

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К. Э. Гаркуша, А. Е. Андрейчик, В. Ф. Клинцева

**ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по аграрному
техническому образованию в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования по специальности
1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства
(по направлениям): направление специальности
1-74 06 05-02 Энергетическое обеспечение
сельского хозяйства (теплоэнергетика)*

Минск
БГАТУ
2017

УДК 697.1(07)
ББК 31.38.Л7
Г78

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *К. Э. Гаркуша*,
старший преподаватель *А. Е. Андрейчик*,
старший преподаватель *В. Ф. Клинцева*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры
теплогасоснабжения и вентиляции Белорусского национального
технического университета *П. И. Дячек*;
директор производственного монтажно-наладочного предприятия
«Спецтехналадка» *А. В. Михадюк*

Гаркуша, К. Э.

Г78 Источники и системы теплоснабжения. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие / К. Э. Гаркуша, А. Е. Андрейчик, В. Ф. Клинцева. – Минск : БГАТУ, 2017. – 112 с.
ISBN 978-985-519-875-9.

Учебно-методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения» содержит основные правила оформления, структуру и содержание проекта, исходные данные, методику выполнения расчетов и пример выполнения курсового проекта.

Для студентов специальности 1-74 06 05-02 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (теплоэнергетика).

УДК 697.1(07)
ББК 31.38.Л7

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Цель, задачи и тематика курсового проекта.....	5
1.1 Структура и содержание курсового проекта.....	6
2 Требования к оформлению.....	11
3 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта.....	19
3.1 Расчет тепловых нагрузок.....	19
3.2 Построение годового графика и определение годовых расходов теплоты.....	25
3.3 Выбор котлов и топочного устройства для сжигания топлива.....	30
3.4 Объемы и энтальпии продуктов сгорания и воздуха.....	31
3.5 Коэффициент полезного действия котлоагрегата.....	32
3.6 Расчет тепловой схемы водогрейной котельной установки.....	33
3.7 Регулирование отпуска теплоты потребителям. График ЦКР.....	35
3.8 Определение расчетных расходов сетевой воды.....	37
3.9 Выбор трассы тепловой сети.....	39
3.10 Гидравлический расчет водяной тепловой сети.....	40
3.11 Тепловой расчет изоляции трубопроводов.....	43
Список использованных источников.....	48
Приложение А (обязательное) Бланк задания.....	49
Приложение Б (справочное) Климатические параметры среднегодовые и холодного периода года.....	50
Приложение В (обязательное) Генеральные планы.....	51
Приложение Г (рекомендуемое) Укрупненные показатели расхода теплоты.....	56
Приложение Д (справочное) Средняя продолжительность температуры воздуха различных градаций.....	58
Приложение Е (рекомендуемое) Таблицы для гидравлического расчета трубопроводов водяных тепловых сетей.....	59
Приложение Ж (рекомендуемое) Пример выполнения курсового проекта...	64

ВВЕДЕНИЕ

На производственных предприятиях агропромышленного комплекса и в жилых застройках тепловая энергия, вырабатываемая в источниках теплоты и транспортируемая по тепловым сетям, используется у потребителей для нужд отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических процессов.

Для принятия энергоэффективных решений по снижению расходов топлива при выработке и распределении теплоты, уменьшения капиталовложений в котельную и теплопроводы требуются знания всех элементов системы теплоснабжения и грамотный выбор оборудования с учетом современных технических требований.

Учебно-методическое пособие содержит основные правила оформления, структуру и содержание курсового проекта по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения», исходные данные, методику выполнения расчетов и пример выполнения курсового проекта.

Учебно-методическое пособие оформлено в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Тема курсового проекта – «Проектирование тепловых сетей».

Цель курсового проектирования – выработка у студента навыков самостоятельного решения при определении тепловых нагрузок потребителей теплоты, подборе котельного агрегата и прокладке тепловой сети, регулировании отпуска теплоты.

В курсовой проект входит решение следующих основных задач:

1. Определение тепловых нагрузок проектируемых объектов.
2. Построение годового графика тепловых нагрузок и расчет годовых расходов теплоты.
3. Выбор типа котлов и топочного устройства для сжигания топлива.
4. Стехиометрический расчет продуктов сгорания топлива, объемов и энтальпии продуктов сгорания и воздуха.
5. Определение КПД котлоагрегата и расхода топлива.
6. Составление тепловой схемы котельной и ее расчет.
7. Регулирование отпуска теплоты потребителям. График центрального качественного регулирования (ЦКР).
8. Составление расчетной схемы теплопроводов и определение расчетных расходов сетевой воды.
9. Выбор трассы тепловой сети. Обоснование и выбор способа прокладки.
10. Гидравлический расчет теплопроводов и составление монтажной схемы. Выбор компенсаторов, неподвижных опор.
11. Тепловой расчет изоляционной конструкции. Определение эффективности и толщины изоляции.

1.1 Структура и содержание курсового проекта

Структура курсового проекта (КП) должна включать следующие элементы (материалы приведены в порядке их расположения):

- титульный лист;
- задание;
- ведомость комплекта проектной документации;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- текст пояснительной записки (ПЗ) с иллюстративным материалом, таблицами, графиками и т. п.;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при надобности).

Объем курсового проекта устанавливается заданием на курсовое проектирование. Задание оформляется на бланке установленного образца, форма которого приведена в приложении А. После оформления задания оно представляется руководителю на подпись. Руководитель КП имеет право выдать студенту индивидуальное задание.

Исходные данные к выполнению курсового проекта принимают по таблицам 1, 2 с учетом предпоследней цифры номера зачетной книжки и номера по журналу группы. Расчетную температуру наружного воздуха (температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) и продолжительность отопительного периода выбирают в зависимости от указанного в задании города по приложению Б.

Расчетные температуры принимают:

- сетевой воды в обратной магистрали $t_{2,0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$;
- горячей воды в системе горячего водоснабжения (ГВС) $t_{\text{Г}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$;
- холодной воды в системе ГВС в зимний период $t_{\text{ХЗ}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- холодной воды в системе ГВС в летний период $t_{\text{ХЛ}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 1 – Исходные данные к курсовому проекту

Показатели исходных данных	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Город	Минск	Гродно	Гомель	Могилев	Брест	Витебск	Орша	Горки	Борисов	Пинск
Расчетная температура сетевой воды в подающей магистрали t_1 , °С	95	105	110	115	120	125	95	105	110	115
Система тепло-снабжения	закрытая	открытая	закрытая	открытая	закрытая	открытая	закрытая	открытая	закрытая	открытая

Таблица 2 – Исходные данные к курсовому проекту

Номер по журналу группы	Топливо	Жилой поселок (объект А), чел.	Сельскохозяйственный объект (Б)	Административный (производственно-коммунальный) объект (В)
1	2	3	4	5
01	Природный газ	820	Ферма КРС на 200 голов	Клуб $V = 2500 \text{ м}^3$
02	Природный газ	1420	Свинарник-откормочник на 500 голов	Школа на 200 учащихся $V = 30000 \text{ м}^3$
03	Природный газ	1500	Птичник для молодняка на 4500 кур	Детсад-ясли на 150 детей $V = 25000 \text{ м}^3$
04	Природный газ	890	Телятник на 250 голов	Прачечная спецодежды на 100 кг $V = 1000 \text{ м}^3$
05	Природный газ	970	Родильное отделение КРС на 50 голов	Административное здание $V = 27000 \text{ м}^3$
06	Торф фрезерный	1100	Свинарник супоросных маток на 200 голов	Консервный завод $V = 2100 \text{ м}^3$
07	Каменный уголь Г-Кузнецкий	1200	Свинарник для поросят на 500 голов	Мехмойка на 10 легковых автомобилей
08	Торф фрезерный	1430	Телятник на 300 голов	Деревообрабатывающий цех $V = 1500 \text{ м}^3$

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
09	Каменный уголь А-Донецкий	920	Откормочное отделение КРС на 800 голов	Вспомогательное помещение $V = 1000$ m^3
10	Каменный уголь Г-Лыково- Волынский	1270	Ферма КРС на 100 голов	Контора $V = 5000 m^3$
11	Природный газ	1300	Телятник на 550 голов	Ремонтные мастер- ские $V = 1500 m^3$
12	Мазут малосер- нистый	1250	Ферма КРС на 230 голов	Школа на 190 уча- щихся $V = 27000 m^3$
13	Печное бытовое топливо	950	Свинарник-откормочник на 400 голов	Баня на 20 мест $V = 2100 m^3$
14	Каменный уголь Г-Кузнецкий	850	Откормочное отделение КРС на 270 голов	Контора $V = 6500 m^3$
15	Торф кусковой	1280	Телятник на 250 голов	Насосная станция $V = 500 m^3$
16	Каменный уголь А-Донецкий	1400	Птичник для ремонтных кур на 5000 птиц	Столовая на 50 поса- дочных мест $V = 5000 m^3$
17	Природный газ	980	Откормочное отделение КРС на 700 голов	Универмаг $V = 2700 m^3$
18	Мазут малосер- нистый	1150	Свинарник супоросных маток на 160 голов	Больница на 200 ко- ек $V = 12000 m^3$
19	Каменный уголь Д-Кузнецкий	880	Родильное отделение КРС на 50 голов	Поликлиника $V = 10000 m^3$
20	Природный газ	1000	Ферма КРС на 220 голов	Административное здание $V = 25000 m^3$
21	Дизельное топливо	840	Свинарник-откормочник на 450 голов	Прачечная спецде- жды на 30 кг $V = 900 m^3$
22	Природный газ	1470	Птичник для молодняка на 5500 кур	Баня на 50 мест $V = 2500 m^3$
23	Каменный уголь Г-Кузнецкий	1150	Телятник на 200 голов	Гараж на 100 трак- торов $V = 10000 m^3$

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
24	Торф кусковой	1350	Родильное отделение КРС на 40 голов	Универмаг $V = 1500 \text{ м}^3$
25	Каменный уголь Д-Печерский	1200	Свинарник супоросных маток на 150 голов	Клуб $V = 20000 \text{ м}^3$
26	Мазут малосернистый	1460	Свинарник для поросят на 450 голов	Школа на 100 учащихся $V = 20000 \text{ м}^3$
27	Каменный уголь Г-Кузнецкий	975	Телятник на 350 голов	Детсад-ясли на 100 детей $V = 20000 \text{ м}^3$
28	Дрова	1360	Откормочное отделение КРС на 750 голов	Прачечная спецдежды на 50 кг $V = 1000 \text{ м}^3$
29	Печное бытовое топливо	1290	Ферма КРС на 150 голов	Административное здание $V = 25000 \text{ м}^3$
30	Природный газ	1480	Телятник на 230 голов	Столовая на 300 посадочных мест $V = 11000 \text{ м}^3$

Генплан с расположением котельной, жилого поселка, сельскохозяйственного и административного (производственно-коммунального) объектов выбирают из приложения В по последней цифре номера зачетной книжки.

Согласно заданию из справочной литературы выписываются технические характеристики топлива, по виду топлива подбирается топочное устройство и производится стехиометрический расчет продуктов сгорания, определяется коэффициент полезного действия котлоагрегата и расход топлива.

По виду топлива и теплопроизводительности выбирается тип котла, составляется и рассчитывается принципиальная тепловая схема котельной установки, по которой выбирается основное и вспомогательное оборудование.

Параметры теплоносителя и схема теплоснабжения выбираются по вариантам в соответствии с заданием.

По генплану производят трассировку тепловых сетей в зависимости от месторасположения котельной, обосновывают выбранный способ прокладки теплопроводов и потери давления. Расчет производится с увязкой всех ответвлений.

Тепловой расчет изоляции трубопроводов производится для определения толщины изоляционной конструкции и ее эффективности.

Текст пояснительной записки должен содержать [1–5]:

1. Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.
2. Построение годового графика и определение годовых расходов теплоты.
3. Выбор котлов и топочного устройства для сжигания топлива.
4. Объемы и энтальпии продуктов сгорания и воздуха.
5. Определения КПД котлоагрегата.
6. Расчет тепловой схемы водогрейной котельной установки.
7. Регулирование отпуска теплоты потребителям. График ЦКР.
8. Определение расчетных расходов сетевой воды.
9. Выбор трассы тепловой сети.
10. Гидравлический расчет водяной тепловой сети.
11. Тепловой расчет изоляции трубопровода.

В тексте расчетно-пояснительной записки должны быть ссылки на графики и схемы, помещенные в ней, а также на использованную литературу.

Выполнение расчетов и принятых решений следует сопровождать кратким пояснительным текстом с указанием литературных источников и номеров страниц, на которых приведены использованные уравнения и справочные данные. Расчеты производятся в Международной системе единиц. Результаты расчета выражаются числовым значением с указанием размерности. При записи числового значения необходимо использовать правила округления чисел.

Графическая часть включает:

1. Лист формата А1, на котором приводятся генплан проектируемых объектов в масштабе с нанесением трассы тепловых сетей, узлов трубопроводов УТ, неподвижных опор Н, компенсаторов К, узлов поворота УП и их нумерации; монтажная схема трубопроводов тепловой сети; таблицы расчетных тепловых потоков проектируемых объектов; поперечные разрезы тепловых сетей; вид и размеры компенсаторов [10]. На плане тепловых сетей указывают длины участков между элементами сетей или их координаты; привязки тепловых сетей к зданиям; величины углов поворота.
2. Лист формата А3, на котором приводится принципиальная тепловая схема котельной с нанесением оборудования, расчетных расходов воды и соответствующих температур.

2 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

Общий объем курсового проекта составляет 30...35 машинописных страниц.

1. Объем графической части курсовых проектов составляет, как правило, 2 листа формата А1.

2. Способ выполнения текстовых материалов - машинописный (основной) с применением выходных печатающих устройств ЭВМ, при этом рекомендуется, набирая текст в текстовом редакторе Word, использовать шрифты Times New Roman размером 14 pt (пунктов) с полуторным интервалом, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 1,25 см.

Оформление структурных элементов

Титульный лист является первой страницей расчетно-пояснительной записки. Выполняется на бланке установленной формы. На титульном листе рамки не выполняются, штамп основной надписи не приводят.

Задание на проектирование является главным руководством, на основании которого разрабатывается проект. Задание выполняется на бланке установленного образца, который выдается руководителем курсового проекта. Задание на КП утверждается заведующим кафедрой. При получении задания свою подпись на нем ставит студент.

Ведомость комплекта проектной документации является сводным перечнем всех материалов, разработанных при проектировании.

Реферат – это краткая характеристика выполненного проекта, предназначенная для предварительного ознакомления с проектом и отражающая основное содержание работы с точки зрения ее достоинств и достижения цели, поставленной в теме проекта.

Текст реферата пишется на стандартном листе, оформленном рамкой. Основную надпись на данном листе не помещают. Номер страницы не проставляют.

Заголовок «Реферат» пишется с прописной буквы и располагается на отдельной строке симметрично тексту. Объем реферата – не более одной страницы. Вначале указывают объем проектной документации: перечисляют общий объем текстовых материалов с выделением, в том числе иллюстраций (эскизов, рисунков, таблиц и т. п.); указывают объем графической части проекта. Указывают количество использованных источников. Далее приводят ключевые слова. Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста расчетно-пояснительной записки, которые в наибольшей степени характеризуют содержание. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются строчными буквами в строку через запятые после слов «Ключевые слова». Затем

дают краткое содержание проекта (работы), отражающее цель работы, методы разработки, принятые решения, приводят итоговые результаты и основные показатели, указывают возможности внедрения основных результатов проекта. Образец реферата приведен в [1].

Содержание предназначено для облегчения поиска необходимых материалов при чтении записки, а также для общего ознакомления с работой и представления об объемах всех разделов. Содержание начинается с текстовой частью расчетно-пояснительной записки. Его размещают сразу после листа реферата с новой страницы и при необходимости продолжают на последующих листах. Слово «Содержание» пишут с прописной буквы по середине страницы. В содержании приводят порядковые номера и наименования разделов, подразделов и пунктов, имеющих наименование, а также приложения с их обозначениями и наименованиями. Указывается номер листа (страницы), на котором размещено начало материала (раздела, подраздела и т. п.). На первой странице содержания приводят основную надпись по форме, соответствующей основной надписи первого листа текстового материала. Пример оформления содержания приведен в [1].

Введение характеризует современное содержание тех вопросов и проблем, которым посвящен курсовой проект. Во введении нужно обосновать необходимость проведения именно этой работы, показать ее место в кругу аналогичных работ, актуальность и новизну разрабатываемой темы, цель проекта и что ожидается получить в результате его выполнения.

Текст пояснительной записки. Содержание разделов расчетно-пояснительной записки определяется заданием на проектирование. Оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется в соответствии с [1].

Заключение должно отражать основные результаты работы, выводы и предложения.

Список использованных источников. Составление списка использованных источников является завершением курсового проекта, основой для которого служат записи всех просмотренных и изученных книг, статей из сборников и журналов и других материалов.

Как правило, используется алфавитный способ группировки материала в списках, когда источники группируют в алфавитном порядке записей. В начале списка размещаются по алфавиту книги, а затем – статьи из журналов и сборников. При этом иностранные источники размещают по алфавиту после перечня всех источников на языке выполняемой работы.

Библиографический указатель использованной при выполнении литературы дается на отдельной странице (страницах) под заголовком «Список использованных источников». Заголовок порядкового номера не имеет.

В список включают только те источники, на которые в тексте ПЗ имеется ссылка. Каждый источник, включенный в список, нумеруют арабскими цифрами с точкой и записывают с новой строки. Примеры записи литературных источников приведены в [1].

Приложения. Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т. д. Приложения оформляют как продолжение записки на последующих ее листах. В тексте записки на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте записки.

Оформление листов пояснительной записки

Текстовые материалы ПЗ выполняются на листах белой машинописной бумаги, оформленных рамками в соответствии с рисунком 1.

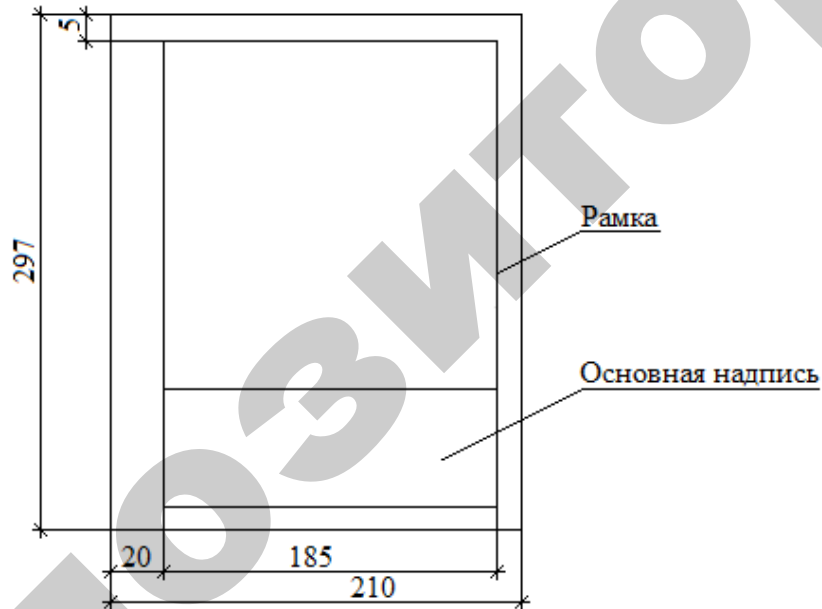


Рисунок 1 – Компонка и размеры листа текстовой части ПЗ

Основная надпись на листах пояснительной записки выполняется в соответствии с рисунком 2.

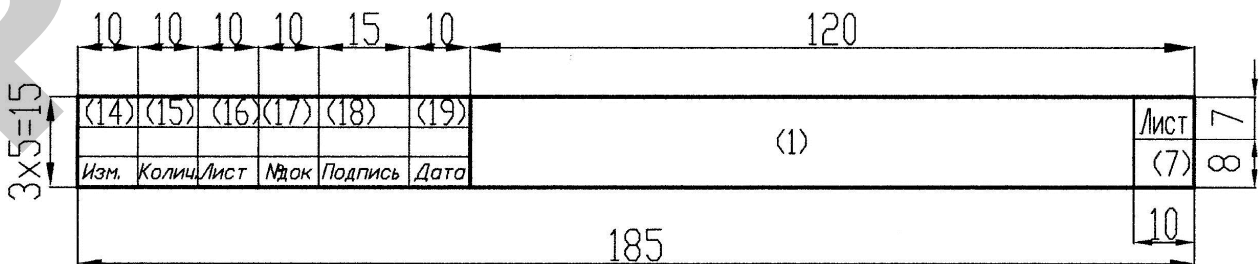


Рисунок 2 – Форма основной надписи для листов ПЗ

Листы записки и приложений имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Титульному листу, заданию на проектирование, реферату номера присваивают, но не проставляют. Номера страниц начинают проставлять с листа «Содержание».

Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы и т. п.), расположенные на отдельных листах записки, включают в общую нумерацию страниц. При этом лист, формат которого больше формата А4, учитывают как одну страницу.

Правила построения текстового материала

Текстовый материал ПЗ подразделяют на разделы, подразделы, пункты.

Разделам присваивают порядковые номера, которые обозначают арабскими цифрами без точки и записывают с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется.

Разделы и подразделы, и при необходимости пункты, должны иметь заголовки. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов, пунктов. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Заголовки подразделов (пунктов) не должны повторять содержание заголовков разделов (подразделов).

Заголовок записывается с прописной буквы. Точка в конце не ставится. Заголовки не подчеркиваются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Каждый раздел ПЗ следует начинать с новой страницы.

Формулы

В пояснительной записке математические формулы могут быть расположены внутри текста или отдельными строками. Внутри текста помещают не сложные и не дробные формулы. Такие формулы, как правило, не нумеруют. На отдельных строках приводят более сложные формулы, которые обычно сопровождаются пояснениями примененных символов. При этом выше и ниже формулы необходимо оставлять по одной свободной от записи строке.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Если формула не умещается в одну строку, то делается перенос. Переносить

формулу на следующую строку допускается только на знаках выполнения операций: плюс (+), минус (-), умножение (×) или на знаках равенства (=), неравенства (≠), знаках соотношений и т. п.

Все формулы, помещенные в тексте ПЗ, нумеруют арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа от нее в круглых скобках.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и номера формулы, разделенных точкой, например: (3.1).

Пример

Номинальный ток асинхронного электродвигателя I_n , А, определяется по формуле:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi_n \eta_n}, \quad (1.1)$$

где P_n – номинальная мощность, кВт;

U_n – номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi_n$ – коэффициент мощности, о. е.;

η_n – КПД электродвигателя, о. е.

Таблицы

Название таблицы должно отражать содержание таблицы, быть точным, кратким. Название следует размещать над таблицей после слова «Таблица». При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте. При ссылке необходимо писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк в таблице следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Оформление проектной документации

Проектной документации присваивают обозначение, состоящее из базового цифрового обозначения, и через дефис – буквенного обозначения (см. структуру базового обозначения).

Структура базового обозначения при курсовом проектировании:

$$X_1X_2.X_3X_4.X_5X_6X_7.X_8X_9 - X_{10}X_{11}X_{12}$$

где X_1X_2 – индекс работы: 02 – курсовой проект, 03 – курсовая работа;

X_3X_4 – индекс кафедры: АСУП – 49; ЭСХП – 43; электроснабжения сельскохозяйственного производства – 53; электротехнологии – 68; энергетики – 58; ППС – 24; электротехники – 45.

$X_5X_6X_7$ – номер варианта по заданию;

X_8X_9 – год разработки (две последние цифры года);

$X_{10}X_{11}X_{12}$ – для текстовых материалов – ПЗ, для графических материалов – марка разрабатываемого чертежа.

Основные надписи

Применение тех или иных форм основных надписей определяется назначением чертежа и материалом, помещенным на разрабатываемом чертеже:

1. Форма рисунка 3 – для чертежей генпланов с инженерными сетями, планов зданий и сооружений с размещением оборудования, чертежей схем электрических, технологических и т. п.;

2. Форма рисунка 4 – для первого листа ПЗ, с которого начинается изложение текстовой части.

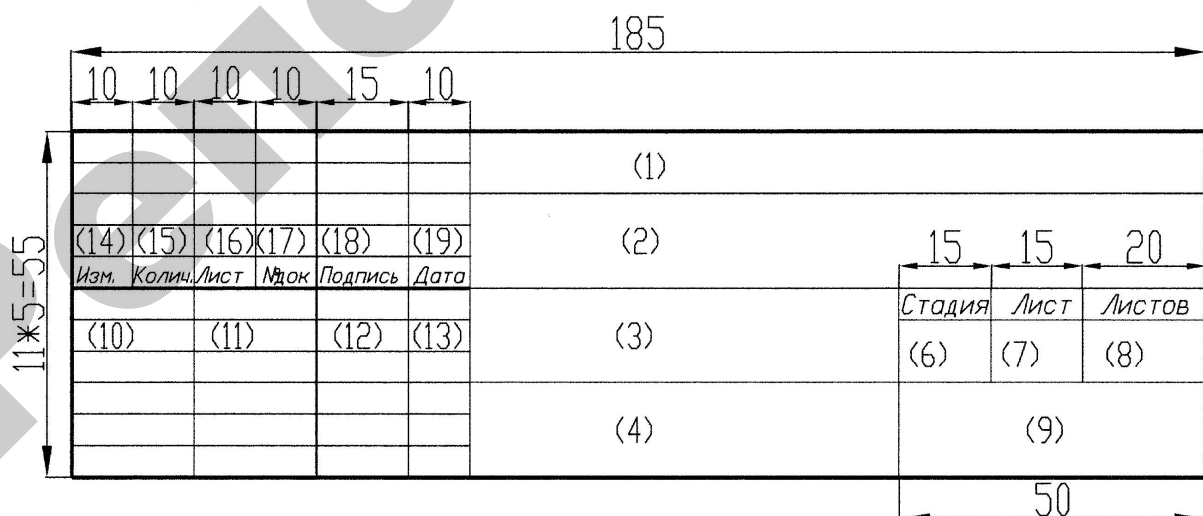


Рисунок 3 – Форма основной надписи, которая применяется для листов графической части и листа ведомости комплекта проектной документации

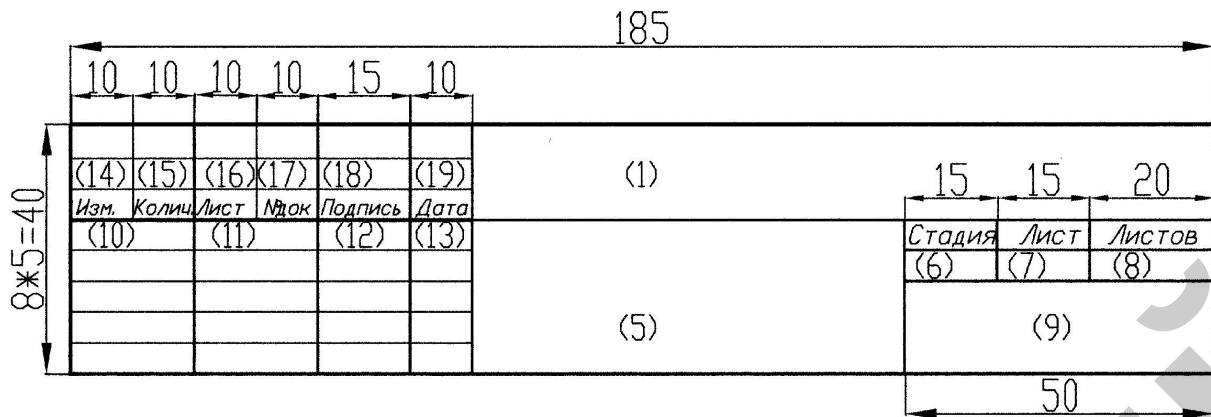


Рисунок 4 – Форма основной надписи, которая применяется для листа ПЗ, с которой начинается изложение текстовой части записки (обычно лист «Содержание»)

Указания о заполнении основной надписи

В графах основной надписи (на рисунках 2, 3, 4 номера граф показаны в скобках) указывают:

Графа 1 – обозначение проектной документации – маркировка документа:

– базовое обозначение;

– добавляемая через дефис марка разрабатываемых чертежей.

Графа 2 – тема курсового проекта.

Графа 3 – наименование здания (сооружения). Для чертежа генерального плана в графе 3 записывают наименование соответствующего раздела, например, «электроснабжение», «теплоснабжение» или «диспетчеризация», «диспетчерское управление».

Графа 4 – наименование изображения или материала, помещенного на данном листе, т. е. название чертежа, листа. Если на листе приведены несколько материалов (например, план здания, разрез II–II, экспликация, перечень элементов, сечение «А–А» и т. п.), то в название чертежа включают основные материалы, второстепенные – опускают.

Графа 5 – наименование документа аналогично графе 4 (обычно – «Пояснительная записка»).

Графа 6 – условное обозначение стадии проектирования: «С» – строительный проект.

Графа 7 – порядковый номер листа. На документе, состоящем из одного листа, графу не заполняют.

Графа 8 – общее число листов документа.

Графа 9 – на первой строке записывают наименование организации, разработавшей документ (БГАТУ), на второй строке – шифр (номер) зачетной книжки студента.

Графа 10 – характер работы: «разработал» (студент); в следующей строке – «руководитель», далее – «консультант», «нормоконтролер», «зав. кафедрой».

Графа 11 – фамилии студента, руководителя, консультанта(ов), нормоконтролера, зав. кафедрой в соответствующих строках.

Графа 12 – подписи.

Графа 13 – даты.

Графы 14–19 в дипломных и курсовых проектах не заполняются.

Правила оформления пояснительной записки и графической части курсового проекта выполняют в соответствии с требованиями учебно-методического пособия.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1 Расчет тепловых нагрузок

Расчетные тепловые нагрузки потребителей теплоты определяют по данным конкретных проектов нового строительства [2]. При отсутствии проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий и сооружений расходы теплоты определяются для:

- предприятий – по укрупненным нормам развития основного (профильного) проектирования, либо по проектам аналогичных производств;
- жилых районов городов и других населенных пунктов – по укрупненным показателям и нормам расхода теплоты и теплоносителя.

Полученные значения тепловых нагрузок могут быть использованы для выбора источника теплоснабжения и проектирования тепловых сетей.

Жилой поселок (А).

Расходы теплоты для жилого поселка определяют по формулам:

- максимальный расход теплоты, кВт, на отопление жилых и общественных зданий:

$$\Phi_o^{\text{ж}} = \varphi_o A \cdot (1 + k_1) \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

- максимальный расход теплоты, кВт, на вентиляцию общественных зданий определяют по формуле:

$$\Phi_b^{\text{ж}} = k_1 k_2 \varphi_o A \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

- средний за неделю расход теплоты, кВт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$\Phi_{\text{гв}}^{\text{ср}} = \frac{1,2m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_{\text{хз}}) \cdot c_b}{24 \cdot 3600}, \quad (3)$$

или

$$\Phi_{\text{гв}}^{\text{ср}} = q_{\text{гв}} m \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

– максимальный расход теплоты, кВт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$\Phi_{\text{ГВ}}^{\text{М}} = 2,4\Phi_{\text{ГВ}}^{\text{СР}}, \quad (5)$$

где ϕ_0 – укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади, принимаемый в соответствии с таблицей Г.1 (приложение Г), Вт;

A – общая площадь жилых зданий, м²;

k_1 – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий; при отсутствии данных следует принимать равным 0,25;

k_2 – коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию общественных зданий; при отсутствии данных следует принимать равным: для общественных зданий, построенных до 1985 г., – 0,4, в период с 1985 г. по 1995 г. – 0,6;

a – норма расхода воды на горячее водоснабжение при температуре 55 °С на одного человека, л/сут, проживающего в здании с горячим водоснабжением, принимаемая в зависимости от степени комфортности зданий в соответствии с [7];

b – норма расхода воды на горячее водоснабжение при температуре 55 °С, потребляемая в общественных зданиях, принимаемая в количестве 25 л на одного человека в сутки;

$t_{\text{хз}}$ – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5 °С);

$c_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 4,187 кДж/(кг·°С);

$q_{\text{ГВ}}$ – укрупненный показатель среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение на одного человека, Вт;

m – количество жителей в поселке (принимается по заданию).

Общая площадь жилых помещений, м², может быть рассчитана:

$$A = fm, \quad (6)$$

где f – норма жилой площади на 1-го человека, м².

Средний за неделю расход теплоты, кВт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий может быть определен по упрощенному выражению:

$$\Phi_{\text{ГВ}}^{\text{СР}} = 2,91m \cdot (a + b) \cdot 10^{-3}. \quad (7)$$

Норму расхода воды a , л/сут., на горячее водоснабжение в жилых домах рекомендуют принимать в зависимости от степени комфортности [7]:

– жилые дома квартирного типа	100 – 120
– усадебная застройка при наличии подсобного хозяйства	150 – 160
– общежития с общими кухнями и душевыми	90

Норму расхода воды на горячее водоснабжение при температуре 55 °С из расчета на одного работающего в производственных зданиях a , л/сут. рекомендуют принимать:

– в административных зданиях	7
– в цехах с тепловыделениями более 23,3 Вт/м ² ;	24
– в остальных цехах	11

Таблица 3 – Укрупненный показатель среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение $q_{гв}$

Средняя за отопительный период норма расхода воды при температуре 55 °С на горячее водоснабжение на одного человека, проживающего в здании с горячим водоснабжением, л/сут.	Средний расход теплоты на одного человека, Вт, проживающего в здании		
	с горячим водоснабжением	с горячим водоснабжением, с учетом потребления в общественных зданиях	без горячего водоснабжения, с учетом потребления в общественных зданиях
85	247	320	73
90	259	332	73
105	305	376	73
115	334	407	73

Сельскохозяйственный объект (Б).

Так как в животноводческих зданиях для обогрева, как правило, применяется система воздушного отопления, то целесообразно для расчетов использовать удельную отопительно-вентиляционную характеристику $q_{ов}$, Вт/(м³·°С), представляющую собой сумму отопительной и вентиляционной характеристик.

Максимальный расход теплоты, кВт, системы воздушного отопления животноводческого здания определяют по формуле:

$$\Phi_{\text{ов}} = q_{\text{ов}} \cdot V \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{но}}) 10^{-3}, \quad (8)$$

где V – объем здания из расчета находящихся в нем животных и нормируемого объема на 1 голову (скотоместо), м³ (принимается из таблицы 2.4 [3]);

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С (выбирается в зависимости от назначения животноводческого помещения по таблицам 10.1...10.3 [3]);

$t_{\text{но}}$ – расчетная температура наружного воздуха при проектировании отопления, °С (принимается по приложению Б).

Тепловые нагрузки систем *горячего водоснабжения* на животноводческих фермах и комплексах рассматриваются по группам технологических процессов: 1) мойка оборудования, приготовление жидких кормосмесей и уход за животными; 2) тепловая обработка кормов.

Средний расход теплоты на горячее водоснабжение первой группы технологических процессов $\Phi_{\text{гв}}^{\text{ср}}$, кВт, определяют по среднесуточным нормам расхода горячей воды из расчета на одно животное:

$$\Phi_{\text{гв1}}^{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{c_{\text{в}} \cdot b_i \cdot n_i \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{х3}})}{24 \cdot 3600}, \quad (9)$$

где b_i – среднесуточная норма потребления горячей воды животными расчетной группы, л/сут.;

n_i – число голов животных данной группы;

$t_{\text{г}}$ – температура горячей воды, °С.

Среднесуточная норма потребления горячей воды животными расчетной группы, л/сут.:

– коровы молочные	15
– быки и нетели	5
– телята и молодняк КРС	2
– хряки-производители	7,5
– свиноматки холостые	6
– свиноматки подсосные	20
– свиньи на откорме	4,5
– поросята-отъемыши	1,5

Средний расход теплоты на горячее водоснабжение второй группы технологических процессов $\Phi_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}$, кВт, можно определять по укрупненному показателю $q_{\text{ГВС}}$ из расчета на одно животное (таблица 4):

$$\Phi_{\text{ГВ2}}^{\text{ср}} = q_{\text{ГВС}} \cdot n . \quad (10)$$

Таблица 4 – Укрупненный показатель среднего расхода теплоты на кормоприготовление и подогрев воды $q_{\text{ГВС}}$, кВт/гол.

Назначение расходуемой теплоты	Единица	Укрупненный показатель среднего расхода горячей воды
Приготовление кормов для животных с учетом запаривания грубых кормов и корнеклубнеплодов	1 лошадь	0,05
	1 корова	0,27
	1 свинья	0,13
Подогрев воды для питья и санитарных целей	На одно животное	0,013

Административный (производственно-коммунальный) объект (В).

Максимальный расход теплоты на *отопление* Φ_o , кВт, и *вентиляцию* Φ_v , кВт, общественных, вспомогательных и производственных зданий можно определить по удельным характеристикам:

$$\Phi_o = V \cdot q_o \cdot (t_v - t_{\text{но}}) \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

$$\Phi_v = V \cdot q_v \cdot (t_v - t_{\text{но}}) \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

где q_o , q_v – удельные отопительная и вентиляционная характеристики здания, Вт/(м³·°С) (можно выбирать по таблице 2.3 [3], где значения приведены без учета тепловой модернизации и энергосберегающих мероприятий в здании);

V – строительный объем здания по наружному обмеру (принимается по заданию), м³;

t_v – расчетная температура внутреннего воздуха, °С (принимается по таблице 3.1 [3]).

Расход теплоты на *горячее водоснабжение* административных и коммунально-производственных зданий определяют по нормам расхода горячей воды аналогично жилым зданиям и (или) с помощью укрупненного показателя по таблице Г.2 приложения Г.

Полученные тепловые нагрузки систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для заданных объектов сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчетные тепловые потоки

№	Наименование потребителя	Расчетные тепловые потоки, кВт			
		Отопление	Вентиляция	Горячее водоснабжение	Всего
А	Жилой поселок ... человек	...	...	...	...
Б	Наименование сельскохозяйственного объекта	...		...	...
В	Наименование административного (коммунально-производственного) объекта	...	...	...	...
ИТОГО:		$\sum \Phi_{об} = \dots$		...	...

3.2 Построение годового графика и определение годовых расходов теплоты

График годовых расходов теплоты строится для получения кривой теплопотребления в зависимости от температуры наружного воздуха и средней продолжительности температуры воздуха различных градаций в течение отопительного периода. Он состоит из двух частей: правая часть строится в координатах $\Phi - t_n$; левая – в координатах $\Phi - n_o$ (n_o – продолжительность отопительного периода, сут.) [5].

Для построения годового графика выписывается повторяемость температур наружного воздуха заданного города (области) из Приложения Д с учетом расчетной температуры наружного воздуха при проектировании отопления. Данные вносятся в таблицу 6. В качестве примера рассмотрим повторяемость температур для г. Минска, расчетная наружная отопительная температура для которого составляет $-24\text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 6 – Средняя продолжительность температуры воздуха различных градаций для г. Минска

$t_n, ^\circ\text{C}$	-24	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
$n_o, \text{ч}$	9	33	138	293	654	1253	1693	732
$\sum n_o, \text{ч}$	9	42	180	473	1127	2380	4073	4805

Продолжительность отопительного периода в жилых, общественных и производственных зданиях определяется числом дней с устойчивой температурой наружного воздуха ниже $+8\text{ }^\circ\text{C}$.

Тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию жилого поселка, административного (коммунально-бытового) объекта при $t_n = +8\text{ }^\circ\text{C}$ определяют по зависимости:

$$\Phi_{\text{ов}+8} = \Phi_{\text{ов}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - 8}{t_{\text{в}} - t_{\text{но}}} \quad (13)$$

Для животноводческих зданий, исходя из теплового баланса помещений (подразделы 3.3 и 3.4 [3]), сначала определяют граничную температуру отопительного периода:

$$t_{\Gamma} = t_{\text{в}} - \frac{\Phi_{\text{ж}} - \Phi_{\text{исп}}}{\Phi_{\text{тп}} + \Phi_{\text{в}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{но}}), \quad (14)$$

где $\Phi_{\text{ж}}$ – тепловой поток явных (свободных) тепловыделений животными, кВт;

$\Phi_{\text{исп}}$ – тепловой поток, расходуемый на испарение влаги, кВт;

$\Phi_{\text{тп}}$ и $\Phi_{\text{в}}$ – тепловые потоки, расходуемые в результате теплопотерь через наружные ограждения и на нагрев вентиляционного воздуха (подраздел 3.4 [3]), кВт.

Тепловой поток явных (свободных) тепловыделений, кВт, определяется по выражению:

$$\Phi_{\text{ж}} = K'_t \cdot q \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

где K'_t – температурный коэффициент явных тепловыделений (выбирается из таблиц 10.7, 10.8 и 10.10 в зависимости от вида животных);

q – тепловой поток явных тепловыделений одним животным, Вт (таблицы 10.5, 10.6 и 10.9 [3]);

n – число голов.

Тепловой поток, расходуемый на испарение влаги с открытых водных и смоченных поверхностей, а также при усушке помета, кВт, определяется по выражению:

$$\Phi_{\text{исп}} = \Phi_{\text{исп}} = 0,69 \cdot W_{\text{исп}}, \quad (16)$$

где $W_{\text{исп}}$ – расход испаряемой влаги, г/ч, который допускается принимать в холодный период года в размере 10 % влаговыделений животными:

$$W_{\text{исп}} = 0,1 \cdot W_{\text{ж}} = K''_t \cdot W \cdot n, \quad (17)$$

где K''_t – температурный коэффициент влаговыделений (таблицы 10.7, 10.8 и 10.10 [3]);

W – влаговыделения одним животным, г/ч (таблицы 10.5, 10.6 и 10.9 [3]).

Продолжительность отопительного периода в животноводческих зданиях определяется числом дней с устойчивой температурой наружного воздуха ниже $t_{\text{гр}}$.

Для определения отопительно-вентиляционной нагрузки сельскохозяйственного объекта при $t_n = t_{гр}$ используется зависимость:

$$\Phi_{овгр} = \Phi_{ов} \cdot \frac{t_b - t_{гр}}{t_b - t_{но}}. \quad (18)$$

Точки, соответствующие значениям $\Phi_{ов}$ при различных t_n , соединяют прямой и получают график расходов теплоты на отопление и вентиляцию.

Расход теплоты на горячее водоснабжение не зависит от t_n , поэтому его график представляет прямую, параллельную оси абсцисс (прямая $\Phi_{гв}^{ср}$). График суммарного расхода теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение строится путем сложения соответствующих ординат при $t_n = +8, t_{нг}, t_{но}$ (линия $\Sigma\Phi$).

Для построения левой части графика из точек на оси абсцисс правой части, соответствующих температурам $+8, 0, -5, -10, -15, -20, t_{но}$, восстанавливают перпендикуляры до пересечения с линией суммарного расхода теплоты $\Sigma\Phi$. Из полученных точек проводят горизонтальные прямые до пересечения с перпендикулярами, восстановленными к оси абсцисс из точек, соответствующих продолжительности стояния вышеперечисленных температур наружного воздуха. Соединив найденные точки, получают искомый график годового расхода теплоты за отопительный период.

В летний период тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию отсутствуют, а нагрузку на горячее водоснабжение можно рассчитать по формуле:

$$\Phi_{гв}^л = \alpha \cdot \Phi_{гв}^{ср} \cdot \frac{t_{г} - t_{хл}}{t_{г} - t_{хз}}, \quad (19)$$

где α – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному периоду (для жилых и общественных зданий $\alpha = 0,8$; для технологических потребителей $\alpha = 1$);

$t_{г}$ – температура горячей воды, $t_{г} = 55$ °С;

$t_{хл}$ – температура холодной воды в неотапительный период, $t_{хл} = 15$ °С;

$t_{хз}$ – температура холодной воды в отопительный период, $t_{хз} = 5$ °С.

Поскольку $\Phi_{гв}^л$ не зависит от t_n , в диапазоне летних температур проводят

горизонтальную прямую до пересечения с ординатой, соответствующей общему расчетному числу часов работы тепловой сети в году $n = 8400$ ч.

Площадь, ограниченная осями координат $\Phi - n$ и полученной кривой расхода теплоты, представляет собой годовой расход теплоты рассматриваемых объектов.

По данным расчета строим годовой график расхода теплоты. Вид графика представлен на рисунке 5.

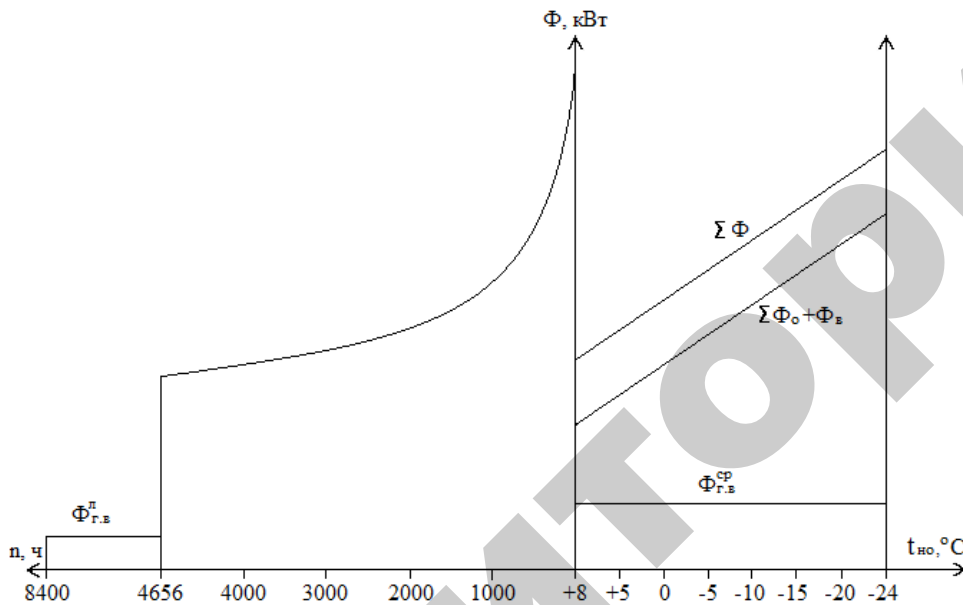


Рисунок 5 – Вид годового графика расхода теплоты

Годовой расход теплоты, ГДж, на отопление зданий, системы отопления которых работают круглосуточно [6]:

$$Q_0^r = 3,6 \cdot \Phi_0 \cdot z_0 \cdot n_0 \cdot \frac{t_B - t_{cp.o}}{t_B - t_{HO}} \cdot 10^{-3}, \quad (20)$$

где Φ_0 – максимальный расход теплоты на отопление зданий, кВт;

z_0 – число часов работы системы отопления в течение суток (при отсутствии дежурного отопления принимают $z_0 = 24$);

n_0 – продолжительность отопительного периода, сут. (выбирают в зависимости от указанного в задании города по приложению Б);

$t_{cp.o}$ – средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода, °С (выбирают в зависимости от указанного в задании города по приложению Б).

Годовой расход теплоты на вентиляцию зданий, ГДж:

$$Q_B^r = 3,6 \cdot \Phi_B \cdot z_B \cdot n_o \cdot \frac{t_B - t_{cp.o}}{t_B - t_{HO}} \cdot 10^{-3}, \quad (21)$$

где Φ_B – максимальный расход теплоты на вентиляцию, кВт;

z_B – усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции в течение суток (при отсутствии данных принимают $z_B = 16$).

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение, ГДж:

$$Q_{ГВ}^r = 3,6 \cdot [\Phi_{ГВ}^{cp} \cdot z_o \cdot n_o + \Phi_{ГВ}^n \cdot z_o (350 - n_o)] \cdot 10^{-3}, \quad (22)$$

где $\Phi_{ГВ}^{cp}$ и $\Phi_{ГВ}^n$ – средние расходы теплоты на горячее водоснабжение в отопительный и неотопительный периоды, кВт.

Годовой расход теплоты на отопление общественных зданий и предприятий, которые работают в одну или две смены пять – шесть дней в неделю, с учетом снижения отопительной нагрузки в нерабочее время (6 ч ночью в рабочие дни и 24 ч – в нерабочие дни) рассчитывается в соответствии с [6].

3.3 Выбор котлов и топочного устройства для сжигания топлива

Выбор топки зависит от вида топлива. Вид топлива принимается по заданию и с помощью данных раздела 4.3 и таблиц 4.8 и 4.9 [3] подбирается топочное устройство. В пояснительной записке приводятся его основные характеристики.

Выбор котлов зависит от назначения котельной (водогрейная, паровая), вида топлива и тепловой мощности [11].

Суммарная тепловая мощность котельной принимается из таблицы 3 с 15 % -ным запасом.

Рекомендуется выбирать отдельно котлы для покрытия тепловой нагрузки отопления и вентиляции, отдельно – для горячего водоснабжения. При подборе нужно стремиться к тому, чтобы средняя загрузка котлов в летний период была не ниже 50 %.

Для выбора котлов можно воспользоваться данными, приведенными в разделе 5 [3], справочниках по котельным установкам, сетью Internet.

В пояснительной записке приводятся марка, количество выбранных котлов и их основные характеристики (теплопроизводительность, КПД, температура уходящих газов, температура теплоносителя).

3.4 Объемы и энтальпии продуктов сгорания и воздуха

Горение – это химический процесс взаимодействия топлива с кислородом атмосферного воздуха, в результате которого образуются продукты сгорания.

Объемы продуктов сгорания и воздуха принято рассчитывать при сжигании 1 кг твердого и жидкого топлива или 1 м³ газообразного топлива при нормальных условиях (0 °С и 0,1013 МПа).

Расчет теоретического объема продуктов сгорания и воздуха для твердого и жидкого топлива производят, исходя из состава рабочей массы, и выражают в м³/кг; для газообразного топлива – исходя из объемного состава газа, и выражают в м³/м³ (раздел 4.2 [3]).

Различают теоретические объемы и действительные. Для расчета действительных объемов продуктов сгорания и воздуха принимают коэффициент избытка воздуха в топке, который зависит от типа топочного устройства и вида сжигаемого топлива и доли присосов воздуха в отдельных элементах котельного агрегата, которая определяется конструкцией и особенностями рассматриваемых элементов котельного агрегата (раздел 4.2 [3]).

Энтальпии теоретических и действительных объемов воздуха и продуктов сгорания определяются в кДж/кг (кДж/м³ для газообразного топлива) (раздел 4.2 [3]) по двум принятым температурам уходящих дымовых газов, находящимся в диапазоне возможных температур, например при 100 °С и 300 °С. Энтальпии единицы объема воздуха, углекислого газа, азота и водяных паров при расчетной температуре принимаются по таблице 4.7 [3].

Результаты расчетов сводят в таблицу.

По данным таблицы в масштабе строится $H-t$ диаграмма, вид которой для твердого и жидкого топлива представлен на рисунке 6.

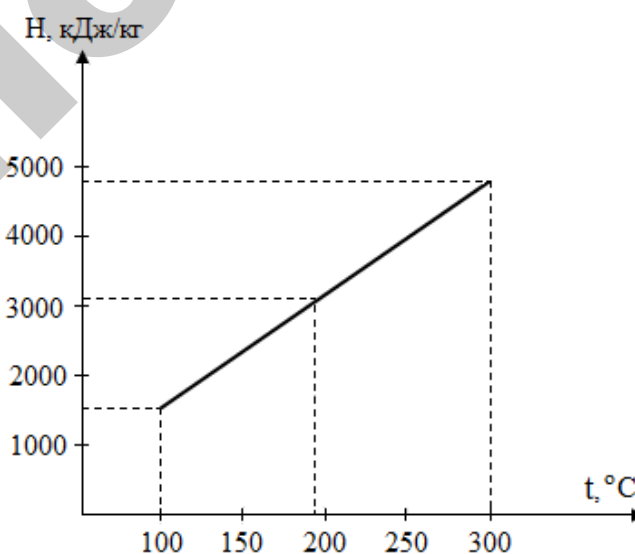


Рисунок 6 – $H-t$ диаграмма

3.5 Коэффициент полезного действия котлоагрегата

Коэффициент полезного действия котлоагрегата $\eta_{\text{ка}}$, %, определяется по формуле:

$$\eta_{\text{ка}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6), \quad (23)$$

где q_2, q_3, q_4, q_5, q_6 – соответственно доля теплоты с уходящими газами, от химической и механической неполноты сгорания, от наружного охлаждения и с физической теплотой шлака, % (раздел 5.3 [3]).

Потеря теплоты с уходящими дымовыми газами, %:

$$q_2 = \frac{(H_{\text{yx}} - \alpha_{\text{yx}} \cdot H_{\text{xb}}^0)(100 - q_4)}{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}, \quad (24)$$

где H_{yx} – энтальпия уходящих дымовых газов, кДж/кг или кДж/м³ (определяется по H - t диаграмме при паспортном значении t_{yx});

α_{yx} – коэффициент избытка воздуха в уходящих дымовых газах [3];

H_{xb}^0 – энтальпия теоретического объема холодного воздуха при температуре $t = 30$ °С ($H_{\text{xb}}^0 = h_{\text{xb}} V^0 = 39,8 \cdot 9,98 = 397,2$ кДж/кг (кДж/м³));

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ – низшая теплота сгорания топлива (таблицы 4.5, 4.6) [3], кДж/кг·(кДж/м³).

Потеря теплоты от химической неполноты сгорания q_3 принимается по таблицам 4.8, 4.9 [3] в зависимости от вида топлива, потеря теплоты от механической неполноты сгорания q_4 для твердого топлива – по таблице 4.8 [3].

Потеря теплоты от наружного охлаждения q_5 наблюдается в связи с тем, что температура наружной поверхности котла выше температуры окружающей среды. Потери q_5 принимают в зависимости от теплопроизводительности котла (раздел 5.3 [3]).

Потери теплоты с физической теплотой удаляемого шлака q_6 следует учитывать при слоевом сжигании твердого топлива (раздел 5.3 [3]).

3.6 Расчет тепловой схемы водогрейной котельной установки

Тепловая схема водогрейной котельной установки составляется с учетом ее назначения, мощности, расхода нагреваемой воды, качества исходной воды и особенностей системы теплоснабжения [11].

Расчет расходов и температур сетевой воды изложен в разделе 3.8.

Расход подпиточной воды $G_{\text{подп}}$, т/ч, в открытых системах теплоснабжения рассчитывают по формуле:

$$G_{\text{подп}} = 0,01 \cdot k \cdot G_c + G_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}, \quad (25)$$

где k – процент утечки воды в тепловых сетях – принимают в пределах 1,5...3,0 %;

G_c – расход сетевой воды, т/ч;

$G_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}$ – расход воды на нужды горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения, т/ч (раздел 3.8).

Расход подпиточной воды $G_{\text{подп}}$, т/ч, в закрытых системах теплоснабжения рассчитывают по формуле:

$$G_{\text{подп}} = 0,01 \cdot k \cdot G_c. \quad (26)$$

Расход сырой воды принимают на 25 % больше расхода подпиточной воды:

$$G_{\text{св}} = 1,25 \cdot G_{\text{подп}}. \quad (27)$$

Производительность химводоочистки $G_{\text{хво}}$, т/ч:

$$G_{\text{хво}} = G_{\text{подп}} + G_{\text{сн}}, \quad (28)$$

где $G_{\text{сн}}$ – расход воды на собственные нужды котельной (принимают в размере 0,5 % от расхода сетевой воды), т/ч.

Расход горячей воды $G_{\text{впу}}$, т/ч, на водоподготовительную установку:

$$G_{\text{впу}} = G_{\text{псв}} + G_{\text{пхв}} + G_{\text{д}}, \quad (29)$$

где $G_{\text{псв}}$, $G_{\text{пхв}}$, $G_{\text{д}}$ – расходы горячей воды на подогреватели сырой, химически очищенной воды и на деаэратор, т/ч.

Расход горячей воды на подогреватели сырой воды:

$$G_{\text{ПСВ}} = \frac{G_{\text{СВ}} \cdot (t_{\text{ПСВ}}'' - t_{\text{Х}})}{(\tau_{1,0} - \tau_{2,0}) \cdot \eta_{\text{ПСВ}}}, \quad (30)$$

где $t_{\text{ПСВ}}''$ – температура подогретой сырой воды (принимают 25...35 °С);

$\tau_{1,0}$ – температура на выходе из котла (можно принять равной температуре сетевой воды в подающей магистрали), °С;

$\eta_{\text{ПСВ}}$ – КПД подогревателя сырой воды.

Расход горячей воды на подогреватели химически очищенной воды:

$$G_{\text{ПХВ}} = \frac{G_{\text{ХВО}} \cdot (t_{\text{ПХВ}}'' - t_{\text{ПСВ}}'' - 2)}{(\tau_{1,0} - \tau_{2,0}) \cdot \eta_{\text{ПХВ}}}, \quad (31)$$

где $t_{\text{ПХВ}}''$ – температура подогретой химически очищенной воды (принимают ниже температуры насыщенной воды в деаэраторе $t_{\text{д}}$ на 5...10 °С);

$\eta_{\text{ПХВ}}$ – КПД подогревателя химически очищенной воды.

$$G_{\text{д}} = \frac{G_{\text{ХВО}} \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{ПХВ}}'')}{(\tau_{1,0} - t_{\text{д}}) \cdot \eta_{\text{д}}}, \quad (32)$$

где $t_{\text{д}}$ – температура в деаэраторе, °С;

$\eta_{\text{д}}$ – КПД деаэратора – принимают равным 0,98.

Температура воды в точке присоединения подпиточного трубопровода к обратному, °С:

$$t' = \frac{G_{\text{ПОДП}} + G_{\text{д}}}{G_{\text{с}}} \cdot (t_{\text{д}} - \tau_{2,0}) + \tau_{2,0}. \quad (33)$$

Температура воды в точке присоединения трубопроводов от подогревателей воды к обратной магистрали, °С:

$$t'' = \frac{(G_{\text{с}} + G_{\text{д}}) \cdot t' + (G_{\text{ВПУ}} - G_{\text{д}}) \cdot \tau_{2,0}}{G_{\text{с}} + G_{\text{ВПУ}}}. \quad (34)$$

3.7 Регулирование отпуска теплоты потребителям. График ЦКР

В системах теплоснабжения сельскохозяйственных объектов основной и преобладающей является тепловая нагрузка систем отопления. Поэтому предусматривают центральное качественное регулирование (ЦКР) по отопительной нагрузке на основании температурных графиков, определяющих зависимость температуры воды в трубопроводах тепловых сетей от температуры наружного воздуха.

Расчет температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах производится по уравнениям (раздел 6.2 [3]).

$$\tau'_{1,0} = t_{\text{в}} + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0,8} + (\delta\tau'_0 - 0,5 \cdot \theta') \cdot \bar{Q}_0, \quad (35)$$

$$\tau'_{2,0} = t_{\text{в}} + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0,8} - 0,5 \cdot \theta' \cdot \bar{Q}_0, \quad (36)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха (для жилых зданий принимается $t_{\text{в}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$);

\bar{Q}_0 – относительная отопительная нагрузка (по отношению к расчетной при температуре наружного воздуха $t_{\text{но}}$), $\bar{Q}_0 = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{но}}}$;

$t_{\text{н}}$ – текущая температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$;

$\Delta t'_0$ – расчетный температурный напор в отопительных приборах, $\Delta t'_0 = 0,5 \cdot (\tau_{3,0} + \tau_{2,0}) - t_{\text{в}}$, $^\circ\text{C}$;

$\tau_{3,0}$ – температура воды в подающем трубопроводе отопительной системы, $^\circ\text{C}$;

$\delta\tau'_0$ – расчетная разность температур сетевой воды в трубопроводах на тепловом пункте, $^\circ\text{C}$, $\delta\tau'_0 = \tau_{1,0} - \tau_{2,0} = \tau_{1,0} - 70$;

θ' – расчетная разность температур воды в отопительной системе, $\theta' = \tau_{3,0} - \tau_{2,0}$, $^\circ\text{C}$.

Для построения графика ЦКР текущая температура наружного воздуха $t_{\text{н}}$ задается, как правило, с интервалом $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($t_{\text{но}}, -20, -15, -10, -5, 0, +5, +8$).

Все расчеты сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах в зависимости от t_n

$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_{но}$	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
$\tau'_{1,0}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{1,0}$	...	...	...	...	...	...	...
$\tau'_{2,0}, ^\circ\text{C}$	70	...	...	...	...	...	...	...
\bar{Q}_0	1	...	...	...	...	...	...	...

По данным таблицы 7 строится график ЦКР отпуска теплоты потребителям, соответствующий системе теплоснабжения, указанной в задании. Если система теплоснабжения закрытая, то производится излом графика при температуре в подающем трубопроводе, равной 70°C . Температура обратного теплоносителя определяется по графику путем опускания перпендикуляра к кривой температуры обратной сетевой воды (рисунок 7).

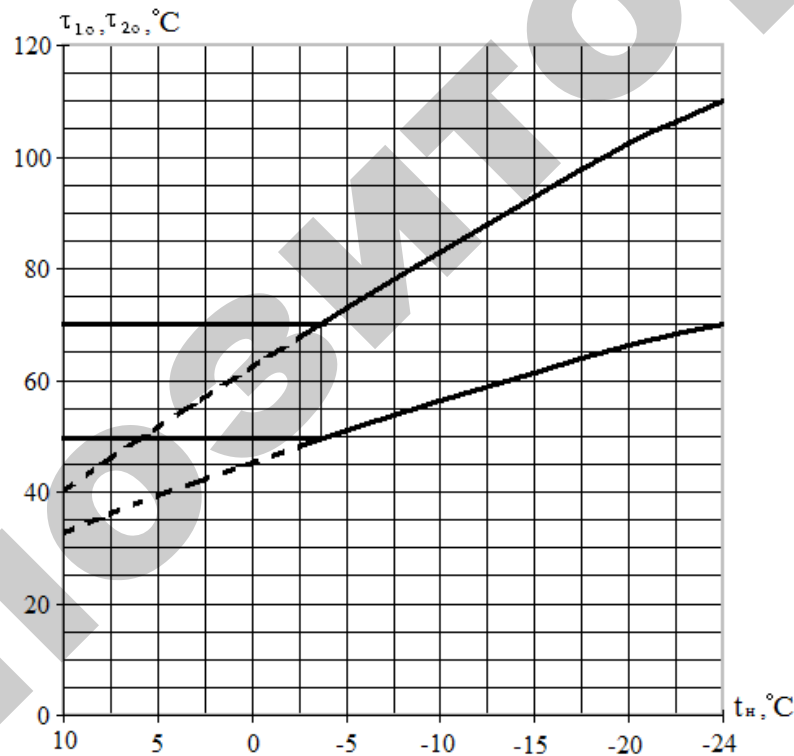


Рисунок 7 – Температурный график качественного регулирования отопительной нагрузки

3.8 Определение расчетных расходов сетевой воды

Расчетные расходы сетевой воды на отдельных участках тепловой сети являются основными данными при гидравлическом расчете трубопроводов.

Расчетные расходы воды, кг/с, следует определять по формулам [2]:

а) на отопление:

$$G_o = \frac{\Phi_o}{c_b (\tau_{1,0} - \tau_{2,0})}, \quad (37)$$

где Φ_o – максимальный расход теплоты на отопление, кВт;

б) на вентиляцию:

$$G_b = \frac{\Phi_b}{c_b (\tau_{1,0} - \tau_{2,0})}, \quad (38)$$

где Φ_b – максимальный расход теплоты на вентиляцию, кВт;

в) на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения:

– средний:

$$G_{гв}^{ср} = \frac{\Phi_{гв}^{ср}}{c_b (t_{г} - t_{х3})}, \quad (39)$$

где $\Phi_{гв}^{ср}$ – расчетная тепловая нагрузка системы горячего водоснабжения, кВт;

– максимальный:

$$G_{гв}^{ср} = \frac{\Phi_{гв}^M}{c_b (t_{г} - t_{х3})}, \quad (40)$$

где $\Phi_{гв}^M$ – максимальный расход теплоты на горячее водоснабжение, кВт.

Максимальный расход теплоты на горячее водоснабжение, кВт, определяется по формуле:

$$\Phi_{гв}^M = \beta \cdot \Phi_{гв}^{ср}, \quad (41)$$

где β – коэффициент часовой неравномерности, который принимают в зависимости от назначения системы горячего водоснабжения:

– в сельских населенных пунктах	2,4
– на животноводческих фермах по мойке оборудования, уходу за животными	2,5
– при кормоприготовлении	4,0

г) на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения при параллельной схеме присоединения водоподогревателей:

– средний:

$$G_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{\Phi_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}}{c_{\text{В}} (\tau_{1.0}^{\text{'''}} - \tau_{2.ГВ}^{\text{'''}})}, \quad (42)$$

где $\tau_{1.0}^{\text{'''}}$ – температура сетевой воды в точке «излома» температурного графика ЦКР (рисунок 7), °С,

$\tau_{2.ГВ}^{\text{'''}}$ – температура воды на выходе из параллельно включенного водоподогревателя горячего водоснабжения, °С (при отсутствии проектных данных принимают равной 30 °С).

– максимальный:

$$G_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{\Phi_{\text{ГВ}}^{\text{М}}}{c_{\text{В}} (\tau_{1.0}^{\text{'''}} - \tau_{2.ГВ}^{\text{'''}})}. \quad (43)$$

Суммарные расходы сетевой воды, кг/с, определяются следующим образом:

а) для систем теплоснабжения с тепловым потоком менее 100 МВт:

$$G = G_0 + G_{\text{В}} + k_1 \cdot G_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}, \quad (44)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по отопительной нагрузке (для открытых систем $k_1 = 0,8$; для закрытых: при наличии баков-аккумуляторов у потребителей $k_1 = 1,0$; при отсутствии баков-аккумуляторов $k_1 = 1,2$);

б) для потребителей при $\Phi_{\text{ГВ}}^{\text{М}}/\Phi_0 > 1$ и отсутствии баков-аккумуляторов, а также с тепловым потоком менее 10 МВт:

$$G = G_0 + G_{\text{В}} + G_{\text{ГВ}}^{\text{М}}. \quad (45)$$

3.9 Выбор трассы тепловой сети

Проектирование тепловых сетей начинается с выбора трассы и вида прокладки (надземная, подземная канальная, подземная бесканальная).

При выборе трассы тепловых сетей следует стремиться к тому, чтобы сети были наименьшей протяженности, удобны в эксплуатации и отвечали требованиям [2]. Трассу намечают, как правило, вдоль дорог вне проезжей части и зоны зеленых насаждений.

Наиболее эффективно прокладку теплопроводов осуществлять предварительно изолированными трубами в пенополиуретановой оболочке (ПИ-трубами) [8]. Потери теплоты в таких трубах минимальны. Сама конструкция «труба в трубе» позволяет полностью исключить наружную коррозию трубопровода. Поскольку изоляция является частью конструкции, то к минимуму снижаются затраты ручного труда при строительстве и монтаже тепловых сетей, а также значительно снижаются эксплуатационные расходы после запуска теплосети в действие. Кроме того, ПИ-трубы имеют еще одно важное преимущество – они оснащены системой оперативного дистанционного контроля увлажнения изоляции, что позволяет своевременно реагировать на нарушение целостности стальной трубы или полиэтиленового гидроизоляционного покрытия и заранее предотвращать утечки и аварии. Предпочтение при использовании ПИ-труб следует отдавать подземной бесканальной прокладке.

На генплане объекта проектирования наносят котельную, от которой производят согласно выбранной схеме теплоснабжения разводку тепловых сетей ко всем потребителям теплоты. При этом намечают места устройства тепловых камер, производят привязку теплотрассы к зданиям и сооружениям.

После разработки трассы тепловых сетей составляют монтажную схему трубопроводов. В дальнейшем ее уточняют с учетом диаметров трубопроводов, определенных в результате гидравлического расчета.

На монтажной схеме указывают запорную арматуру, неподвижные опоры и компенсаторы.

3.10 Гидравлический расчет водяной тепловой сети

В задачу гидравлического расчета входит определение диаметров трубопроводов, потерь давления на участках и по всей сети, а также давлений в различных точках тепловой сети.

Гидравлический расчет выполняется по схеме трубопроводов, которую составляют согласно выбранной трассе тепловой сети в одну линию с выделением отдельных участков. Границами участков являются узлы трубопровода, каждый участок характеризуется постоянным расходом теплоносителя.

В качестве главной расчетной магистрали принимают наиболее нагруженную и протяженную, соединяющую источник теплоснабжения с наиболее удаленными потребителями.

Для каждого расчетного участка выносится горизонтальная линия, где представляют расход теплоносителя G , кг/с, и длину участка l , м. В кружке у горизонтальной линии указывают номер участка. Пример расчетной схемы водяных тепловых сетей представлен на рисунке 8.

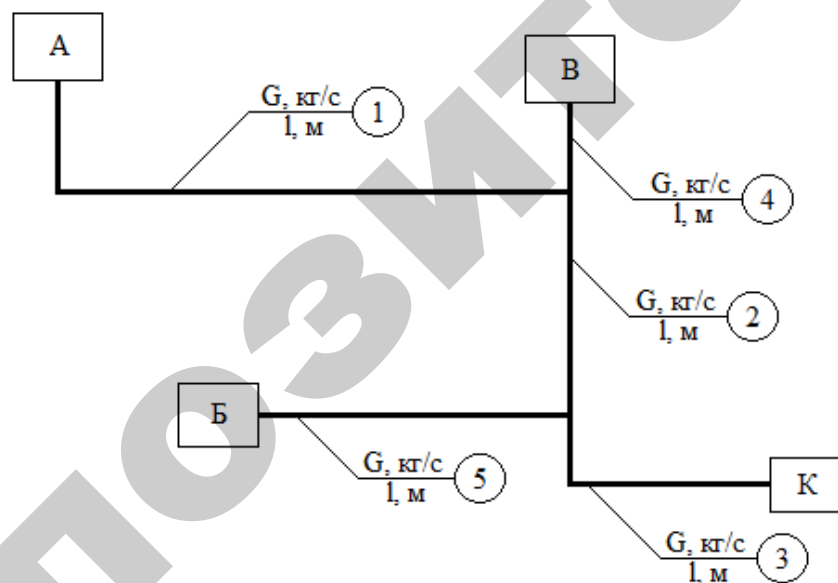


Рисунок 8 – Расчетная схема водяных тепловых сетей

Нумерацию участков производят, начиная от наиболее удаленного участка главной магистрали. Затем нумеруют ответвления и другие магистрали.

После составления расчетной схемы принимают удельную потерю по длине. Рекомендуют как оптимальные (на основании технико-экономических расчетов) следующие значения:

- для расчетной главной магистрали водяных тепловых сетей – 30...80 Па/м;
- для ответвлений водяных тепловых сетей – по располагаемому давлению, но не более 300 Па/м.

Исходя из удельной (линейной) потери давления и расходов теплоносителя, находят диаметры трубопроводов, действительные удельные потери давления и скорость теплоносителя на отдельных участках трубопроводов. При этом можно использовать таблицу приложения Е. Скорость теплоносителя не должна превышать максимально допустимое значение (для горячей воды – 3,5 м/с). Диаметр труб независимо от расчетного расхода теплоносителя должен приниматься в тепловых сетях не менее 32 мм.

Коэффициенты местных сопротивлений зависят от вида местного сопротивления:

– задвижка	0,5
– вентиль с вертикальным шпинделем	6,0
– обратный клапан	7,0
– компенсатор П-образный	2,8
– компенсатор сальниковый	0,3
– тройник при слиянии и разделении потока – проход	1,0
– тройник при слиянии и разделении потока – ответвление	1,5
– грязевик	10,0

При известных местных сопротивлениях на расчетных участках выполняют окончательный расчет. Падение давления в местных сопротивлениях находят, используя коэффициенты местных сопротивлений или их эквивалентную длину.

При расчете эквивалентных длин l_3 , м, может быть использована зависимость:

$$l_3 = \sum_1^n \xi_i \cdot l'_i, \quad (46)$$

где $\sum_1^n \xi_i$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

l'_i – эквивалентная длина местного сопротивления, равного единице (выбирается, исходя из подобранных диаметров по таблице 8), м.

Таблица 8 – Эквивалентная длина местных сопротивлений l'_3 при $\xi = 1$ для теплоносителя вода

Условный проход труб d , мм													
25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
0,6	0,78	1,01	1,36	2,07	2,58	3,34	4,5	5,57	8,4	11,3	14,2	17,2	20,0

Приведенная длина определяется из выражения:

$$l_{\text{пр}} = l + l_3, \quad (47)$$

где l – длина участка, м.

Потери давления на участке, кПа:

$$\Delta P = R \cdot l_{\text{пр}} \cdot 10^{-3}, \quad (48)$$

где R – удельная потеря по длине, Па/м.

Ответвления и другие магистрали рассчитывают по располагаемому перепаду давления в точке их присоединения к расчетной магистрали.

Результаты гидравлического расчета записываются в таблицу, вид которой представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Гидравлический расчет тепловых сетей

№	Расход воды, G , кг/с	Длина l , м	d_y , мм	v , м/с	R , Па/м	Местные сопротивления			$l_{\text{пр}}$, м	ΔP , кПа	$\Sigma \Delta P$, кПа	Примечание
						$\Sigma \xi$	l'_3 , м	l_3 , м				

Если неувязка между потерями и располагаемыми перепадами давления превышает 10 %, то на этих ответвлениях осуществляется увязка давления с помощью диафрагм. Диаметр диафрагмы, мм, определяется из выражения:

$$d_6 = 33,6 \sqrt[4]{G_6^2 / (\Delta P_1 - \Delta P_6)}, \quad (49)$$

где G_6 – расчетный расход воды на участке (в данной формуле – это участок б), кг/с;

ΔP_1 – располагаемый перепад давления в точке присоединения ответвления б к расчетной магистрали, кПа;

ΔP_6 – перепад давления на диафрагме, кПа.

Определив с помощью гидравлического расчета диаметры трубопроводов, разрабатывают монтажную схему и уточняют расстановку неподвижных опор, компенсаторов и местных сопротивлений.

3.11 Тепловой расчет изоляции трубопроводов

При тепловом расчете требуется выбрать толщину основного слоя изоляции, рассчитать потери теплоты трубопроводами и падение температуры теплоносителя в трубопроводах от котельной до объекта теплоснабжения [9].

При определении тепловых потерь трубопроводами расчетная температура теплоносителя принимается для *подающих* трубопроводов водяных тепловых сетей [2]:

- при постоянной температуре сетевой воды и количественном регулировании – максимальная температура теплоносителя;
- при переменной температуре сетевой воды и качественном регулировании – среднегодовая температура теплоносителя: 110 °С – при температурном графике регулирования 180 °С – 70 °С; 90 °С – при 150 °С – 70 °С; 65 °С – при 130 °С – 70 °С и 55 °С – при 95 °С – 70 °С.

Среднегодовая температура для *обратных* трубопроводов водяных тепловых сетей принимается равной 50 °С.

При расчете толщины тепловой изоляции и определении годовых потерь теплоты трубопроводами, проложенными бесканально на глубине заложения верха трубопровода более 0,7 м, за расчетную температуру окружающей среды принимается средняя за год температура грунта на этой глубине.

При глубине заложения трубопровода от верха теплоизоляционной конструкции менее 0,7 м, за расчетную температуру окружающей среды принимается та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

Толщина основного слоя изоляционной конструкции выбирается по нормам потерь теплоты (разделы 6.4 [3], 6.1 [9]).

При использовании ПИ-труб, у которых толщина изоляции известна, рассчитывают эффективность теплоизоляции.

Для расчета эффективности теплоизоляции сначала находят суммарное термическое сопротивление теплопередаче изоляционного слоя, оболочки и наружной поверхности трубы.

Технические данные ПИ-труб представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические данные ПИ-труб

Типоразмер ПИ-труб	Параметры стальной трубы		Параметры полиэтиленовой трубы-оболочки		Вес 1 мп, кг
	Наружный диаметр $d_{тр}$, мм	Минимальная толщина стенки $\delta_{ст}$, мм	Наружный диаметр $d_{н}$, мм	Толщина стенки $\delta_{об}$, мм	
38/110	38	3,0	110	2,5	3,8
45/110	45	3,0	110	2,5	4,2
57/125	57	3,5	125	2,5	6,5
76/140	76	3,5	140	3,0	8,5
89/160	89	4,0	160	3,0	10,1
108/200	108	4,0	200	3,2	14,3
114/200	114	4,0	200	3,2	14,8
133/225	133	4,0	225	3,5	17,6
159/250	159	4,5	250	3,9	22,5
219/315	219	6,0	315	4,9	39,9
273/400	273	7,0	400	6,3	59,7
325/450	325	8,0	450	7,0	79,0
377/500	377	9,0	500	7,8	101,1
426/560	426	7,0	560	8,8	96,5

Термическое сопротивление теплоизоляции, м·К/Вт:

$$R_{из} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_{из}}{d_{тр}}, \quad (50)$$

где $\lambda_{из}$ – теплопроводность теплоизоляционного слоя, Вт/(м·К) (для ПИ-труб можно принять $\lambda_{из} = 0,027$ Вт/(м·К));

$d_{из}$, $d_{тр}$ – наружные диаметры теплоизоляционного покрытия и неизолированного трубопровода, м.

Термическое сопротивление оболочки, м·К/Вт:

$$R_{об} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \lambda_{об}} \cdot \ln \frac{d_{н}}{d_{из}}, \quad (51)$$

где $\lambda_{об}$ – теплопроводность слоя оболочки, Вт/(м·К) (для ПИ-труб можно принять $\lambda_{об} = 0,3$ Вт/(м·К));

$d_{н}$ – наружный диаметр изолированного трубопровода, м.

Термическое сопротивление теплоотдаче на поверхности оболочки при надземной прокладке трубопровода, м·К/Вт:

$$R_{\text{по}} = \frac{1}{\pi \cdot d_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{н}}}, \quad (52)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности теплоизолированного теплопровода в оболочке, Вт/(м²·К) (рекомендуют принимать равным 29 Вт/(м²·К)).

Суммарное термическое сопротивление, м·К/Вт:

$$R = R_{\text{из}} + R_{\text{об}} + R_{\text{по}}. \quad (53)$$

Для подземной бесканальной прокладки учитывают термическое сопротивление грунта, м·К/Вт:

$$R_{\text{гр}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \ln \left(2 \frac{h_{\text{o}}}{d_{\text{н}}} + \sqrt{4 \left(\frac{h_{\text{o}}}{d_{\text{н}}} \right)^2 - 1} \right), \quad (54)$$

где $\lambda_{\text{гр}}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·К) (принимают $\lambda_{\text{гр}} = 1,75$ Вт/(м·К));
 h_{o} – глубина заложения оси теплопровода, м.

Особенности расчета двухтрубной бесканальной прокладки обусловлены взаимным влиянием температурных полей, образующихся вокруг каждого теплопровода. В расчет полных термических сопротивлений теплопроводов вводится условное термическое сопротивление, м·К/Вт:

$$R_{\text{усл}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h_{\text{o}}}{b_{\text{o}}} \right)^2}, \quad (55)$$

где b_{o} – расстояние по горизонтали между осями теплопроводов, м.

Суммарное термическое сопротивление, м·К/Вт, для каждого теплопровода при этом:

$$R = R_{\text{из}} + R_{\text{об}} + R_{\text{гр}} + \psi \cdot R_{\text{усл}}, \quad (56)$$

где ψ – коэффициент, определяющий дополнительное термическое сопротивление

$$\Psi_1 = \frac{(\tau_{\text{cp2}} - t_{\text{гр}}) \cdot (R_{\text{из}} + R_{\text{об}} + R_{\text{гр}}) - (\tau_{\text{cp1}} - t_{\text{гр}}) \cdot R_{\text{усл}}}{(\tau_{\text{cp1}} - t_{\text{гр}}) \cdot (R_{\text{из}} + R_{\text{об}} + R_{\text{гр}}) - (\tau_{\text{cp2}} - t_{\text{гр}}) \cdot R_{\text{усл}}}, \quad (57)$$

где $t_{\text{гр}}$ – температура грунта, °С, принимается равной $t_{\text{гр}} = 7,5$ °С;

$$\Psi_2 = \frac{1}{\Psi_1}. \quad (58)$$

Линейная плотность теплового потока теплопроводов, Вт/м:

$$q_1 = \frac{\tau_{\text{cp1}} - t_{\text{г}}^{\text{cp}}}{R}, \quad (59)$$

$$q_2 = \frac{\tau_{\text{cp2}} - t_{\text{г}}^{\text{cp}}}{R}, \quad (60)$$

где $t_{\text{г}}^{\text{cp}}$ – среднегодовая температура наружного воздуха, °С (принимается по приложению Б).

Термическое сопротивление неизолированного трубопровода, м·К/Вт:

$$R_{\text{ни}} = \frac{1}{\pi \cdot d_{\text{тр}} \cdot \alpha_{\text{н}}}. \quad (61)$$

Линейная плотность теплового потока неизолированных теплопроводов, Вт/м:

$$q_{1\text{ни}} = \frac{\tau_{\text{cp1}} - t_{\text{г}}^{\text{cp}}}{R_{\text{ни}}}; \quad (62)$$

$$q_{2\text{ни}} = \frac{\tau_{\text{cp2}} - t_{\text{г}}^{\text{cp}}}{R_{\text{ни}}}. \quad (63)$$

Эффективность тепловой изоляции, %:

$$\eta_1 = \frac{q_{1\text{ни}} - q_1}{q_{1\text{ни}}} \cdot 100; \quad (64)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / В. В. Гурин, Е. С. Якубовская, И. П. Матвеевко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.
2. ТКП 45-4.02-182-2009 Тепловые сети. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2010-07-01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 51 с.
3. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л. С. Герасимович, А. Г. Цубанов и др. – Минск : Ураджай, 1993. – 368 с.
4. Строительная климатология (Изменение № 1 СНБ 2.04.02-2000). Строительные нормы Республики Беларусь.– Введ. 2007-07-01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 33 с.
5. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» направления подготовки специалистов «Строительство», специальности «Теплоснабжение, вентиляция» / Б. М. Хрусталева [и др.]; под общ. ред. Б. М. Хрусталева. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 784 с.
6. ТКП 45-4.02-204-2010 Схемы теплоснабжения населенных пунктов. Правила разработки. – Введ. 2011 – 01 – 01. Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 54 с.
7. ТКП 45-4.01-52-2007 Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2008 – 09 – 01. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 48 с.
8. ТКП 45-4.02-89-2007 Тепловые сети бесканальной прокладки из стальных труб, предварительно термоизолированных пенополиуретаном в полиэтиленовой оболочке. Правила проектирования и монтажа. Введ. 2008-07-01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 43 с.
9. ТКП 45-4.02-91-2009 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Строительные нормы проектирования. Введ. 2010-07-01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 27 с.
10. ГОСТ 21.605-82. Сети тепловые (тепломеханическая часть). Рабочие чертежи. – М.: Госстрой СССР, 1983. – 11 с.
11. Соколов, Б. А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Промышленная теплоэнергетика» и «Энергетика теплотехнологий» направления подготовки «Теплоэнергетика». – 2-е изд., стереотип/Б. А. Соколов. – М. : Академия, 2010. – 128 с.

Приложение А

(обязательное)

Бланк задания

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра энергетики

Утверждаю
Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
(подпись) / (ФИО)

«__» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ на курсовое проектирование

Студент(ка) _____
(ФИО)

Группа _____ Шифр _____

Тема проекта: «Проектирование тепловых сетей».

1. Сроки сдачи студентом законченного проекта: «__» _____ 20__ г.

2. Исходные данные к проекту: А – жилой поселок на _____ чел.; Б – с. х. объект _____; В – административное здание _____. Город _____. Расчетная температура наружного воздуха: $t_{нo} = \underline{\quad}$ °С; расчетная температура подающего теплоносителя: $\tau_{1.o} = \underline{\quad}$ °С; расчетная температура обратного теплоносителя: $\tau_{2.o} = \underline{70}$ °С; температура горячей воды: $t_{г} = \underline{55}$ °С; температура холодной воды в зимний период: $t_{х.з.} = \underline{5}$ °С; температура холодной воды в летний период: $t_{х.л.} = \underline{15}$ °С. Система теплоснабжения – _____; топливо – _____; прокладка тепловой сети – _____. Генплан – № _____.

3. Перечень вопросов, подлежащих разработке: 1) расчет тепловых нагрузок; 2) построение годового графика и определение годовых расходов теплоты; 3) выбор котлов и топочного устройства для сжигания топлива; 4) объемы и энтальпии продуктов сгорания и воздуха; 5) определение КПД котлоагрегата; 6) расчет тепловой схемы водогрейной котельной установки; 7) регулирование отпуска теплоты потребителям, график центрального качественного регулирования (ЦКР); 8) Определение расчетных расходов сетевой воды; 9) выбор трассы тепловой сети; 10) гидравлический расчет водяной тепловой сети; 11) тепловой расчет изоляции трубопроводов.

4. Перечень графического материала: Один лист формата А1, на котором показаны: генплан в масштабе 1:1000, монтажная схема тепловых сетей, таблицы: расчетные тепловые потоки; размеры компенсаторов и поперечные разрезы тепловых сетей; один лист формата А3, на котором показана принципиальная тепловая схема котельной.

5. Календарный график выполнения курсового проекта:

Наименование раздела	Объем работы, %	Дата выполнения	Подпись руководителя
Раздел			
Раздел			
Раздел			

Руководитель: _____ / _____ /
(подпись) (ФИО)

Задание принял к исполнению «__» _____ 20__ г. Студент(ка) _____
(подпись)

Приложение Б (справочное)

Климатические параметры среднегодовые и холодного периода года

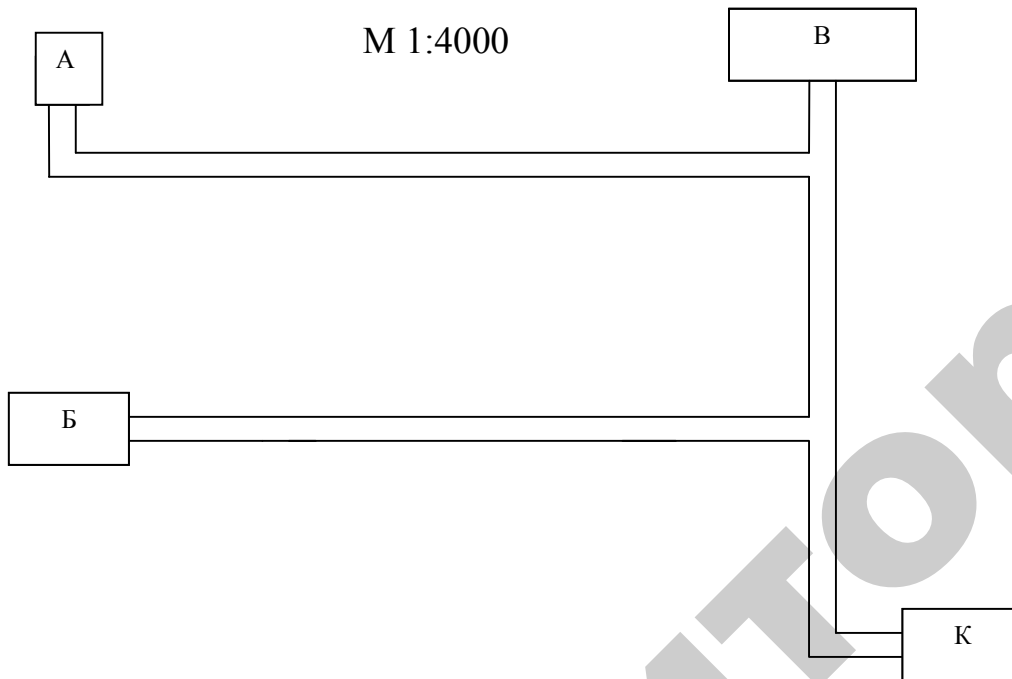
Область, пункт	Температура воздуха, °С			Отопительный период	
	средняя годовая	абсолют- ная ми- нималь- ная	наиболее холод- ной пятидневки обеспеченно- стью 0,92	Продолжи- тельность, сут.	Средняя температу- ра, °С
Витебская область					
Витебск	5,6	-41	-25	202	-1,5
Орша	5,4	-39	-25	205	-1,5
Лепель	5,8	-40	-24	202	-1,1
Полоцк	5,7	-39	-25	203	-1,1
Минская область					
Минск	6,2	-39	-24	198	-0,9
Борисов	6,0	-41	-24	199	-1,0
Столбцы	6,5	-39	-24	195	-0,6
Вилейка	6,1	-37	-24	200	-0,8
Гродненская область					
Гродно	6,7	-36	-22	194	0,1
Лида	6,6	-35	-22	195	-0,3
Ошмяны	5,9	-32	-22	202	-0,7
Новогрудок	6,0	-34	-21	200	-0,7
Волковыск	6,9	-38	-21	192	0,1
Могилевская область					
Могилев	5,7	-37	-24	200	-1,5
Горки	5,2	-40	-26	205	-1,8
Костюковичи	5,7	-38	-24	199	-0,7
Бобруйск	6,2	-37	-23	197	0,0
Брестская область					
Брест	7,8	-36	-21	181	0,6
Пинск	7,2	-35	-21	187	0,0
Барановичи	6,5	-35	-22	194	-0,5
Гомельская область					
Гомель	6,3	-35	-24	188	-1,0
Жлобин	6,6	-38	-24	192	-0,9
Мозырь	6,9	-34	-22	189	-0,7
Брагин	6,8	-35	-22	190	-0,8

Примечание: данные взяты из СНБ 2.04.02 – 2000 «Строительная климатология» (изменение № 1)

Приложение В
(обязательное)

Генеральные планы

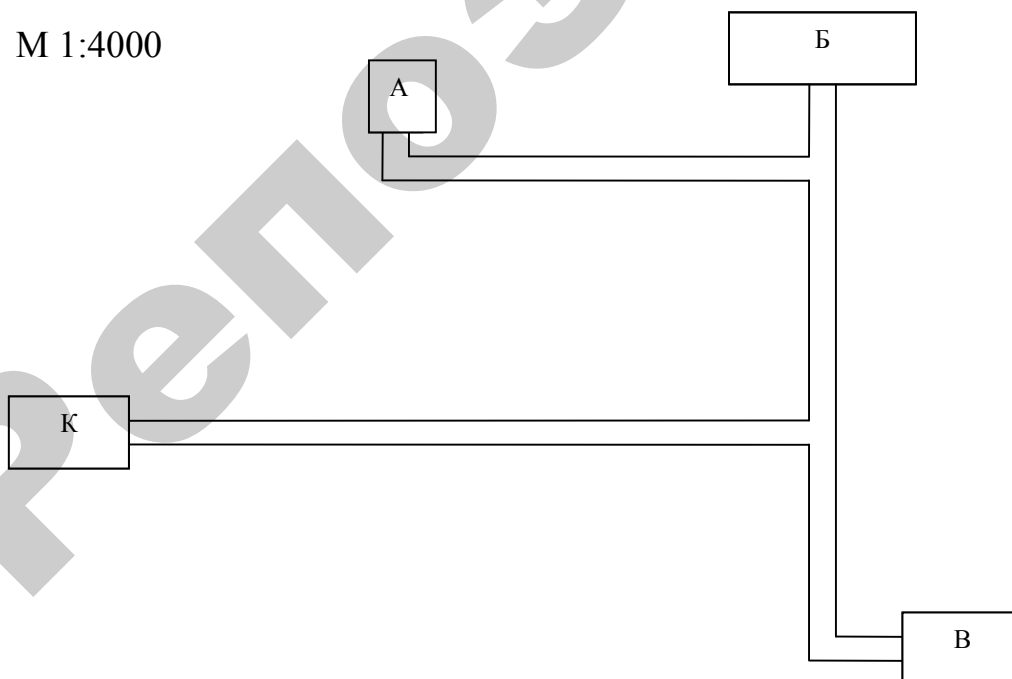
1



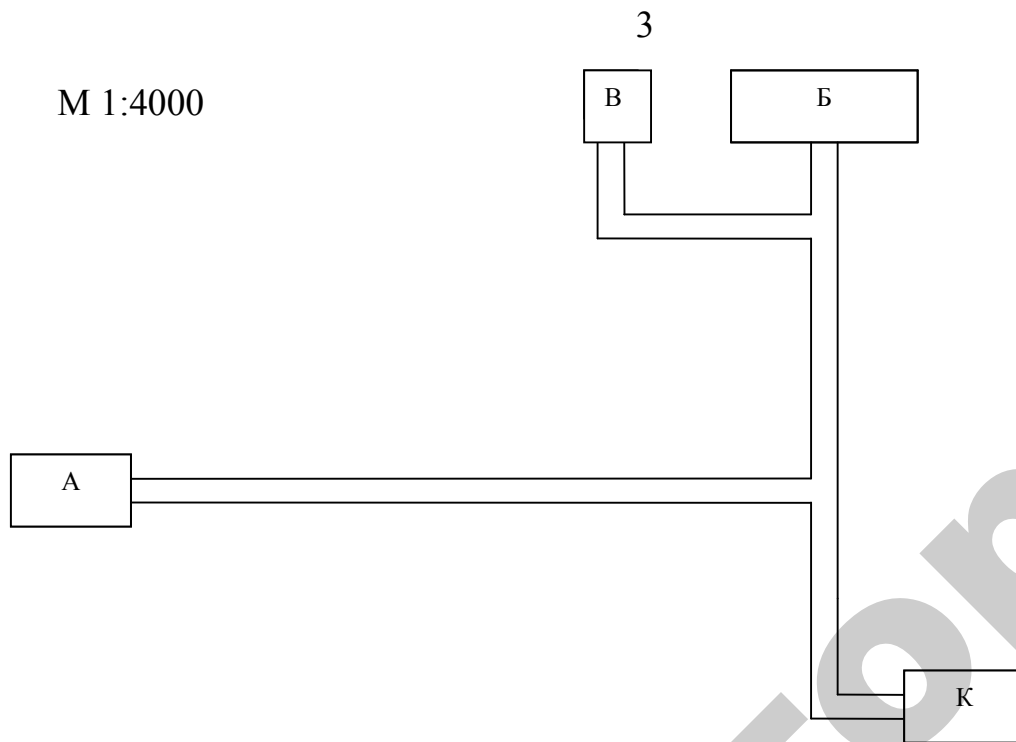
А – жилой поселок; Б – сельскохозяйственный объект;
В – административное здание; К – котельная.

2

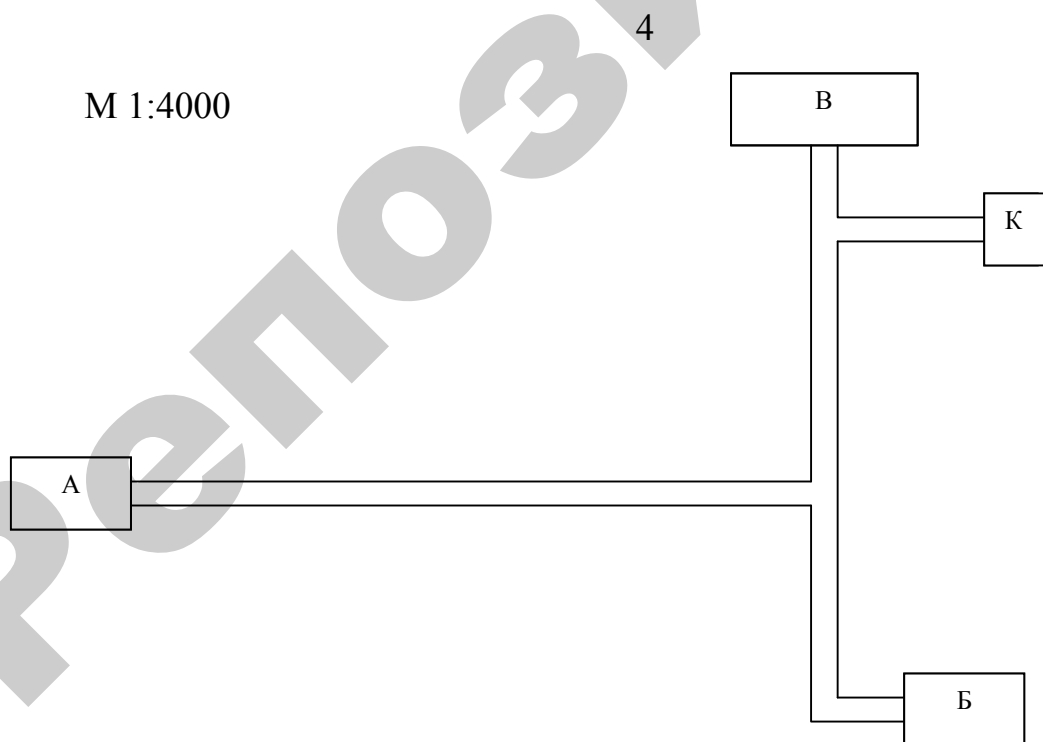
М 1:4000



А – жилой поселок; Б – сельскохозяйственный объект;
В – административное здание; К – котельная.



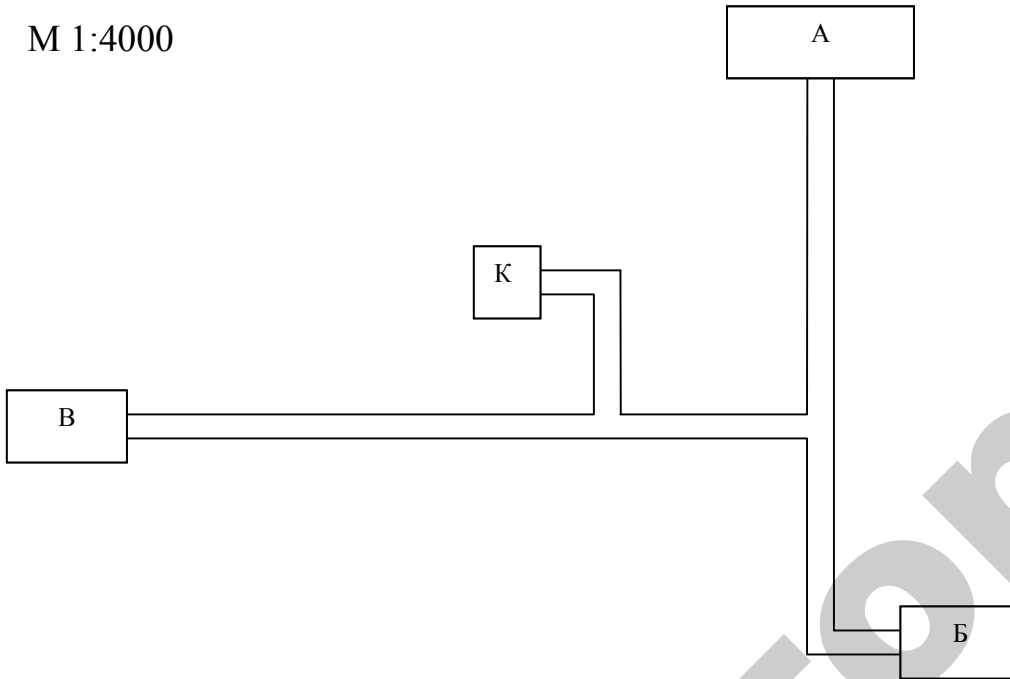
А – жилой поселок; Б – сельскохозяйственный объект;
В – административное здание; К – котельная.



А – жилой поселок; Б – сельскохозяйственный объект;
В – административное здание; К – котельная.

5

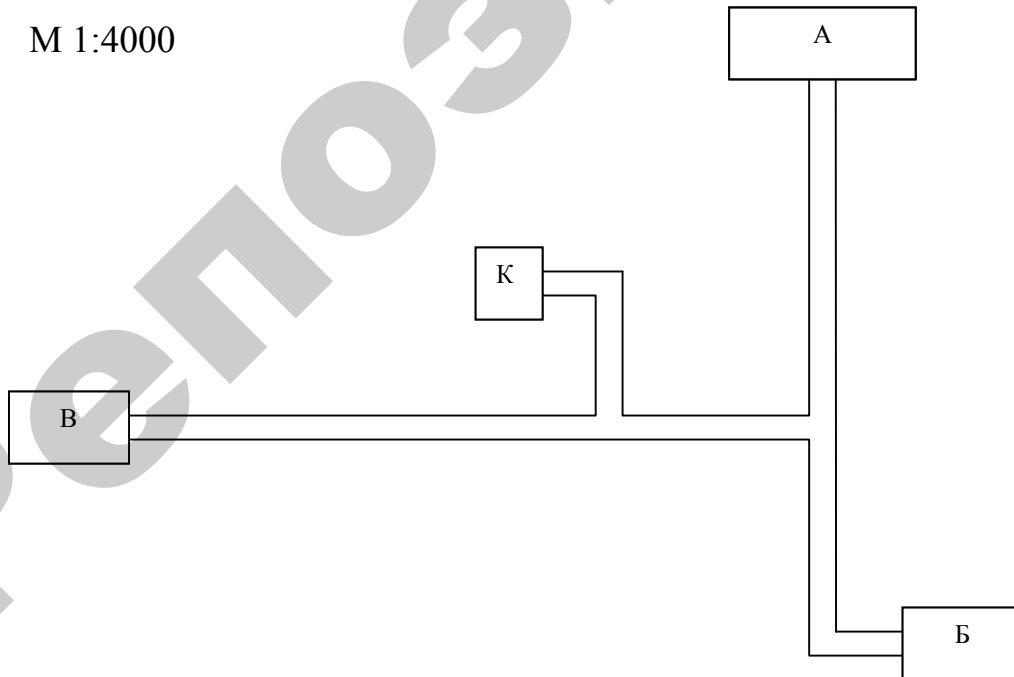
М 1:4000



А – жилой поселок; Б – сельхоз. объект;
В – административное здание; К – котельная.

6

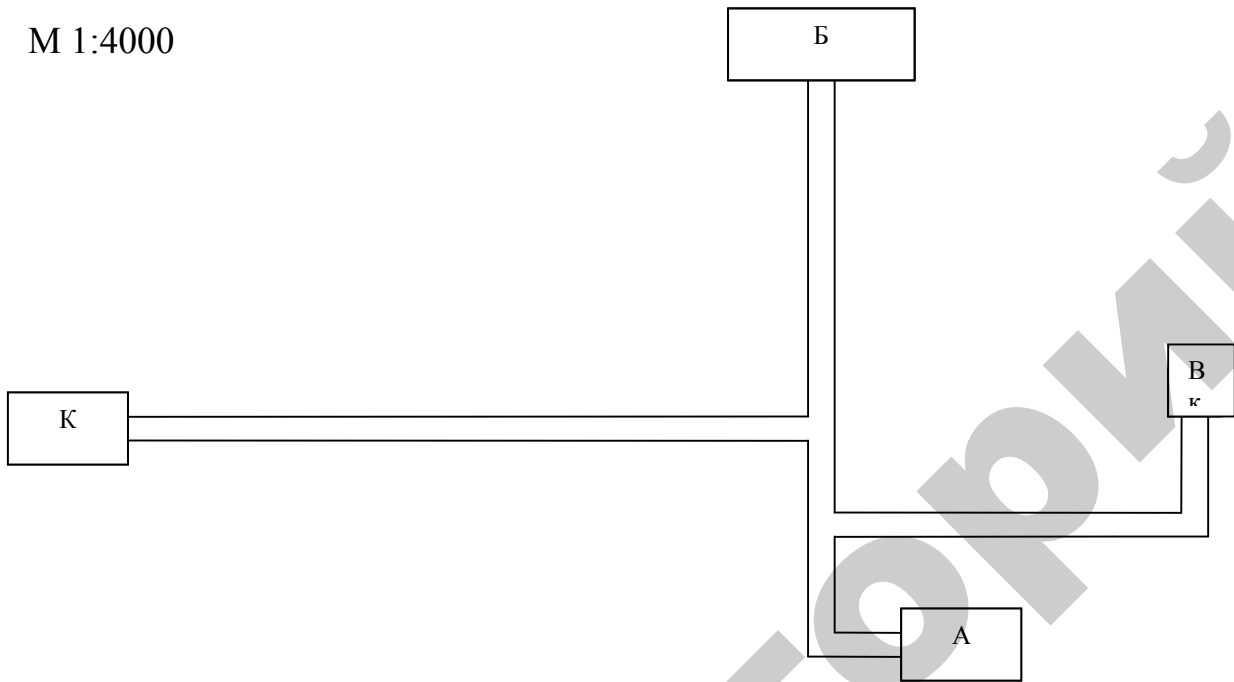
М 1:4000



А – жилой поселок; Б – сельхоз объект;
В – административное здание; К – котельная.

7

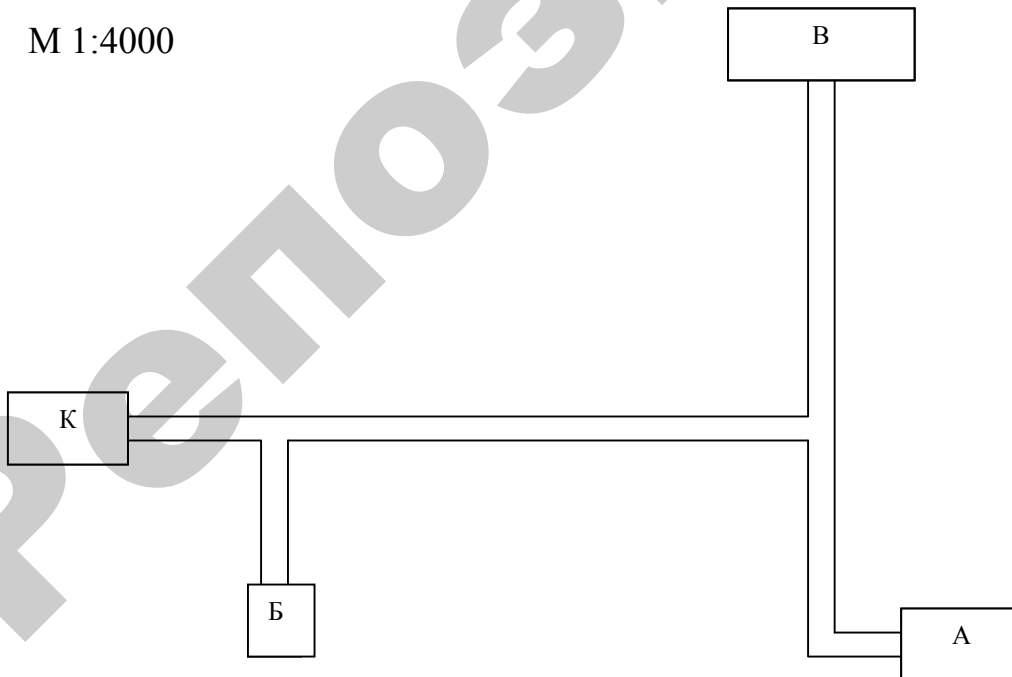
М 1:4000



А – жилой поселок; Б – сельхоз. объект;
В – административное здание; К – котельная.

8

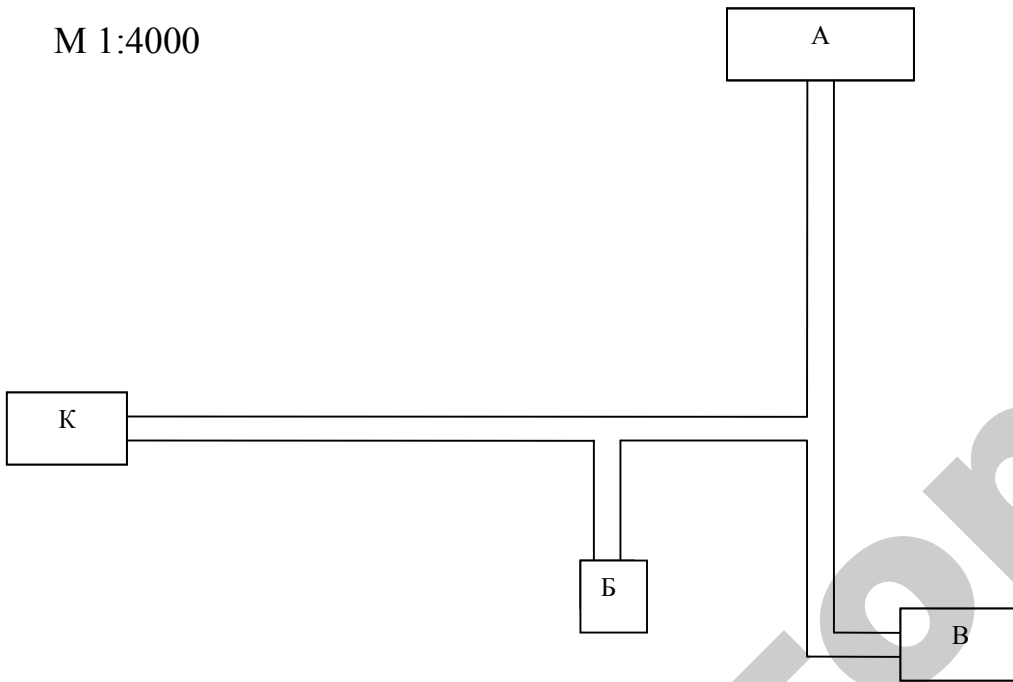
М 1:4000



А – жилой поселок; Б – сельхоз. объект;
В – административное здание; К – котельная.

9

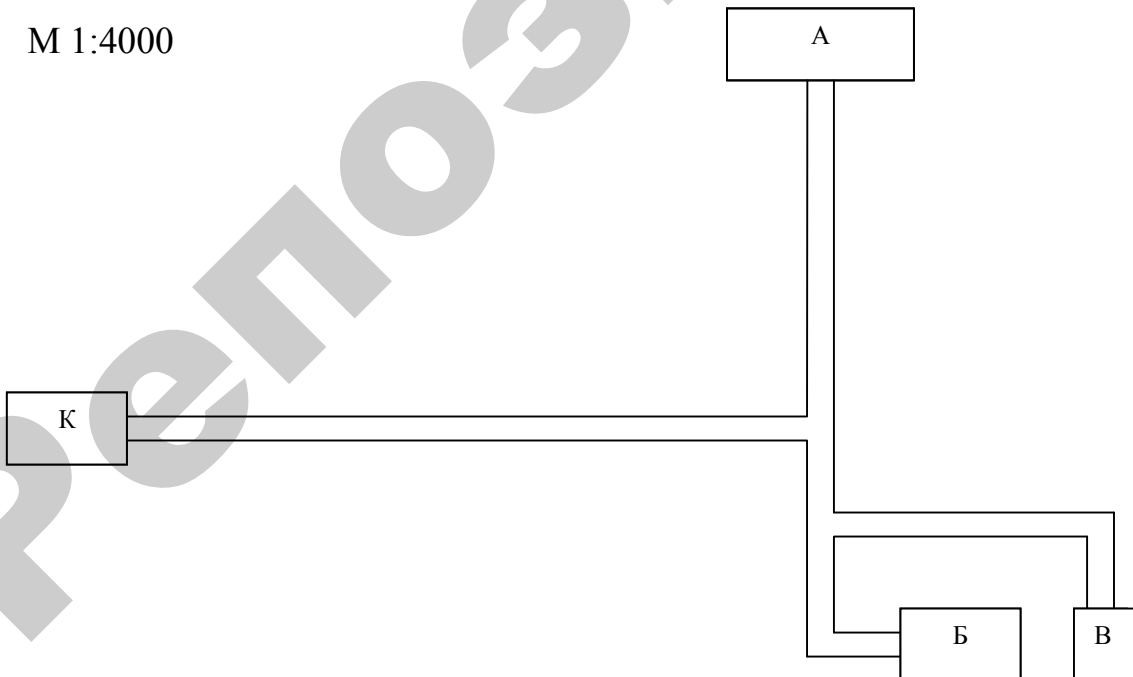
М 1:4000



А – жилой поселок; Б – сельхоз. объект;
 В – административное здание; К – котельная.

0

М 1:4000



А – жилой поселок; Б – сельхоз. объект;
 В – административное здание; К – котельная.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Таблица Г1 – Укрупненные показатели максимального расхода теплоты на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади φ_0 , Вт

Этажность жилой постройки	Характеристика зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_{но}$, °С					
		минус 21	минус 22	минус 23	минус 24	минус 25	минус 26
Для постройки до 1985 г.							
1–2	Без учета внедрения энергосберегающих мероприятий	192	197	202	208	213	218
3–4		113	116	119	123	126	129
5 и более		77	79	81	84	86	88
1–2	С учетом внедрения энергосберегающих мероприятий	181	186	191	196	201	206
3–4		107	110	113	116	119	122
5 и более		73	76	78	80	82	84
Для постройки в период с 1985 г. до 1995 г.							
1–2	—	156	160	164	169	173	177
3–4		86	89	92	94	97	99
5 и более		72	75	77	79	81	83
Для постройки с учетом тепловой модернизации							
1–2	—	100	103	106	109	112	115
3–4		56	57	59	61	63	65
5 и более		52	54	55	57	59	60
Для постройки после 1995 г.							
	С наружными стенами из:						
1–2	штучных материалов	100	103	106	109	112	115
3–4	многослойных панелей	54	56	57	59	61	62
	штучных материалов	56	57	59	61	63	65
5–8	многослойных панелей	48	50	51	53	55	56
	штучных материалов	52	54	55	57	59	60
9 и более	многослойных панелей	47	49	50	52	54	55
	штучных материалов	50	52	53	55	57	58

Таблица Г2 – Укрупненный показатель среднесуточной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение

Вид потребителя	Измеритель потребления	$q_{гв}$, кВт
Душевая в производственных помещениях	1 рабочий	0,44
Жилые дома	1 житель	0,31
Детские сады-ясли	1 ребенок	0,09
Предприятия общественного питания	1 посадочное место	0,02
Стирка спецодежды в прачечной	на 1 кг спецодежды	0,07
Заправка автомобилей	1 заправка	0,06
Ручная мойка грузовых автомобилей	1 автомобиль	0,87
Ручная мойка легковых автомобилей	1 автомобиль	0,06
Механизованная мойка грузовых автомобилей	1 автомобиль	1,16
Механизованная мойка легковых автомобилей	1 автомобиль	0,56

Приложение Д
(справочное)

Средняя продолжительность температуры воздуха различных градаций

Температура воздуха, °С	Средняя продолжительность температуры воздуха различных градаций, ч					
	Витебск	Минск	Гродно	Могилев	Брест	Гомель
От -30 до -28,1 вкл.	3			3		3
“ -28 “ -26,1 “	9		3	6		6
“ -26 “ -24,1 “	14	9	6	13		10
“ -24 “ -22,1 “	23	11	13	26	6	16
“ -22 “ -20,1 “	37	22	18	34	11	30
“ -20 “ -18,1 “	53	39	29	55	20	38
“ -18 “ -16,1 “	75	57	39	78	30	59
“ -16 “ -14,1 “	99	84	56	96	44	81
“ -14 “ -12,1 “	132	105	77	118	58	99
“ -12 “ -10,1 “	173	146	105	171	93	142
“ -10 “ -8,1 “	216	207	149	204	125	188
“ -8 “ -6,1 “	297	272	215	296	187	260
“ -6 “ -4,1 “	363	351	296	351	261	325
“ -4 “ -2,1 “	445	440	412	451	385	413
“ -2 “ -0,1 “	624	637	606	647	571	590
“ 0 “ 1,9 “	881	840	887	877	833	845
“ 2 “ 3,9 “	558	605	690	545	639	557
“ 4 “ 5,9 “	468	496	570	468	575	470
“ 6 “ 7,9 “	471	484	546	484	537	461
“ 8 “ 9,9 “	511	513	575	513	573	491
“ 10 “ 11,9 “	560	583	619	562	614	526
“ 12 “ 13,9 “	600	615	638	588	655	573
“ 14 “ 15,9 “	568	591	595	580	626	602
“ 16 “ 17,9 “	505	515	494	491	553	550
“ 18 “ 19,9 “	386	409	386	384	443	454
“ 20 “ 21,9 “	289	303	281	285	340	360

Приложение Е
(рекомендуемое)

Таблицы для гидравлического расчета трубопроводов
водяных тепловых сетей

Расход воды, G, кг/с	Условный проход трубы d_y , мм			Расход воды, G, кг/с	Условный проход трубы d_y , мм			
	25	32	40		25	32	40	50
0,1	20,8 0,17	7,7 0,11		0,32	234 0,54	82,6 0,37	28,4 0,25	9,2 0,17
0,12	29,8 0,2	10,9 0,14	4,2 0,09	0,34	264 0,57	93,2 0,39	32 0,27	10,3 0,18
0,14	40,3 0,24	14,8 0,16	5,7 0,11	0,36	296 0,61	105 0,42	35,8 0,28	11,6 0,19
0,16	52,4 0,27	19,2 0,19	7,3 0,13	0,38	330 0,65	116 0,44	39,8 0,3	12,8 0,2
0,18	66 0,3	24,2 0,21	9,2 0,15	0,4	366 0,68	129 0,46	44 0,32	14,2 0,21
0,2	91,5 0,33	29,7 0,23	11,3 0,16	0,45	463 0,76	163 0,52	60 0,35	17,9 0,23
0,22	111 0,38	36,8 0,25	13,6 0,18	0,5	572 0,85	202 0,57	74 0,4	22 0,25
0,24	132 0,41	42,6 0,27	16,1 0,19	0,55		244 0,64	90 0,44	26,5 0,28
0,26	155 0,44	49,8 0,3	18,9 0,21	0,6		291 0,69	107 0,47	31,5 0,3
0,28	179 0,47	57,6 0,33	21,8 0,22	0,65		342 0,75	125 0,51	39 0,33
0,3	206 0,51	72,6 0,35	25 0,24	0,7		396 0,8	145 0,55	45,2 0,35

Примечание.

1. В верхней строке для каждого расхода воды указаны линейные потери давления R , Па/м; в нижней – скорость воды, м/с.

2. Данные применяются для трубопроводов водяных тепловых сетей при $K_s = 0,5$ мм и температуре воды 100 °С. Сортамент труб по ГОСТ 10704-76.

Продолжение приложения Е

Расход воды G , кг/с	Условный проход трубы, d_v , мм				Расход воды G , кг/с	Условный проход трубы, d_v , мм			
	40	50	60	80		50	65	80	100
0,75	166 0,6	51,8 0,39	9,5 0,2		1,8	299 0,92	55,3 0,49	22,7 0,35	8,3 0,23
0,8	189 0,64	59 0,41	10,7 0,22		1,9	333 0,97	61,6 0,52	25,3 0,37	9,0 0,25
0,85	214 0,67	66,6 0,44	12,1 0,23		2,0	369 1,02	68,2 0,54	28 0,39	9,8 0,26
0,9	240 0,71	74,7 0,46	13,5 0,24		2,2	446 1,13	82,6 0,6	33,9 0,42	11,8 0,29
0,95	267 0,75	83,2 0,49	15,1 0,26		2,4	531 1,22	98 0,65	40,4 0,46	14,0 0,31
1,0	296 0,79	92,2 0,51	16,7 0,27	7,0 0,19	2,6		115 0,71	47,3 0,5	16,3 0,34
1,1	358 0,87	112 0,56	20,2 0,3	8,5 0,21	2,8		134 0,76	55 0,54	19,1 0,36
1,2	426 0,95	133 0,62	23,9 0,32	10,0 0,23	3,0		154 0,81	63 0,58	22,1 0,39
1,3	500 1,02	156 0,67	28 0,36	11,7 0,25	3,2		175 0,87	72 0,62	25,0 0,42
1,4	580 1,1	181 0,72	33,4 0,38	13,5 0,27	3,4		197 0,92	81 0,66	28,2 0,44
1,5	612 1,19	208 0,76	38,3 0,41	15,5 0,29	3,6		221 0,98	91 0,69	31,7 0,47
1,6		236 0,82	43,7 0,44	17,6 0,31	3,8		246 1,03	101 0,73	35,3 0,5
1,7		266 0,87	49,3 0,46	20 0,33	4,0		273 1,08	112 0,77	39 0,52

Примечание.

1. В верхней строке для каждого расхода воды указаны линейные потери давления R , Па/м; в нижней – скорость воды, м/с.

2. Данные применяются для трубопроводов водяных тепловых сетей при $K_s = 0,5$ мм и температуре воды 100 °С. Сортамент труб по ГОСТ 10704-76.

Продолжение приложения Е

Расход воды G , кг/с	Условный проход трубы, d_v , мм			Расход воды G , кг/с	Условный проход трубы, d_v , мм			
	65	85	100		125	150	200	250
4,5	345 1,82	142 0,87	49,4 0,59	4,0	12,1 0,33	4,9 0,24		
5,0	426 1,36	175 0,96	61 0,65	5,0	18,7 0,42	7,6 0,3		
5,5	515 1,49	212 1,06	73,5 0,72	6,0	27,3 0,5	10,8 0,35		
6,0	614 1,63	252 1,16	88 0,78	7,0	37,1 0,59	14,7 0,41		
6,5	720 1,76	296 1,25	103 0,85	8,0	48,5 0,67	19,2 0,47		
7,0		343 1,35	120 0,91	9,0	61,3 0,75	24,3 0,53		
7,5		394 1,45	138 0,98	10	75,7 0,84	30 0,59	5,6 0,31	
8,0		443 1,54	158 1,04	12	109 1,0	43,2 0,71	7,9 0,37	
8,5		506 1,64	176 1,11	14	148 1,17	58,8 0,83	10,7 0,43	
9,0		587 1,74	198 1,17	16	193 1,34	76,8 0,95	14 0,5	4,2 0,31
10			244 1,3	18	245 1,51	97 1,06	17,8 0,56	5,2 0,35
12			351 1,56	20	305 1,67	120 1,18	21,9 0,62	6,5 0,39
14			478 1,82	22	366 1,84	145 1,3	26,5 0,68	7,8 0,43

Примечание.

1. В верхней строке для каждого расхода воды указаны линейные потери давления R , Па/м; в нижней – скорость воды, м/с.

2. Данные применяются для трубопроводов водяных тепловых сетей при $K_s = 0,5$ мм и температуре воды 100 °С. Сортамент труб по ГОСТ 10704-76.

Расход воды G, кг/с	Условный проход трубы, d _y , мм				Расход воды G, кг/с	Условный проход трубы, d _y , мм		
	150	200	250	300		200	250	300
24	173	31,6	9,3		65	231	68,4	26,5
	1,42	0,74	0,47			2,02	1,27	0,88
26	203	37	11		70	268	79,2	31
	1,54	0,81	0,5			2,17	1,37	0,95
28	235	43	12,7		75	308	91	35,5
	1,65	0,87	0,55			2,33	1,46	1,02
30	270	49,3	14,5	5,7	80	351	104	40,5
	1,77	0,93	0,59	0,41		2,48	1,56	1,09
32	307	56,1	16,5	6,4	90	445	131	51
	1,89	0,99	0,62	0,43		2,79	1,76	1,22
34	347	63,3	18,6	7,3	100	549	162	62,3
	2,0	1,05	0,66	0,46		3,1	1,95	1,36
36	389	71	20,9	8,1	110		196	76
	2,13	1,12	0,7	0,49			2,15	1,49
38	433	79	23,4	9,0	120		232	90
	2,24	1,18	0,74	0,52			2,34	1,63
40	480	87,9	26,0	10,0	130		273	106
	2,36	1,24	0,78	0,54			2,54	1,76
45	609	111	32,7	12,8	140		317	122
	2,66	1,4	0,88	0,61			2,73	1,9
50		137	40,4	15,8	150		364	140
		1,55	0,98	0,68			2,93	2,03
55		166	48,9	19,1	160		414	160
		1,71	1,07	0,75			3,12	2,17
60		197	58,3	22,5	170		468	180
		1,86	1,17	0,81			3,32	2,31

Примечание.

1. В верхней строке для каждого расхода воды указаны линейные потери давления R, Па/м; в нижней – скорость воды, м/с.

2. Данные применяются для трубопроводов водяных тепловых сетей при K₃ = 0,5 мм и температуре воды 100 °С. Сортамент труб по ГОСТ 10704-76.

Продолжение приложения Е

Расход воды G , кг/с	Условный проход трубы, d_y , мм		Расход воды G , кг/с	Условный проход трубы, d_y , мм		
	350	400		300	350	400
50	6,7 0,5		180	202 2,44	90 1,8	48 1,41
60	9,8 0,6	5,4 0,47	190	225 2,58	100 1,9	53 1,49
70	13,6 0,7	7,2 0,55	200	249 2,71	111 2,0	59 1,57
80	17,8 0,8	9,4 0,63	220	301 2,98	134 2,19	71 1,72
90	22,5 0,9	11,9 0,7	240	359 3,26	160 2,39	85 1,88
100	27,8 1,0	14,7 0,78	260	421 3,53	188 2,59	100 2,04
110	33,6 1,1	17,8 0,86	280		218 2,79	115 2,19
120	40,0 1,2	21,2 0,94	300		250 2,99	132 2,35
130	46,9 1,3	24,8 1,02	320		285 3,19	151 2,51
140	54,4 1,4	28,8 1,1	340		321 3,39	170 2,66
150	62,5 1,5	33,0 1,17	360		360 3,59	190 2,82
160	71 1,6	37,6 1,25	380			212 2,98
170	80 1,7	42,5 1,33	400			235 3,13

Примечание.

1. В верхней строке для каждого расхода воды указаны линейные потери давления R , Па/м; в нижней – скорость воды, м/с.

2. Данные применяются для трубопроводов водяных тепловых сетей при $K_s = 0,5$ мм и температуре воды 100 °С. Сортамент труб по ГОСТ 10704-76.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(рекомендуемое)

Пример выполнения курсового проекта

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учреждение образования
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Агроэнергетический факультет

Кафедра энергетики

Курсовой проект

по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения»

Тема: «Проектирование тепловых сетей»

Студент 4 курса 13 эт группы

_____/ Маньковски Т.Т. /
(Подпись) (Фамилия, имя, отчество)

Шифр 1226116

Руководитель:

_____/ Андрейчик А.Е. /
(Подпись) (Фамилия, имя, отчество)

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра энергетики

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____/Коротинский В.А./
(подпись) (ФИО)

«10» 02 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на курсовое проектирование

Студент(ка) _____ Маньковски Тадеуш Тадеушевич _____
(ФИО)

Группа 13 эт Шифр 1226116

Тема: «Проектирование тепловых сетей».

1. Сроки сдачи студентом законченного проекта: «20» мая 2016 г.

2. Исходные данные к проекту: А – жилой поселок на 925 человек; Б – консервный завод $V = 9000 \text{ м}^3$; В – гараж сельскохозяйственной техники $V = 20000 \text{ м}^3$; расчетная температура наружного воздуха: $t_{н.о.} = -23 \text{ }^\circ\text{C}$ для г. Бобруйска; расчетная температура подающего теплоносителя: $\tau_{1.о} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$; расчетная температура обратного теплоносителя: $\tau_{2.о} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; температура горячей воды: $t_r = 55 \text{ }^\circ\text{C}$; температура холодной воды в зимний период: $t_{х.з.} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$; температура холодной воды в летний период: $t_{х.л.} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$; система теплоснабжения – закрытая; топливо – природный газ, Шебелинка; прокладка тепловой сети – бесканальная. Генплан – № 1.

3. Перечень вопросов, подлежащих разработке: 1) расчет тепловых нагрузок; 2) построение годового графика и определение годовых расходов теплоты; 3) выбор котлов и топочного устройства для сжигания топлива; 4) объемы и энтальпии продуктов сгорания и воздуха; 5) определение КПД котлоагрегата; 6) расчет тепловой схемы водогрейной котельной установки; 7) регулирование отпуска теплоты потребителям, график центрального качественного регулирования (ЦКР); 8) определение расчетных расходов сетевой воды; 9) выбор трассы тепловой сети; 10) гидравлический расчет водяных тепловых сетей; 11) тепловой расчет изоляции трубопроводов.

4. Перечень графического материала: один лист формата А1, на котором показаны: генплан в масштабе 1:1000, монтажная схема тепловых сетей, таблицы: расчетные тепловые потоки, размеры компенсаторов и поперечные разрезы тепловых сетей; один лист формата А3, на котором показана принципиальная схема водогрейной котельной с указанием расходов сетевой воды и температуры теплоносителя.

5 Календарный график выполнения курсовой работы:

Наименование раздела	Объем работы, %	Дата выполнения	Подпись руководителя
Раздел 1–3	25	03.03.16	
Раздел 4–6	25	28.03.16	
Раздел 7–9	25	14.04.16	
Раздел 10–11, ГЧ	25	10.05.16	

Руководитель: _____ / Андрейчик А.Е. /
(подпись) (ФИО)

Задание принял к исполнению «15» 02 2016 г. Студент(ка) _____
(подпись)

Реферат

Курсовой проект выполнен в объеме: расчетно-пояснительная записка на 42 листах формата А4, в том числе таблиц – 7, рисунков – 4, использованных источников – 5, графическая часть выполнена на одном листе формата А1 и на одном листе формата А3.

Ключевые слова: тепловая нагрузка, продукты сгорания, котлоагрегат, центральное качественное регулирование, расчетные расходы сетевой воды, тепловая сеть.

В работе выполнены расчеты по определению тепловой мощности поселка на 925 жителей, консервного завода и гаража сельскохозяйственной техники, построен годовой график тепловых нагрузок проектируемых объектов, определен КПД котлоагрегата, осуществлен выбор котлов и их количества, составлена тепловая схема котельной и произведен ее расчет, составлена расчетная схема теплопроводов и определены расчетные расходы сетевой воды, выполнен гидравлический расчет теплопроводов, составлена монтажная схема, осуществлен выбор компенсаторов и неподвижных опор, произведен тепловой расчет изоляционной конструкции, определена эффективность изоляции.

Содержание

Введение.....	6
1. Расчет тепловых нагрузок.....	7
2. Построение годового графика и определение годовых расходов теплоты.....	12
3. Выбор котлов и топочного устройства для сжигания топлива.....	16
4. Объемы и энтальпии продуктов сгорания и воздуха.....	17
5. Определение КПД котлоагрегата.....	20
6. Расчет тепловой схемы водогрейной котельной установки.....	21
7. Регулирование отпуска теплоты потребителям, график центрального качественного регулирования (ЦКР).....	24
8. Определение расчетных расходов сетевой воды.....	27
9. Выбор трассы тепловой сети.....	30
10. Гидравлический расчет водяной тепловой сети.....	31
11. Тепловой расчет изоляции трубопроводов.....	35
Заключение.....	41
Список использованных источников.....	42
Приложения.....	43

					02.58.116.16-ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Пояснительная записка	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разработал</i>	<i>Маньковски</i>							
<i>Руковод.</i>	<i>Андрейчик</i>							
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Зав.каф.</i>						<i>БГАТУ, № 1226116</i>		

Введение

Современное сельское хозяйство относится к крупным потребителям топливно-энергетических ресурсов.

Теплоснабжение входит в систему инженерного оборудования сельских населенных пунктов и производственных объектов.

С развитием теплоснабжения и более полным удовлетворением тепловых потребителей неразрывно связано улучшение социально-бытовых условий в сельской местности, повышение продуктивности в животноводстве и растениеводстве, совершенствование заготовки и использования кормов.

Тепловая энергия расходуется на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых, общественных, сельскохозяйственных и производственных зданий.

Значительная территория, разобщенность коммунально-бытовых и производственных объектов, большая неравномерность теплового потребления – все это вызывает определенные сложности при проектировании тепловых сетей в сельском хозяйстве.

						02.58.116.16 - ПЗ	
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата		6

Таблица 1 – Расчетные тепловые потоки

№ п/п	Наименование потребителя	Расчетные тепловые потоки, кВт			
		Отопле- ние	Вен- тиля- ция	Горячее водо- снаб- жение	Всего
А	Жилой поселок 925 человек	4671,3	560,6	403,8	5635,7
Б	Консервный завод $V = 9000 \text{ м}^3$	177,1	328,4	3,2	508,7
В	Гараж сельскохо- зяйственной техни- ки $V = 20000 \text{ м}^3$	422,4	534,6	54,6	1011,6
	Итого:	$\Sigma \Phi_{\text{ов}} = 6694,4$		461,6	7156,0

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата

02.58.116.16 - ПЗ

$$\Phi_{\text{об+8}} = \Phi_{\text{об}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{г}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{но}}} = (177,1 + 328,4) \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-23)} = 123,3 \text{ кВт};$$

В) гараж сельскохозяйственной техники:

$$\Phi_{\text{об+8}} = \Phi_{\text{об}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{г}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{но}}} = (422,4 + 534,6) \cdot \frac{10 - 8}{10 - (-23)} = 58 \text{ кВт};$$

Определим суммарную нагрузку на отопление и вентиляцию:

$$\Sigma \Phi_{\text{об+8}} = 1276 + 123,3 + 58 = 1457,3 \text{ кВт}.$$

В летнее время нагрузка на отопление и вентиляцию отсутствует, а нагрузка на горячее водоснабжение определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{гв}}^{\text{сп.л.}} = \alpha \cdot \Phi_{\text{гв}}^{\text{сп}} \cdot \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{хл}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{хз}}}, \quad (2.2)$$

где α – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период, для жилых и общественных зданий $\alpha = 0,8$ (страница 25), [1].

$$\Phi_{\text{гв}}^{\text{сп.л.}} = 0,8 \cdot 461,6 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 295,4 \text{ кВт}.$$

По данным расчета строим годовой график расхода теплоты (рисунок 1).

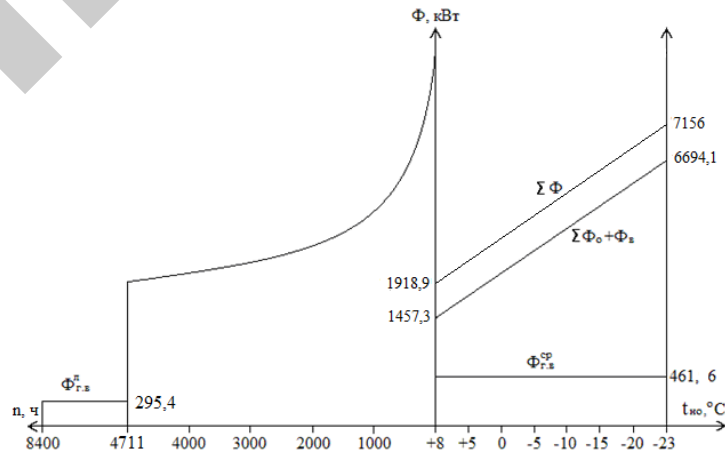


Рисунок 1 – Годовой график расхода теплоты

						02.58.116.16 - ПЗ		
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата			13

Годовой расход теплоты на отопление гаража с.-х. техники:

$$Q_o^r = 3,6 \cdot 422,4 \cdot 24 \cdot 197 \cdot \frac{10 - 0}{10 - (-23)} \cdot 10^{-3} = 2178,7 \text{ ГДж.}$$

Годовой расход теплоты на вентиляцию жилого поселка и консервного завода:

$$Q_B^r = 3,6 \cdot (560,6 + 328,4) \cdot 16 \cdot 197 \cdot \frac{18 - 0}{18 - (-23)} \cdot 10^{-3} = 6534 \text{ ГДж.}$$

Годовой расход теплоты на вентиляцию гаража с.-х. техники:

$$Q_B^r = 3,6 \cdot 534,6 \cdot 16 \cdot 197 \cdot \frac{10 - 0}{10 - (-23)} \cdot 10^{-3} = 1838,2 \text{ ГДж.}$$

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение объектов:

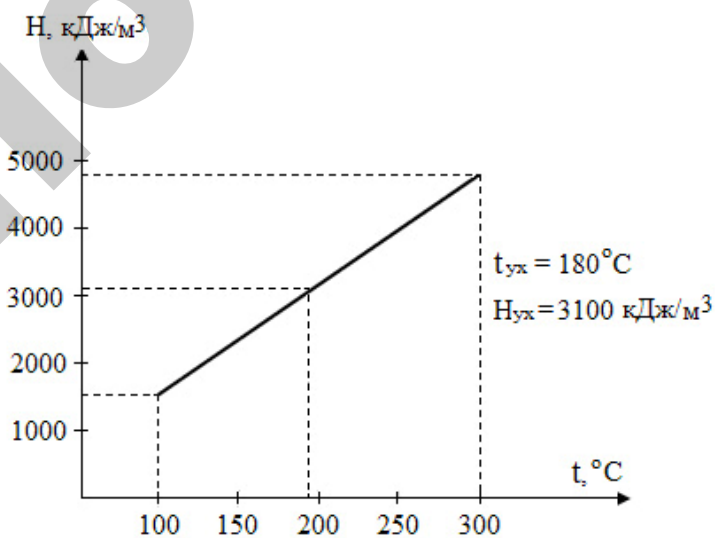
$$Q_{ГВ}^r = 3,6 \cdot [461,6 \cdot 24 \cdot 197 + 295,4 \cdot 24(350 - 197)] \cdot 10^{-3} = 11761,6 \text{ ГДж.}$$

							02.58.116.16 - ПЗ	
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата			15

Таблица 3 – Энтальпии продуктов сгорания газообразного топлива

$t, ^\circ\text{C}$ при $\alpha = 1,0$	300	100
$V_{RO_2}, \text{м}^3/\text{м}^3$	1,07	
$H_{RO_2}, \text{кДж}/\text{м}^3$	597,92	181,9
$h_{CO_2}, \text{кДж}/\text{м}^3$	558,8	170,0
$V_{N_2}^o, \text{м}^3/\text{м}^3$	7,90	
$H_{N_2}, \text{кДж}/\text{м}^3$	3096,8	1023,84
$h_{N_2}, \text{кДж}/\text{м}^3$	392,0	129,6
$V_{H_2O}^o, \text{м}^3/\text{м}^3$	2,22	
$H_{H_2O}, \text{кДж}/\text{м}^3$	1027,19	334,11
$h_{H_2O}, \text{кДж}/\text{м}^3$	462,7	150,5
$V^o, \text{м}^3/\text{м}^3$	9,98	
$h_b, \text{кДж}/\text{м}^3$	402,6	132,4
$H_b = (\alpha - 1) \cdot h_b \cdot V^o, \text{кДж}/\text{м}^3$	1084,8	356,8
$H_r, \text{кДж}/\text{м}^3$	5806,8	1896,6

По данным таблицы 3 в масштабе строим $H-t$ диаграмму (рисунок 2).

Рисунок 2 – $H-t$ диаграмма

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата
------	-------	------	-------	---------	------

$$G_{\text{впу}} = 3,3 + 3,5 + 1,4 = 8,2 \text{ т/ч.}$$

6. Температура воды в точке присоединения подпиточного трубопровода к обратному:

$$t' = \frac{G_{\text{подп}} + G_{\text{д}}}{G_{\text{с}}} \cdot (t_{\text{д}} - \tau_{2,0}) + \tau_{2,0} = \frac{3,4 + 1,4}{167,4} \cdot (80 - 70) + 70 = 70,3 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

7. Температура воды в точке присоединения трубопроводов от подогревателей воды к обратной магистрали, $^{\circ}\text{C}$:

$$t'' = \frac{(G_{\text{с}} + G_{\text{д}}) \cdot t' + (G_{\text{впу}} - G_{\text{д}}) \cdot \tau_{2,0}}{G_{\text{с}} + G_{\text{впу}}} = \frac{(167,4 + 1,4) \cdot 70,3 + (8,2 - 1,4) \cdot 70}{167,4 + 8,2} = 70,3 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата	02.58.116.16 - ПЗ		
						23		

ратуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах.

$$1. t_H = -23 \text{ }^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{18 - (-23)}{18 - (-23)} = 1,$$

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot 1^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 1 = 110 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot 1^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$2. t_H = -20 \text{ }^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}} = \frac{18 - (-20)}{18 - (-23)} = 0,93,$$

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,93^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,93 = 104,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,93^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,93 = 67,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$3. t_H = -15 \text{ }^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}} = \frac{18 - (-15)}{18 - (-23)} = 0,8,$$

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,8^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,8 = 94,4 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,8^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,8 = 62,2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$4. t_H = -10 \text{ }^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}} = \frac{18 - (-10)}{18 - (-23)} = 0,68,$$

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,68^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,68 = 84,3 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,68^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,68 = 57,0 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$5. t_H = -5 \text{ }^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}} = \frac{18 - (-5)}{18 - (-23)} = 0,56,$$

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,56^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,56 = 74,0 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,56^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,56 = 51,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$6. t_H = 0 \text{ }^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}} = \frac{18 - (0)}{18 - (-23)} = 0,44,$$

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,44^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,44 = 63,5 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,44^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,44 = 45,9 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$7. t_H = +5 \text{ }^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}} = \frac{18 - (+5)}{18 - (-23)} = 0,32,$$

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,32^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,32 = 52,5 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot 0,32^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,32 = 39,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата	02.58.116.16 - ПЗ			
						25			

$$8. t_H = +8 \text{ } ^\circ\text{C}: \bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}} = \frac{18 - (+8)}{18 - (-23)} = 0,24,$$

$$\tau'_{1,0} = 18 + 64,5 \cdot 0,24^{0,8} + (40 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,24 = 45,2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\tau'_{2,0} = 18 + 64,5 \cdot 0,24^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,24 = 35,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Все расчеты сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах в зависимости от t_H

$t_H, \text{ } ^\circ\text{C}$	-23	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
$\tau_{1,0}, \text{ } ^\circ\text{C}$	110	104,2	94,4	84,3	74,0	63,5	52,5	45,2
$\tau_{2,0}, \text{ } ^\circ\text{C}$	70	67,1	62,2	57,0	51,6	45,9	39,8	35,5
\bar{Q}_0	1,00	0,93	0,80	0,68	0,56	0,44	0,32	0,24

По данным таблицы 4 строим график центрального качественного регулирования отпуска теплоты потребителям для закрытой системы теплоснабжения.

Ввиду того, что система теплоснабжения закрытая, излом графика производим при температуре $70 \text{ } ^\circ\text{C}$.

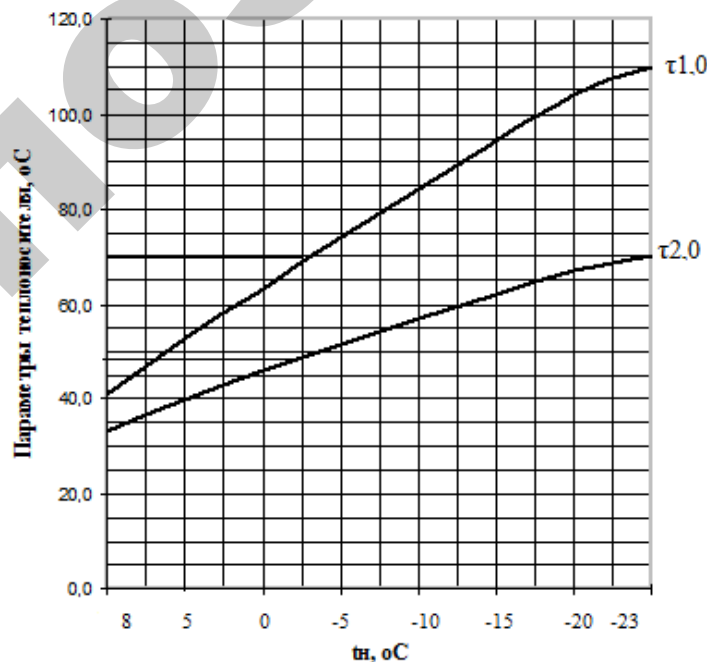


Рисунок 3 – Температурный график ЦКР отопительной нагрузки

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата

$\tau'_{2,0}$ – температура воды на выходе из водоподогревателя, °С (при отсутствии проектных данных принимают равной 30 °С).

а) жилой поселок:

$$G_{гв}^{ср} = \frac{403,8}{4,187 \cdot (70 - 30)} = 2,4 \text{ кг/с};$$

б) консервный завод:

$$G_{гв}^{ср} = \frac{3,2}{4,187 \cdot (70 - 30)} = 0,02 \text{ кг/с};$$

в) гараж сельскохозяйственной техники:

$$G_{гв}^{ср} = \frac{54,6}{4,187 \cdot (70 - 30)} = 0,3 \text{ кг/с}.$$

Суммарный расход сетевой воды, кг/с, определяется (страница 130 [3]):

$$G = G_{об} + G_{гв}^M. \quad (8.3)$$

Для определения максимального расхода сетевой воды необходимо учитывать коэффициент часовой неравномерности, который принимают в зависимости от назначения системы горячего водоснабжения:

$$G_{гв}^M = \beta \cdot G_{гв}^{ср}, \quad (8.4)$$

где $\beta = 2,4$ – часовой коэффициент неравномерности для всех проектируемых объектов.

Максимальный часовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение:

а) жилой поселок:

$$G_{гв}^M = 2,4 \cdot 2,4 = 5,8 \text{ кг/с}.$$

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата	02.58.116.16 - ПЗ				28

б) консервный завод:

$$G_{ГВ}^M = 2,4 \cdot 0,02 = 0,05 \text{ кг/с.}$$

в) гараж сельскохозяйственной техники:

$$G_{ГВ}^M = 2,4 \cdot 0,3 = 0,7 \text{ кг/с.}$$

Суммарный расход сетевой воды:

а) жилой поселок:

$$G = G_{об} + G_{ГВ}^M = 31,2 + 5,8 = 37,0 \text{ кг/с.}$$

б) консервный завод:

$$G = G_{об} + G_{ГВ}^M = 3,0 + 0,05 = 3,1 \text{ кг/с.}$$

в) гараж сельскохозяйственной техники:

$$G = G_{об} + G_{ГВ}^M = 5,7 + 0,7 = 6,4 \text{ кг/с.}$$

$$G_{общ} = 37,0 + 3,1 + 6,4 = 46,5 \text{ кг/с.}$$

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата

10 Гидравлический расчет водяной тепловой сети

В задачу гидравлического расчета входит определение диаметров трубопроводов, потерь давления на участках и по всей сети, а также давлений в различных точках тепловой сети.

Гидравлический расчет выполняем по схеме трубопроводов, которую составляем согласно выбранной трассе тепловой сети в одну линию с выделением отдельных участков. Границами участков являются узлы трубопровода, каждый участок характеризуется постоянным расходом теплоносителя.

В качестве главной расчетной магистрали принимаем наиболее нагруженную и протяженную, соединяющую источник теплоснабжения с наиболее удаленным потребителем (жилым поселком).

Для каждого расчетного участка выносим горизонтальную линию, где проставляем расход теплоносителя G , кг/с, и длину участка l , м. В кружке у горизонтальной линии указываем номер участка. Расчетная схема водяных тепловых сетей представлена на рисунке 4.

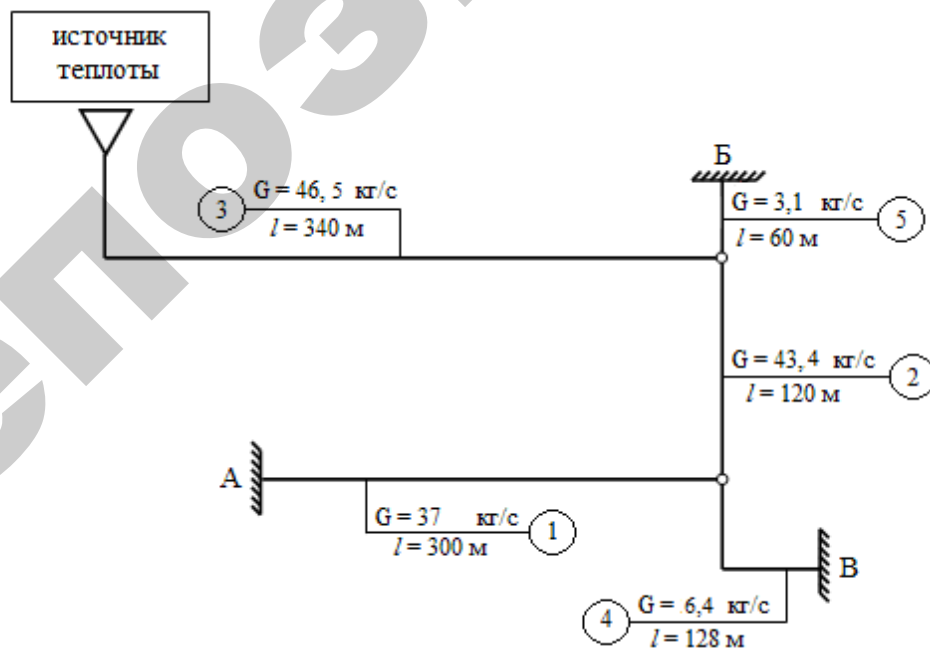


Рисунок 4 – Расчетная схема водяных тепловых сетей

						02.58.116.16 - ПЗ	
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата		31

Нумерацию участков производим, начиная от наиболее удаленного участка главной магистрали. Затем нумеруем ответвления.

После составления расчетной схемы принимаем удельную потерю по длине. Рекомендуют как оптимальные (на основании технико-экономических расчетов) следующие значения:

- для расчетной главной магистрали водяных тепловых сетей – 30...80 Па/м;
- для ответвлений водяных тепловых сетей – по располагаемому давлению, но не более 300 Па/м.

Исходя из удельной (линейной) потери давления и расходов теплоносителя, находим диаметры трубопроводов, действительные удельные потери давления и скорость теплоносителя на отдельных участках трубопроводов. При этом используем данные приложения Е [5]. При нахождении диаметров следим, чтобы скорость теплоносителя не превышала максимально допустимое значение (для горячей воды – 3,5 м/с).

Виды местных сопротивлений указываем в примечании к таблице гидравлического расчета. Проставляем суммарное значение коэффициентов местных сопротивлений на участке в соответствующей графе. Значения коэффициентов принимаем из [3] (стр. 134).

Падение давления в местных сопротивлениях находим, используя коэффициенты местных сопротивлений и их эквивалентную длину.

При расчете эквивалентных длин l_3 , м, пользуемся зависимостью:

$$l_3 = \sum_1^n \xi_i \cdot l'_i, \quad (9.1)$$

где $\sum_1^n \xi_i$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

l'_i – эквивалентная длина местного сопротивления, равного единице (выбирается, исходя из подобранных диаметров по таблице 6 [5]), м.

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата	02.58.116.16 - ПЗ				32

Приведенная длина определяется из выражения:

$$l_{\text{пр}} = l + l_3, \quad (9.2)$$

где l – длина участка, м.

Потери давления на участке, кПа:

$$\Delta P = R \cdot l_{\text{пр}} \cdot 10^{-3}, \quad (9.3)$$

где R – удельная линейная потеря по длине, Па/м.

Ответвления рассчитываем по располагаемому перепаду давления в точке их присоединения к расчетной магистрали.

Результаты гидравлического расчета записываем в таблицу 5.

Таблица 5 – Гидравлический расчет тепловых сетей

№	Расход воды, G , кг/с	Длина l , м	d_y , мм	v , м/с	R , Па/ м	Местные сопротивления			$l_{\text{пр}}$, м	ΔP , кПа	$\Sigma \Delta P$ кПа	Примечание
						$\Sigma \xi$	l'_3 , м	l_3 , м				
1	37,0	300,0	200	1,18	79,0	8,9	8,4	74,8	374,8	29,6	29,6	3
2	43,4	120,0	250	0,88	32,7	4,3	11,3	48,6	168,6	5,5	35,1	
3	46,5	340,0	250	0,98	40,4	7,4	11,3	83,6	423,6	17,1	52,2	2
Располагаемый напор $\Delta P_4 = \Delta P_1 = 29,6$ кПа												
4	6,4	128,0	100	0,78	88	5,3	3,34	17,7	145,7	12,8	12,8	
Располагаемый напор $\Delta P_5 = \Sigma \Delta P_2 = 35,1$ кПа												
5	3,1	60,0	80	0,62	72	4,3	2,58	11,1	71,1	5,1	5,1	

Если неувязка между потерями и располагаемыми перепадами давления превышает 10 %, то на этих ответвлениях осуществляется увязка давления с помощью диафрагм.

На ответвлении 4:

						02.58.116.16 - ПЗ			
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата				
								33	

$$\Delta P = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_4}{\Delta P_1} \cdot 100 = \frac{29,6 - 12,8}{29,6} \cdot 100 = 57\%.$$

Диаметр диафрагмы, мм, определяется из выражения:

$$d_4 = 33,6 \sqrt[4]{G_4^2 / (\Delta P_1 - \Delta P_4)}, \quad (9.4)$$

где G_4 – расчетный расход воды на участке 4, кг/с;

ΔP_1 – располагаемый перепад давления в точке присоединения ответвления участка 4 к расчетной магистрали, кПа;

ΔP_4 – перепад давления на диафрагме, кПа.

$$d_4 = 33,6 \sqrt[4]{6,4^2 / (29,6 - 12,8)} = 42 \text{ мм.}$$

На ответвлении 5:

$$\Delta P = \frac{\Sigma \Delta P_2 - \Delta P_5}{\Sigma \Delta P_2} \cdot 100 = \frac{35,1 - 5,1}{35,1} \cdot 100 = 85\%.$$

$$d_4 = 33,6 \sqrt[4]{3,1^2 / (35,1 - 5,1)} = 25 \text{ мм.}$$

Определив с помощью гидравлического расчета диаметры трубопроводов, разрабатываем монтажную схему и уточняем расстановку неподвижных опор, компенсаторов и местных сопротивлений.

								02.58.116.16 - ПЗ	
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата				34

11 Тепловой расчет изоляции трубопроводов

При тепловом расчете требуется выбрать толщину основного слоя изоляции, рассчитать потери теплоты трубопроводами и падение температуры теплоносителя в трубопроводах от котельной до объекта теплоснабжения.

При определении тепловых потерь трубопроводами расчетная температура теплоносителя принимается для *подающих* трубопроводов водяных тепловых сетей [4] при переменной температуре сетевой воды и качественном регулировании – среднегодовая температура теплоносителя: 60 °С – при температурном графике регулирования 110 °С – 70 °С.

Среднегодовая температура для *обратных* трубопроводов водяных тепловых сетей принимается равной 50 °С.

Так как глубина заложения верха трубопровода принята более 0,7 м от поверхности земли, то за расчетную температуру окружающей среды принимается средняя за год температура грунта на этой глубине (7,5 °С).

Толщина основного слоя изоляционной конструкции выбирается по нормам потерь теплоты (раздел 6.4 [3]).

Так как в проекте используются ПИ-трубы, у которых толщина изоляции известна, рассчитываем эффективность теплоизоляции.

Технические данные ПИ-труб (их диаметры определены гидравлическим расчетом) представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические данные ПИ-труб

Типоразмер ПИ-труб	Параметры стальной трубы		Параметры полиэтиленовой трубы-оболочки		Вес 1 мп, кг
	Наружный диаметр $d_{тр}$, мм	Минимальная толщина стенки $\delta_{ст}$, мм	Наружный диаметр d_n , мм	Толщина стенки $\delta_{об}$, мм	
89/160	89	4,0	160	3,0	10,1
108/200	108	4,0	200	3,2	14,3
219/315	219	6,0	315	4,9	39,9
273/400	273	7,0	400	6,3	59,7

02.58.116.16 - ПЗ

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}} \ln \left(2 \frac{h_o}{d_n} + \sqrt{4 \left(\frac{h_o}{d_n} \right)^2 - 1} \right), \quad (11.3)$$

где $\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·К) (принимают $\lambda_{гр} = 1,75$ Вт/(м·К));
 h_o – глубина заложения оси теплопровода, принимаем 1 м.

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1,75} \ln \left(2 \frac{1}{0,2} + \sqrt{4 \left(\frac{1}{0,2} \right)^2 - 1} \right) = 0,272 \text{ м·К/Вт.}$$

Особенности расчета двухтрубной бесканальной прокладки обусловлены взаимным влиянием температурных полей, образующихся вокруг каждого теплопровода. В расчет полных термических сопротивлений теплопроводов вводится условное термическое сопротивление, м·К/Вт:

$$R_{усл} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h_o}{b_o} \right)^2}, \quad (11.4)$$

где b_o – расстояние по горизонтали между осями теплопроводов, м.

$$R_{усл} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1,75} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1}{0,34} \right)^2} = 0,163 \text{ м·К/Вт.}$$

Суммарное термическое сопротивление, м·К/Вт, для каждого теплопровода при этом:

$$R = R_{из} + R_{об} + R_{гр} + \psi \cdot R_{усл}, \quad (11.5)$$

где ψ – коэффициент, определяющий дополнительное термическое сопротивление

$$\psi_1 = \frac{(\tau_{ср2} - t_{гр}) \cdot (R_{из} + R_{об} + R_{гр}) - (\tau_{ср1} - t_{гр}) \cdot R_{усл}}{(\tau_{ср1} - t_{гр}) \cdot (R_{из} + R_{об} + R_{гр}) - (\tau_{ср2} - t_{гр}) \cdot R_{усл}}, \quad (11.6)$$

где $t_{гр}$ – температура грунта, °С, принимается равной $t_{гр} = 7,5$ °С;

							02.58.116.16 - ПЗ	
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата			37

$$\text{т. е. } R_{\text{ни1}} = R_{\text{гр}} + \psi_1 \cdot R_{\text{усл}} = 0,272 + 0,8 \cdot 0,163 = 0,4 \text{ м}\cdot\text{К/Вт};$$

$$R_{\text{ни2}} = R_{\text{гр}} + \psi_2 \cdot R_{\text{усл}} = 0,272 + 1,25 \cdot 0,163 = 0,48 \text{ м}\cdot\text{К/Вт}.$$

Линейная плотность теплового потока неизолированных теплопроводов, Вт/м:

$$q_{1\text{ни}} = \frac{\tau_{\text{ср1}} - t_{\text{г}}^{\text{ср}}}{R_{\text{ни1}}}; \quad (11.10)$$

$$q_{2\text{ни}} = \frac{\tau_{\text{ср2}} - t_{\text{г}}^{\text{ср}}}{R_{\text{ни2}}}. \quad (11.11)$$

$$q_{1\text{ни}} = \frac{60 - 7,5}{0,4} = 131,3 \text{ Вт/м};$$

$$q_{2\text{ни}} = \frac{50 - 7,5}{0,48} = 88,5 \text{ Вт/м}.$$

Эффективность тепловой изоляции, %:

$$\eta_1 = \frac{q_{1\text{ни}} - q_1}{q_{1\text{ни}}} \cdot 100; \quad (11.12)$$

$$\eta_2 = \frac{q_{2\text{ни}} - q_2}{q_{2\text{ни}}} \cdot 100. \quad 11.13)$$

$$\eta_1 = \frac{131,3 - 13,6}{131,3} \cdot 100 = 89,6\%;$$

$$\eta_2 = \frac{88,5 - 10,9}{88,5} \cdot 100 = 87,7\%.$$

						02.58.116.16 - ПЗ		
Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата			39

Для остальных диаметров расчеты проводятся аналогично, и их результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет тепловой изоляции

$d_y, \text{мм}$	Термическое сопротивление, м·К/Вт						Линейная плотность теп- ловых потоков, Вт/м				$\eta_1 / \eta_2,$ %
	$R_{\text{из}}$	$R_{\text{об}}$	$R_{\text{гр}}$	$R_{\text{усл}}$	R_1	R_2	q_1	q_2	$q_{1\text{ни}}$	$q_{2\text{ни}}$	
80	3,2	0,020	0,293	0,174	3,68	3,77	14,2	11,3	122,0	83,0	88,3/86,4
100	3,4	0,017	0,272	0,163	3,86	3,89	13,6	10,9	131,3	88,5	89,6/87,7
200	2,0	0,017	0,231	0,137	2,31	2,38	22,7	17,9	155,1	105,0	85,4/83,0
250	2,1	0,017	0,209	0,122	2,39	2,44	22,0	17,4	172,0	117,0	87,2/85,1

Для долговечности систем теплоснабжения и экономии теплоты и электроэнергии большое значение имеет предупреждение внутренней коррозии трубопроводов. Подпитку тепловых сетей следует осуществлять химически очищенной и деаэрированной водой.

Заключение

В курсовом проекте подобраны котлы и запроектированы тепловые сети для обеспечения тепловой энергией жилого поселка на 925 человек, консервного завода и гаража сельскохозяйственной техники, расположенных в г. Бобруйске.

В проекте рассчитаны тепловые нагрузки вышеперечисленных потребителей, определены годовые расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение и построен их годовой график.

Проведены расчеты по регулированию отпуска теплоты потребителям согласно заданным параметрам теплоносителя. Построен график центрального качественного регулирования для закрытой системы теплоснабжения.

Проведена работа по выбору наиболее подходящего с экономической точки зрения топочного устройства для газообразного топлива. Проведены расчеты по определению коэффициента полезного действия котлоагрегата.

Определены расходы сетевой воды для каждого потребителя и осуществлен выбор трассы в соответствии с генпланом местности. Произведен гидравлический расчет водяных сетей и расчет эффективности тепловой изоляции предварительно изолированных трубопроводов.

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата	02.58.116.16 - ПЗ				41

Список использованных источников

1. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / В. В. Гурин, Е. С. Якубовская, И. П. Матвеев [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.

2. Строительная климатология (Изменение № 1 СНБ 2.04.02–2000). Строительные нормы Республики Беларусь.– Введ. 2007–07–01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 33 с.

3. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л. С. Герасимович, А. Г. Цубанов и др. – Минск : Ураджай, 1993. – 368 с.

4. ТКП 45-4.02-182-2009 Тепловые сети. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2010–07–01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 51 с.

5. Гаркуша, К. Э. Источники и системы теплоснабжения. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (теплоэнергетика)» / К. Э. Гаркуша, А. Е. Андрейчик, В. Ф. Клинова. – Минск : БГАТУ, 2017. – 112 с.

Изм.	Колич	Лист	№ док	Подпись	Дата	02.58.116.16 - ПЗ			
						42			

РЕПОЗИТОРИЙ

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А (формат А1)

Расчетные тепловые потоки

Позиция	Наименование объекта	Расчетный тепловой поток, кВт			Всего
		Отопление	Вентиляция	Горячее водоснабжение	
A	Жилой поселок на 925 человек	4671,3	560,6	403,8	5635,7
B	Консервный завод V=9000 м ³	177,1	328,4	3,2	508,7
B	Гараж сельскохозяйственной техники V=20000 м ³	422,4	534,6	54,6	1011,6
ИТОГО		$\sum \Phi_{ог} = 6694,4$			7156,0

Размеры компенсаторов, мм

Эскиз	Обозначение компенсатора	Размеры, мм			Компенсирующая способность	Кол.
		∅	Н	А		
	K1, K4	200	2400	4600	850	160
	K5, K6	250	3000	5500	1000	200
	K7	80	900	1900	330	75

Условные графические обозначения

- УТ - Углы трубопровода
- УП - Углы поворота
- Н - Направляющая опора
- ⊙ - Компенсатор



Монтажная схема

Проектирование тепловых сетей			
Имя	Комп.	Лист	Дата
Разраб.	Малаховский		
Руковод.	Андрейчик		

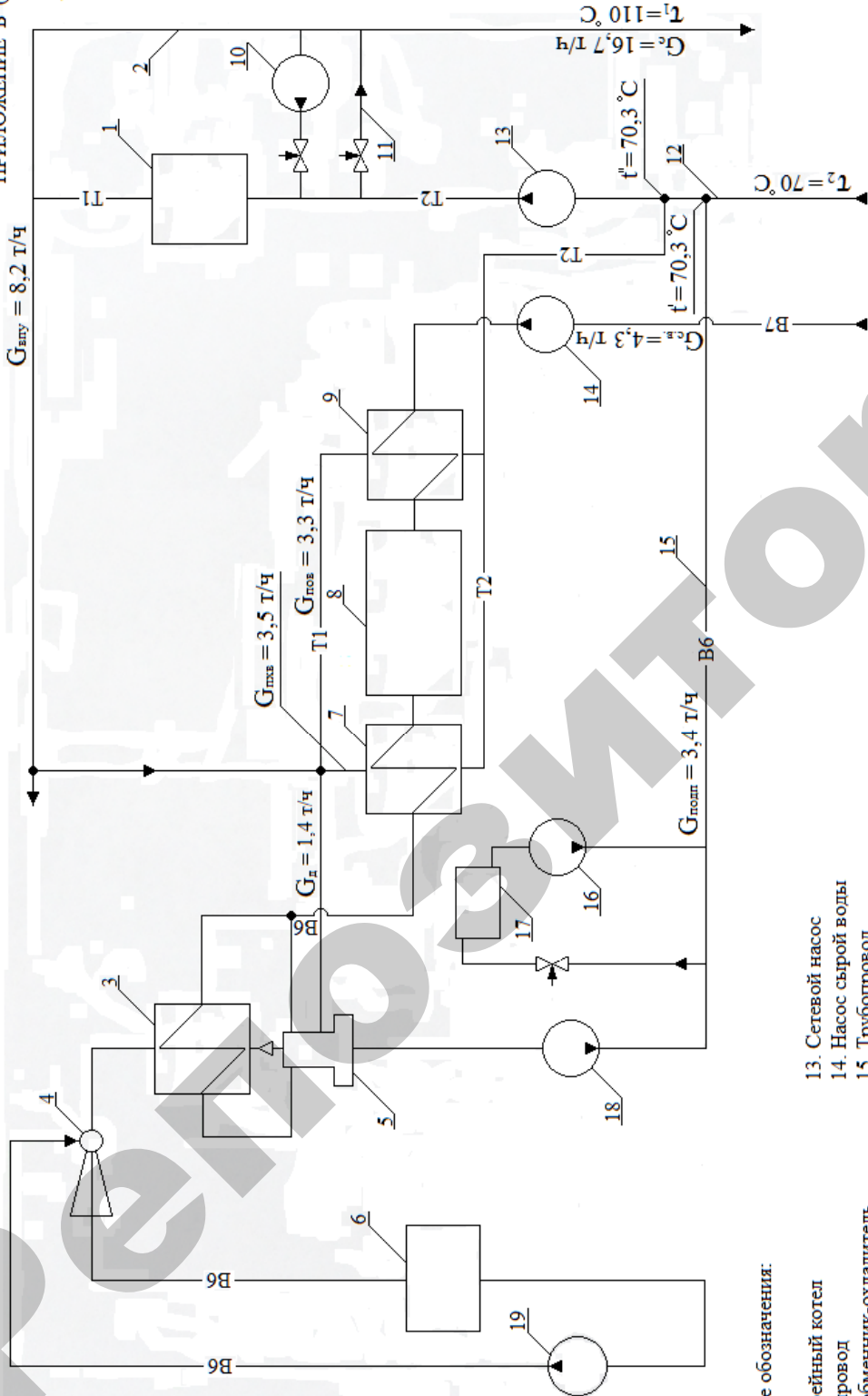
Теплоснабжение			
Сталь	Лист	Листов	Листов
С	1	1	2

Генплан с тепловыми сетями.	
Монтажная схема	
БГАГУ	
1226116	

02.58.116.16 - ТС

ГЕНПЛАН
М 1:2000

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Формат А3)



Условные обозначения:

- 1. Водогрейный котел
- 2. Трубопровод
- 3. Теплообменник-охладитель
- 4. Эжектор
- 5. Вакуумный термический деаэрактор
- 6. Бак-газоотделитель
- 7. Теплообменник-подогреватель
- 8. Натрий-катионитовый фильтр химводочистки
- 9. Теплообменник-подогреватель
- 10. Рециркуляционный насос
- 11. Перемычка
- 12. Трубопровод
- 13. Сетевой насос
- 14. Насос сырой воды
- 15. Трубопровод
- 16. Подпиточный насос
- 17. Бак-аккумулятор подпиточной воды
- 18. Подпиточный насос
- 19. Насос
- B6 - трубопровод подпиточной воды
- B7 - трубопровод сырой воды
- T1 - подающий трубопровод
- T2 - обратный трубопровод

02.58.116.16 - ТС			
Проектирование тепловых сетей			
Теплоснабжение		Стация	Лист
		С	2
		Листов	2
Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной установки		БГАТУ 1226116	

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ

Учебное издание

**Гаркуша Карина Эдуардовна,
Андрейчик Алла Евгеньевна,
Клинцева Валентина Федоровна**

**ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *К. Э. Гаркуша*
Корректор *Г. В. Анисимова*
Компьютерная верстка *Е. А. Хмельницкой*
Дизайн и оформление обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 21.12.2017. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 13,25. Уч.-изд. л. 5,09. Тираж 35 экз. Заказ 419.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.