типа ЛБ мощностью 20 Вт световой поток равен 1200 лм. Таким образом, мощность всей осветительной установки составит 80 Вт.

Размеры светильника ПВЛ для лампы ЛБ мощностью 20 Вт составляют:

- длина $a = 933 \text{ мм}$;
- ширина $b = 204 \text{ мм}$;
- высота $h_d = 156 \text{ мм}$.

При размещении светильников необходимо учитывать расстояние между светильниками и между крайними светильниками и стенами.

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h, \quad (10.4)$$

где λ – интегральный критерий оптимальности расположения светильников. Для светильников типа ПВЛ $\lambda = 1,5$, тогда:

$$L = 1,5 \cdot 2,11 = 3,165 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние от крайних светильников до стены от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным:

$$l = L/3 = 3,17/3 = 1,055 \text{ м.} \quad (10.5)$$

На рисунке 10.1 в масштабе в соответствии с исходными данными указан план помещения и расположение светильников с люминесцентными лампами.

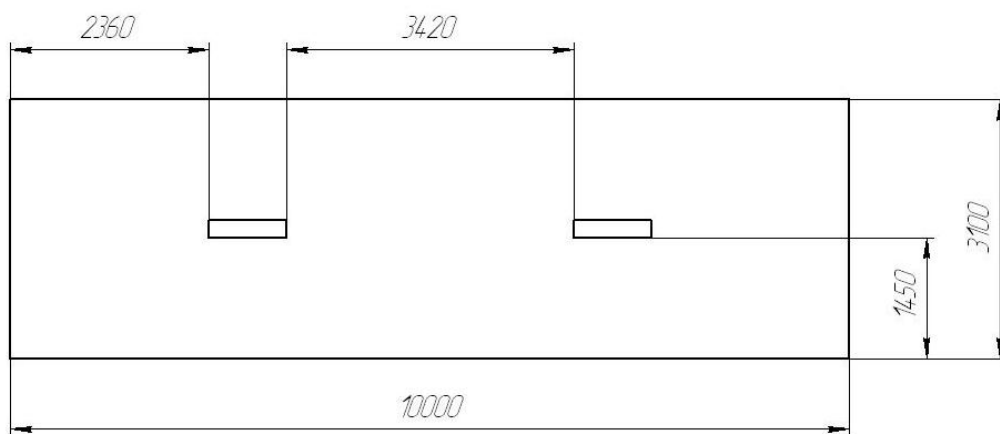


Рисунок 10.1. План помещения ИТП и расположение светильников

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе, в рамках проведенного ранее компанией ООО «ЦКЭСТ» энергетического обследования, был проведен анализ режима работы системы теплоснабжения ООО «Гомский нефтехимический комбинат» и разработаны мероприятия по повышению энергоэффективности этой системы. Результатом анализа является заключение о низкой эффективности действующего режима работы системы теплоснабжения объекта и существенное отклонение фактических параметров теплоносителя от проектных значений.

Был предложен и обоснован альтернативный фактическому, более эффективный, температурный график (Рисунок 1.2.), и произведен расчет максимальных нагрузок для каждого корпуса-абонента, подключенного к сети теплоснабжения предприятия. При расчете нагрузок на отопление и вентиляцию использовался метод укрупненных показателей по наружному объему зданий. Для определения средней нагрузки ГВС использовались нормативные расходы горячей воды.

Анализ расчетных значений расходов показал, что на обеспечение нужд систем вентиляции приходится значительное количество теплоносителя и, в совокупности с тем фактором, что вентиляция на предприятии играет ключевую роль в процессе обеспечения безопасности работников, позволил сделать вывод о необходимости проведения поверочного расчета вентиляционных систем, расположенных в корпусах-абонентах тепловой сети. Для оптимизации, повышения надежности расчетов и их ускорения был предложен метод автоматизированного расчета с применением ЭВМ посредством программы, разработанной в среде Turbo Pascal (Раздел 5.). Так же анализ суммарного расчетного значения расхода теплоносителя и сравнение его с фактическим значением, показал, что при наладке системы теплоснабжения и приведении системы в расчетный режим работы будет возможно отключение одного из насосов, что в свою очередь позволит сэкономить до 900 тыс. кВт ч электроэнергии.

Проведенное инструментальное обследование на вводах в ТУ абонентов сети, выявило существенные отклонения параметров теплоносителя от нормативных значений, было установлено, что температура воды в обратной линии многих корпусов недопустимо завышена, что говорит о низкой эффективности отдачи тепла потребителю и наличии «недотопа».

Так же, проведенное инструментальное обследование начального магистрального участка сети теплоснабжения выявило наличие значительных потерь напора. Был произведен гидравлический расчет проблемного участка, построен пьезометрический график (Рисунок 6.4.), с целью установления причины столь высоких потерь, и сделано заключение о необходимости проверки участка на наличие нарушений в технологии

прокладки и, при необходимости, замене трубопровода на данном участке. Для проведения гидравлического расчета, как и в случае с поверочным расчетом приточных установок, был предложен метод автоматизированного расчета с применением ЭВМ посредством программы, разработанной в среде Turbo Pascal.

Для решения проблемы ненормативных значений теплоносителя на выходе из систем отопления абонентов тепловой сети, были предложены различные варианты реконструкции ИТП. Для улучшения теплоотдачи в системах отопления и снижения расходов теплоносителя были предложены варианты реконструкции с применением элеваторов, балансировочных клапанов, дроссельных шайб. Так же в работе приведена методика расчета (подбора) данных устройств. (Раздел 7.) Реконструкция ТУ с применением предложенных решений позволит установить требуемые расчетные параметры и уровень расхода теплоносителя, что в свою очередь позволит осуществить экономию энергоресурсов.

В технико-экономических расчетах представлены локальная смета по проектированию и прокладке заменяемого магистрального участка трубопровода (таблица 8.1.) и сводный сметный расчет (таблица 8.3.).

В разделе «Производственная и экологическая безопасность при монтаже и эксплуатации ИТП» рассмотрены возможные вредные и опасные производственные факторы, приведены меры по их устранению или уменьшению до предельно допустимых норм. Рассмотрены возможные влияния на состояние окружающей среды, произведен расчет искусственного освещения помещения ИТП.

В качестве объекта автоматического регулирования была выбрана подающая линия на вводе в корпус №440. Цель регулирования – поддержание заданной температуры воды подающей линии путем подмешивания теплоносителя из обратной линии посредством балансировочного клапана. На отдельном листе представлена функциональная схема регулирования (ФЮРА.140104.001).

Список литературы

1. Отчёт ЦКЭСТ по договору № 44-552-08 «Обследование и наладка тепловых и гидравлических режимов водяной системы теплоснабжения ООО «Томскнефтехим» I этап.
2. Пырков В. В. «Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование», 2007 Danfoss.
3. Манюк В. И., Каплинский Я. И., Хиж Э. Б. и др. «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей» Справочник. Москва, Стройиздат, 1988 год
4. Соколов Е. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Учебник для вузов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с..
5. Ляликов Б. А. «Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий» Ч.1. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 144 с.
6. Ляликов Б. А. «Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий» Ч.2. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 172 с.
7. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. – М.: 1997.
8. СН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений – М.: 1996.
9. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. № 1 от 2000 г.) Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны – М.: 1989.
10. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) Шум. Общие требования безопасности – М.: 1984.
11. СН 2.4/2.1.8.-562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданиях и на территории жилой застройки – М.: 1996.
12. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданиях – М.: 1996.
13. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – М.: 1995.
14. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования – М.: 2001.
15. ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением – М.: 2003.
16. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования – М.: 1992.
17. НПБ 105-2003 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности – М.: 2003.
18. ГОСТ 12.3.047-98
19. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2005.
20. Плетнев Г. П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 343 с.
21. Волощенко А. В. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 109 с.