

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра промышленной теплоэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 201__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Б1.В.10.02

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Промышленная теплоэнергетика

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	11
4.3 Лабораторные работы.....	24
4.4 Практические занятия.....	25
4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа	25
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	27
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	28
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	28
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	29
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	29
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ семинаров / практических работ	29
9.2. Методические указания по выполнению курсовой работы	60
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	61
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	62
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	63
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	70
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	71

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Ознакомление обучающегося с системами энергообеспечения, формирование и приобретение им знаний в области производства, транспорта и потребления тепловой энергии, освоение обучающимся принципов работы и управления современными системами теплоснабжения.

Задачи дисциплины

Подготовка обучающегося к самостоятельной деятельности по выполнению проектно-конструкторских и научно-исследовательских работ, эксплуатации, наладки и оптимизации систем теплоснабжения.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	знать: - источники информации для самообразования в рамках выбранного направления. уметь: - организовать процесс самообразования; - применять методы и средства самоорганизации и самообразования. владеть: - методами самоорганизации; - навыками применения средств самообразования и самоорганизации в профессиональной деятельности.
ПК-10	готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	знать: - приборы и схемы для измерения теплоэнергетических величин; - типы и устройство промышленных теплоэнергетических установок. уметь: - составить энергетический баланс конкретной теплоэнергетической установки; - провести поверочный или конструктивный расчёт теплообменного аппарата и другого оборудования; - оценить технико-экономические характеристики технологического процесса. владеть: - простейшими приемами решения типовых теплотехнических задач на применение основных физических законов и численных алгоритмов. - навыками чтения технических чертежей и технологических схем оборудования;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.10.02 системы теплоснабжения относится к вариативной части.

Дисциплина Б1.В.10.02 системы теплоснабжения базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: «Русский язык, культура речи и культурология», «Теоретическая механика», «Социология», «Психология», «Математическое моделирование на ЭВМ», «Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха», «Источники и системы теплоснабжения», «Теория автоматического управления».

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Б1.В.10.02 системы теплоснабжения предприятий представляет основу для изучения дисциплин: Теплообменное оборудование предприятий, Охрана окружающей среды при работе теплоэнергетических объектов.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовой проект	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	7	252	102	34	17	51	114	КР	экзамен
Заочная	5	-	252	26	12	-	14	217	КР	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	3	-	252	20	12	-	8	151	КР	экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			7
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	102	8	102
Лекции (Лк)	34	4	34
Лабораторные работы (ЛР)	17	4	17
Практические занятия (ПЗ)	51	-	51

Курсовая работа		+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации		+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)		114	-	114
Подготовка к лабораторным работам		20	-	20
Подготовка к практическим занятиям		30	-	30
Выполнение курсовой работы		37	-	37
Подготовка к экзамену в течение семестра		27	-	27
III. Промежуточная аттестация экзамен		36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины	час.	252	-	252
	зач. ед.	7	-	7

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Назначение систем теплоснабжения.	4	2	-	-	2
1.1	Роль, назначение, структура систем теплоснабжения. Виды источников теплоты.	4	2	-	-	2
2.	Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ.	12	2	-	4	6
2.1	Виды тепловых нагрузок (сезонные и круглогодичные), графики тепловых нагрузок.	2,5	0,5	-	-	2
2.2	Определение расчетных, среднечасовых и годовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.	5	1	-	2	2
2.3	Особенности расчета тепловых нагрузок для промышленных предприятий.	4,5	0,5	-	2	2
3.	Классификация систем теплоснабжения.	4	2	-	-	2
3.1	Классификация систем теплоснабжения: водяные, паровые. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Преимущества и недостатки систем теплоснабжения.	2	1	-	-	1
3.2	Выбор теплоносителя. Транзитные тепловые сети. Схемы тепловых сетей.	2	1	-	-	1
4.	Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения.	34	6	4	8	16
4.1	Задача и методы регулирования. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузками. Центральное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке.	17	3	2	4	8
4.2	Построение скорректированного и повышенного температурных графиков. Выбор метода регулирования отпуска теплоты. Расчет и графики суммарного расхода воды	17	3	2	4	8
5.	Гидравлический расчет тепловых се-	33	6	3	8	16

	тей.					
5.1	Задачи гидравлического расчета и основные расчетные зависимости. Порядок гидравлического расчета. Разработка монтажной схемы тепловой сети. Гидравлический расчет разветвленных тепловых сетей. Особенности гидравлического расчета паропроводов и конденсатопроводов.	12	2	1	3	6
5.2	Пьезометрический график: цель и порядок его построения.	11	2	1	3	5
5.3	Примеры присоединения абонентов к тепловой сети при различных давлениях в тепловой сети. Назначение и подбор насосов (сетевых, подпиточного, подкачивающего, смесительного).	10	2	1	2	5
6.	Гидравлический режим тепловых сетей.	54	4	4	12	34
6.1	Понятие о гидравлическом режиме тепловых сетей и методика расчета гидравлического режима тепловых сетей. Гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения.	27	2	2	6	17
6.2	Способы поддержания давлений в «нейтральных точках». Гидравлический режим тепловых сетей с насосными и дросселирующими подстанциями. Расчет потокораспределения в тепловых сетях.	27	2	2	6	17
7.	Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.	31	4	3	8	16
7.1	Трасса и профиль теплопроводов. Надземная и подземная прокладка теплопроводов. Прокладка тепловых сетей в условиях Крайнего Севера.	13	2	1	2	8
7.2	Трубы и их соединения. Опоры. Расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры. Компенсаторы: назначение, классификация и их расчет. Использование и расчет естественной компенсации. Назначение, схемы и основное оборудование тепловых подстанций.	18	2	2	6	8
8.	Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.	30	3	3	8	16
8.1	Тепловая изоляция. Теплоизоляционные материалы и конструкции тепловой изоляции. Расчетные зависимости и методика теплового расчета. Тепловой расчет надземных и подземных теплопроводов.	18	2	2	6	8
8.2	Тепловые потери и коэффициент тепловой эффективности тепловой изоляции. Выбор оптимальной толщины изоляционного слоя.	12	1	1	2	8
9.	Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.	14	5	-	3	6
9.1	Организация службы эксплуатации. Приемка, пуск, наладка и испытания систем теплоснабжения. Методы обнаружения и ликвидации аварий.	8	3	-	2	3
9.2	Повышение надежности теплоснабжения. Оптимизация систем теплоснабжения. Основные направления развития систем теплоснабжения.	6	2	-	1	3
	ИТОГО	216	34	17	51	114

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Назначение систем теплоснабжения.	11	1	-	-	10
1.1	Роль, назначение, структура систем теплоснабжения. Виды источников теплоты.	11	1	-	-	10
2.	Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ.	25	1	-	-	24
2.1	Виды тепловых нагрузок (сезонные и круглогодичные), графики тепловых нагрузок.	8,5	0,5	-	-	8
2.2	Определение расчетных, среднечасовых и годовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.	8,5	0,5	-	-	8
2.3	Особенности расчета тепловых нагрузок для промышленных предприятий.	8	-	-	-	8
3.	Классификация систем теплоснабжения.	25	1	-	-	24
3.1	Классификация систем теплоснабжения: водяные, паровые. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Преимущества и недостатки систем теплоснабжения.	13	1	-	-	12
3.2	Выбор теплоносителя. Транзитные тепловые сети. Схемы тепловых сетей.	13	1	-	-	12
4.	Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения.	27	1	-	2	24
4.1	Задача и методы регулирования. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузками. Центральное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке.	12,5	0,5	-	-	12
4.2	Построение скорректированных и повышенного температурных графиков. Выбор метода регулирования отпуска теплоты. Расчет и графики суммарного расхода воды	14,5	0,5	-	2	12
5.	Гидравлический расчет тепловых сетей.	29	1	-	4	24
5.1	Задачи гидравлического расчета и основные расчетные зависимости. Порядок гидравлического расчета. Разработка монтажной схемы тепловой сети. Гидравлический расчет разветвленных тепловых сетей. Особенности гидравлического расчета паропроводов и конденсатопроводов.	10,5	0,5	-	2	8
5.2	Пьезометрический график: цель и порядок его построения.	10,5	0,5	-	2	8
5.3	Примеры присоединения абонентов к тепловой сети при различных давлениях в тепловой сети. Назначение и подбор насосов (сетевых, подпиточного, подкачивающего, смешительного).	8	-	-	-	8
6.	Гидравлический режим тепловых се-	28	2	-	2	24

	тей.					
6.1	Понятие о гидравлическом режиме тепловых сетей и методика расчета гидравлического режима тепловых сетей. Гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения.	13	1	-	-	12
6.2	Способы поддержания давлений в «нейтральных точках». Гидравлический режим тепловых сетей с насосными и дросселирующими подстанциями. Расчет потокораспределения в тепловых сетях.	15	1	-	2	12
7.	Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.	33	2	-	2	29
7.1	Трасса и профиль теплопроводов. Надземная и подземная прокладка теплопроводов. Прокладка тепловых сетей в условиях Крайнего Севера.	16	1	-	1	14
7.2	Трубы и их соединения. Опоры. Расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры. Компенсаторы: назначение, классификация и их расчет. Использование и расчет естественной компенсации. Назначение, схемы и основное оборудование тепловых подстанций.	17	1	-	1	15
8.	Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.	40	2	-	4	34
8.1	Тепловая изоляция. Теплоизоляционные материалы и конструкции тепловой изоляции. Расчетные зависимости и методика теплового расчета. Тепловой расчет надземных и подземных теплопроводов.	20	1	-	2	17
8.2	Тепловые потери и коэффициент тепловой эффективности тепловой изоляции. Выбор оптимальной толщины изоляционного слоя.	20	1	-	2	17
9.	Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.	25	1	-	-	24
9.1	Организация службы эксплуатации. Приемка, пуск, наладка и испытания систем теплоснабжения. Методы обнаружения и ликвидации аварий.	12,5	0,5	-	-	12
9.2	Повышение надежности теплоснабжения. Оптимизация систем теплоснабжения. Основные направления развития систем теплоснабжения.	12,5	0,5	-	-	12
	ИТОГО	243	12	-	14	217

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Назначение систем теплоснабжения.	17	1	-	-	16
1.1	Роль, назначение, структура систем теплоснабжения. Виды источников теплоты.	17	1	-	-	16
2.	Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ.	17	1	-	-	16

2.1	Виды тепловых нагрузок (сезонные и круглогодичные), графики тепловых нагрузок.	6,5	0,5	-	-	6
2.2	Определение расчетных, среднечасовых и годовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.	6,5	0,5	-	-	6
2.3	Особенности расчета тепловых нагрузок для промышленных предприятий.	4	-	-	-	4
3.	Классификация систем теплоснабжения.	17	1	-	-	16
3.1	Классификация систем теплоснабжения: водяные, паровые. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Преимущества и недостатки систем теплоснабжения.	9	1	-	-	8
3.2	Выбор теплоносителя. Транзитные тепловые сети. Схемы тепловых сетей.	9	1	-	-	8
4.	Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения.	18	1	-	1	16
4.1	Задача и методы регулирования. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузками. Центральное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке.	8,5	0,5	-	-	8
4.2	Построение скорректированного и повышенного температурных графиков. Выбор метода регулирования отпуска теплоты. Расчет и графики суммарного расхода воды	9,5	0,5	-	1	8
5.	Гидравлический расчет тепловых сетей.	19	1	-	2	16
5.1	Задачи гидравлического расчета и основные расчетные зависимости. Порядок гидравлического расчета. Разработка монтажной схемы тепловой сети. Гидравлический расчет разветвленных тепловых сетей. Особенности гидравлического расчета паропроводов и конденсаторов.	7,5	0,5	-	1	6
5.2	Пьезометрический график: цель и порядок его построения.	7,5	0,5	-	1	6
5.3	Примеры присоединения абонентов к тепловой сети при различных давлениях в тепловой сети. Назначение и подбор насосов (сетевых, подпиточного, подкачивающего, смесительного).	4	-	-	-	4
6.	Гидравлический режим тепловых сетей.	21	2	-	1	18
6.1	Понятие о гидравлическом режиме тепловых сетей и методика расчета гидравлического режима тепловых сетей. Гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения.	10	1	-	-	9
6.2	Способы поддержания давлений в «нейтральных точках». Гидравлический режим тепловых сетей с насосными и дросселирующими подстанциями. Расчет потокораспределения в тепловых сетях.	11	1	-	1	9
7.	Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.	22	2	-	2	18
7.1	Трасса и профиль теплопроводов. Надземная и подземная прокладка теплопроводов. Прокладка тепловых сетей в	11	1	-	1	9

	условиях Крайнего Севера.					
7.2	Трубы и их соединения. Опоры. Расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры. Компенсаторы: назначение, классификация и их расчет. Использование и расчет естественной компенсации. Назначение, схемы и основное оборудование тепловых подстанций.	11	1	-	1	9
8.	Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.	22	2	-	2	18
8.1	Тепловая изоляция. Теплоизоляционные материалы и конструкции тепловой изоляции. Расчетные зависимости и методика теплового расчета. Тепловой расчет надземных и подземных теплопроводов.	11	1	-	1	9
8.2	Тепловые потери и коэффициент тепловой эффективности тепловой изоляции. Выбор оптимальной толщины изоляционного слоя.	11	1	-	1	9
9.	Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.	18	1	-	-	17
9.1	Организация службы эксплуатации. Приемка, пуск, наладка и испытания систем теплоснабжения. Методы обнаружения и ликвидации аварий.	9,5	0,5	-	-	9
9.2	Повышение надежности теплоснабжения. Оптимизация систем теплоснабжения. Основные направления развития систем теплоснабжения.	8,5	0,5	-	-	8
	ИТОГО	171	12	-	8	151

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

№ раздела и темы	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание лекционных занятий	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	2	3	4
1. Назначение систем теплоснабжения.			
1.1	Роль, назначение, структура систем теплоснабжения. Виды источников теплоты.	<p><i>Система теплоснабжения</i> - это комплекс инженерных сооружений, предназначенных для снабжения теплом жилых, общественных и промышленных зданий с целью обеспечения коммунально-бытовых потребностей (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) и технологических нужд потребителей.</p> <p>Различают <i>местное теплоснабжение</i> (МТ) и <i>централизованное</i> или <i>центральное</i>, как его еще иногда называют, теплоснабжение (ЦТ). Система МТ обслуживает часть здания, полностью все здание или несколько зданий, система ЦТ - жилой или промышленный район. В нашей стране наибольшее значение приобрело централизованное теплоснабжение, в связи с этим и термин "теплоснабжение" чаще всего употребляется применительно к нему.</p> <p>Системы ЦТ могут быть классифицированы по ряду признаков:</p> <ul style="list-style-type: none"> - по способу присоединения установок отопления; - по способу присоединения установок горячего водоснабжения; - по числу трубопроводов; - по виду теплоносителя; - по способу регулирования тепла. 	-
2. Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ.			
2.1	Виды тепловых нагрузок (сезонные и круглогодичные), графики тепловых нагрузок.	<p>В системах централизованного теплоснабжения (СЦТ) по тепловым сетям подается теплота различным тепловым потребителям. Несмотря на значительное разнообразие тепловой нагрузки, ее можно разбить на две группы по характеру протекания во времени: 1) сезонная; 2) круглогодичная.</p> <p>Изменения сезонной нагрузки зависят от климатических условий: температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра, солнечного излучения, влажности воздуха и т.п. Основную роль играет наружная температура. Сезонная нагрузка имеет сравнительно постоянный суточный график и переменный годовой график нагрузки. К сезонной тепловой нагрузке относятся отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха.</p> <p>К круглогодичной нагрузке относятся технологическая нагрузка и горячее водоснабжение.</p> <p>График технологической нагрузки зависит от профиля производственных предприятий и режима их работы, а график нагрузки горячего водоснабжения — от благоустройства жилых и общественных зданий, состава населения и распорядка его рабочего дня, а также от режима работы коммунальных предприятий — бань, прачечных. Эти нагрузки имеют переменный суточный график. Годовые графики технологической нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения также в определенной мере зависят от времени года. Как правило, летние нагрузки ниже зимних вследствие более высокой температуры перерабатываемого сырья и водопроводной воды, а также благодаря меньшим теплотерям теплопроводов и производственных трубопроводов.</p> <p>Одна из первоочередных задач при проектировании и разработке режима эксплуатации систем централизованного теплоснабжения заключается в определении значений и характера тепловых нагрузок.</p> <p>В том случае, когда при проектировании установок централизованного теплоснабжения отсутствуют данные о расчетных расходах теплоты, основанных на проектах теплопотребляющих установок абонентов, расчет тепловой нагрузки проводится на основе укрупненных показателей. В процессе эксплуатации значения расчетных тепловых нагрузок корректируют по действительным расходам. С течением времени это дает возмож-</p>	-

		ность установить проверенную тепловую характеристику для каждого потребителя.	
2.2	Определение расчетных, среднечасовых и годовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.	<p>Классификация потребителей тепла. Сезонные и круглогодичные потребители. Графики сезонного и суточного теплоснабжения. Характеристика методов определения расчетных тепловых нагрузок.</p> <p>Потребителями тепла системы централизованного теплоснабжения являются:</p> <p>а) теплоиспользующие санитарно-технические системы зданий (системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения);</p> <p>б) различного рода технологические установки, использующие тепло низкого потенциала (до 300—350°C).</p> <p>По режиму потребления тепла в течение года различают две группы потребителей:</p> <p>1) сезонные потребители, нуждающиеся в тепле только в холодный период года, с зависимостью расхода тепла в основном от температуры наружного воздуха;</p> <p>2) круглогодичные потребители, нуждающиеся в тепле весь год, со слабо выраженной в большинстве случаев зависимостью расхода тепла от температуры наружного воздуха.</p> <p>К первой группе относятся системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, ко второй — системы горячего водоснабжения и технологические установки. Если для систем кондиционирования воздуха искусственный холод в теплый период года вырабатывается на основе использования тепловой энергии абсорбционным или эжекторным методами, то такие системы входят во вторую группу.</p> <p>Потребителей, получающих тепло от централизованной системы теплоснабжения, называют абонентами этой системы, а расходуемое абонентами тепло — тепловой нагрузкой источника тепла.</p> <p>В зависимости от соотношения и режимов отдельных видов теплоснабжения различают три характерные группы абонентов: жилые здания, общественные здания, промышленные здания и сооружения. В последнюю группу входят также сельскохозяйственные производственные здания и комплексы. Для жилых зданий характерны сезонные расходы тепла на отопление и вентиляцию и круглогодичный расход тепла на горячее водоснабжение. В жилых зданиях не устраивают специальной приточной вентиляции — свежий воздух поступает в помещения через форточки окон и неплотности в наружных ограждениях. Подогрев вентиляционного воздуха в этом случае возлагается на систему отопления. Для большинства общественных зданий основное значение имеют сезонные расходы тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха. У промышленных абонентов, в том числе и сельскохозяйственного направления, обычно имеются все виды теплоснабжения количественное соотношение между которыми определяется видом основного производства. Некоторые общественно-коммунальные предприятия, такие, как бани, прачечные и т. п., по характеру теплоснабжения следует рассматривать как производственные объекты.</p>	-
2.3	Особенности расчета тепловых нагрузок для промышленных предприятий.	<p>Тепловая нагрузка по характеру распределения во времени классифицируется на сезонную и круглогодичную. Сезонная (расходы тепла на отопление и вентиляцию) зависит в основном от климатических условий и имеет сравнительно постоянный суточный и переменный годовой график нагрузки.</p> <p>Круглогодичная (расходы тепла на ГВС и технологические нужды) практически не зависит от температуры наружного воздуха и имеет очень неравномерный суточный и сравнительно постоянный годовой график потребления тепла. При проектировании и разработке режимов эксплуатации систем централизованного теплоснабжения определяют:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расчетные тепловые нагрузки; 2. Суточные графики нагрузок; 3. График тепловых нагрузок по $t_{нв}$; 4. Годовой график месячных тепловых нагрузок; 5. Годовой график продолжительности тепловых нагрузок. <p>Система отопления и вентиляции должны обеспечивать поддержание условий теплового комфорта. Согласно СНиПу $t = 18-22^{\circ}\text{C}$, $t_{нв} = 18^{\circ}\text{C}$. Теплота, подводимая системой отопления, должна компенсировать тепловые потери, теплопередачи через наружные ограждения и фильтрации, при</p>	лекция с разбором конкретных ситуаций (1 час)

		<p>этом $t = \text{const}$:</p> $Q = Q_T + Q_{И} = Q_0 + Q_{ВИ}, \text{ Вт,}$ <p>где Q_T - потери теплопередачи через наружные строительные ограждения, Вт; $Q_{И}$ - потери инфильтрации, Вт; $Q_{ВИ}$ - внутренние источники теплоты, Вт; Q - суммарные тепловые потери, Вт; Q_0 - теплота, производимая системой отопления, Вт.</p> <p>Внутренние источники теплоты:</p> $Q_{ВИ} = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{пов}} + Q_{\text{пр.сгор}} + Q_{\text{мат}} + Q_{\text{эл.прив}} + Q_{\text{осв.}} + Q_{\text{л}},$ <p>где $Q_{ВИ}$ - теплота от солнечной радиации, 70-210 Вт/м²; $Q_{\text{пов}}$ - теплота от горячих поверхностей (печей и др. аппаратов); $Q_{\text{пр.сгор}}$ - теплота продуктов сгорания печей; $Q_{\text{мат}}$ - теплота остывающих материалов и продуктов производства; $Q_{\text{эл.прив}}$ - теплота от электрических двигателей; $Q_{\text{осв.}}$ - теплота от осветительных приборов; $Q_{\text{л}}, Q$ - теплота от людей.</p>	
3.	Классификация систем теплоснабжения.		
3.1	<p>Классификация систем теплоснабжения: водяные, паровые. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Преимущества и недостатки систем теплоснабжения.</p>	<p>Различают два вида теплоснабжения – централизованное и децентрализованное. При децентрализованном теплоснабжении источник и потребитель тепла находятся близко друг от друга. Тепловая сеть отсутствует. Децентрализованное теплоснабжение разделяют на местное (теплоснабжение от местной котельной) и индивидуальное (печное, теплоснабжение от котлов в квартирах).</p> <p>В зависимости от степени централизации системы централизованного теплоснабжения (ЦТС) можно разделить на четыре группы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. групповое теплоснабжение (ТС) группы зданий; 2. районное – ТС городского района; 3. городское – ТС города; 4. межгородское – ТС нескольких городов. <p>Процесс ЦТС состоит из трех операций – подготовка теплоносителя (ТН), транспорт ТН и использование ТН.</p> <p>Подготовка ТН осуществляется на теплоприготовительных установках ТЭЦ и котельных. Транспорт ТН осуществляется по тепловым сетям. Использование ТН осуществляется на теплоиспользующих установках потребителей.</p> <p>Комплекс установок, предназначенных для подготовки, транспорта и использования теплоносителя называется системой централизованного теплоснабжения.</p> <p>Различают две основные категории потребления тепла:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Для создания комфортных условий труда и быта (коммунально-бытовая нагрузка). Сюда относят потребление воды на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение (ГВС), кондиционирование; - Для выпуска продукции заданного качества (технологическая нагрузка). <p>По уровню температуры тепло подразделяется на:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низкопотенциальное, с температурой до 150 °С; - среднепотенциальное, с температурой от 150 °С до 400 °С; - высокопотенциальное, с температурой выше 400 °С. <p>Коммунально-бытовая нагрузка относится к низкопотенциальным процессам. Максимальная температура в тепловых сетях не превышает 150 °С (в прямом трубопроводе), минимальная – 70 °С (в обратном). Для покрытия технологической нагрузки как правило применяется водяной пар с давлением до 1,4 МПа.</p> <p>По типу источника теплоты различают три вида теплоснабжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - централизованное теплоснабжение от ТЭЦ, называемое теплофикацией; - централизованное теплоснабжение от районных или промышленных котельных; - децентрализованное теплоснабжение от местных котельных или индивидуальных отопительных агрегатов. <p>По сравнению с централизованным теплоснабжением от котельных теплофикация имеет ряд преимуществ, которые выражаются в экономии топлива за счет комбинированной выработки тепловой и электрической</p>	<p>лекция с разбором конкретных ситуаций (1 час)</p>

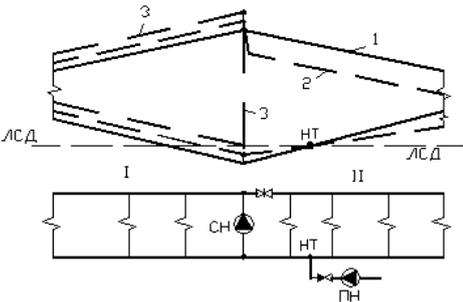
		<p>энергии на ТЭЦ; в возможности широкого использования местного низкосортного топлива, сжигание которого в котельных затруднительно; в улучшении санитарных условий и чистоты воздушного бассейна городов и промышленных районов благодаря концентрации сжигания топлива в небольшом количестве пунктов, размещенных, как правило, на значительном расстоянии от жилых кварталов, и более рациональному использованию современных методов очистки дымовых газов от вредных примесей.</p> <p>По роду теплоносителя системы теплоснабжения разделяются на водяные и паровые. Паровые системы распространены в основном на промышленных предприятиях, а водяные системы применяются для теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства и некоторых производственных потребителей. Объясняется это рядом преимуществ воды как теплоносителя по сравнению с паром: возможностью центрального качественного регулирования тепловой нагрузки, меньшими энергетическими потерями при транспортировке и большей дальностью теплоснабжения, отсутствием потерь конденсата греющего пара, большей комбинированной выработкой энергии на ТЭЦ, повышенной аккумулирующей способностью.</p> <p><i>По способу подачи воды на горячее водоснабжение</i> водяные системы делятся на закрытые и открытые.</p> <p>В закрытых системах сетевая вода используется только как теплоноситель и из системы не отбирается. В местные установки горячего водоснабжения поступает вода из питьевого водопровода, нагретая в специальных водоводяных подогревателях за счет теплоты сетевой воды.</p> <p>В открытых системах сетевая вода непосредственно поступает в местные установки горячего водоснабжения. При этом не требуются дополнительные теплообменники, что значительно упрощает и удешевляет устройство абонентского ввода. Однако потери воды в открытой системе резко возрастают (от 0,5—1 % до 20—40 % общего расхода воды в системе) и состав воды, подаваемой потребителям, ухудшается из-за присутствия в ней продуктов коррозии и отсутствия биологической обработки.</p>	
3.2	Выбор теплоносителя. Транзитные тепловые сети. Схемы тепловых сетей.	<p>Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения определяется техническими и экономическими соображениями и зависит главным образом от типа источника теплоты и вида тепловой нагрузки.</p> <p>Если тепловая нагрузка района состоит только из отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, то при теплофикации применяется обычно двухтрубная водяная система. В тех случаях, когда кроме отопления, вентиляции и горячего водоснабжения в районе имеется также небольшая технологическая нагрузка, требующая теплоты повышенного потенциала, при теплофикации рационально применение трехтрубных водяных систем. Одна из подающих линий системы используется для удовлетворения нагрузки повышенного потенциала.</p> <p>В тех случаях, когда основной тепловой нагрузкой района является технологическая нагрузка повышенного потенциала, а сезонная тепловая нагрузка невелика, в качестве теплоносителя применяется обычно пар.</p> <p>При выборе системы теплоснабжения и параметров теплоносителя учитываются технические и экономические показатели по всем элементам: источнику теплоты, сети, абонентским установкам.</p> <p>Основные преимущества воды как теплоносителя по сравнению с паром:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) большая удельная комбинированная выработка электрической энергии на базе теплового потребления; 2) сохранение конденсата на ТЭЦ, что имеет особенно важное значение для электростанций высокого давления; 3) возможность центрального регулирования однородной тепловой нагрузки или определенного сочетания разных видов нагрузки при одинаковом отношении расчетных нагрузок у абонентов, что упрощает местное регулирование; 4) более высокий КПД системы тепло-снабжения вследствие отсутствия в абонентских установках потерь конденсата и пара, имеющих место в паровых системах; 5) повышенная аккумулирующая способность водяной системы. <p>Основные недостатки воды как теплоносителя:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) большой расход электроэнергии на перекачку сетевой воды по 	-

		<p>сравнению с ее расходом на перекачку конденсата в паровых системах;</p> <p>2) большая «чувствительность» к авариям, так как утечки теплоносителя из паровых сетей вследствие значительных удельных объемов пара во много (примерно 20—40) раз меньше, чем в водяных системах (при небольших повреждениях паровые сети могут продолжительно оставаться в работе, в то время как водяные системы требуют остановки);</p> <p>3) большая плотность теплоносителя и жесткая гидравлическая связь между всеми точками системы.</p>	
4.	Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения.		
4.1	<p>Задача и методы регулирования. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузками. Центральное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке.</p>	<p>Тепловые нагрузки многочисленных абонентов тепловой сети не одинаковы и не постоянны, поэтому для высококачественного теплоснабжения с сочетанием с экономичными режимами выработки и транспортировки теплоты, необходимо регулирование всех видов тепловых нагрузок в соответствии с потребностью абонентов.</p> <p>В зависимости от места систем регулирования различают: Центральное; Групповое; Местное; Индивидуальное.</p> <p><i>Центральное</i> регулирование производится в источнике теплоты - на ТЭЦ или котельной, <i>групповое</i> – на центральном тепловом пункте (ЦТП), <i>местное</i> – на абонентском вводе, <i>индивидуальное</i> – на теплопотребляющих приборах.</p> <p>Если тепловая нагрузка всех абонентов теп. сети однородна, т.е. у всех абонентов имеется один вид нагрузки – отопление, то допустимо только центральное регулирование отпуска теплоты. Однако, в большинстве случаев тепловая нагрузка однородна (отопление и ГВС или вентиляция), поэтому наряду с центральным регулированием используется групповое, местное и индивидуальное. Также рациональное сочетание двух или трёх ступеней регулирования является залогом экономичного режима работы (комбинированное регулирование).</p> <p>Если регулирование теплоснабжения на ТЭЦ или котельной осуществляется изменением температуры теплоносителя при постоянстве его расхода, то такой метод центрального регулирования называется <i>качественным</i>.</p> <p>Если регулирование осуществляется изменением расхода теплоносителя при постоянной температуре – <i>количественный</i> метод.</p> <p>Если регулирование осуществляется путём изменения температуры и расхода теплоносителя – <i>качественно-количественный</i> метод.</p> <p>В городских водяных системах теплоснабжения центральное качественное регулирование дополняется количественным регулированием на ЦТП и местном ТП.</p> <p>Основным достоинством центрального качественного регулирования является стабильность гидравлического режима, что облегчает наладку и эксплуатацию сети, однако, расходы на перекачку теплоносителей при качественном регулировании больше чем при количественном и качественно-количественном.</p> <p>Основным достоинством количественного регулирования считается сокращение расходов электроэнергии на перекачку теплоносителя, а недостатком – гидравлическая разрегулировка теп. сети, следствие переменного гидравлического режима.</p> <p>Для устранения гидравлической разрегулировки местных систем при количественном методе присоединения абонентских установок производится по схемам, обеспечивающие независимость расхода теплоносителя в местной системе. К таким схемам относят независимые схемы присоединения и зависимые со смесительным насосом, который при уменьшении расхода теплоносителя в подающей линии сети увеличивает расход воды в обратной линии, поддерживая расход в местной системе постоянным.</p>	-
4.2	<p>Построение скорректированного и повышенного температурных графиков. Выбор метода регулирования отпуска теплоты. Расчет и графики сум-</p>	<p>В системах с теплоснабжения с жилищно-коммунальной нагрузкой более 65% от суммарной тепловой нагрузки и отношения $Q_{ГВС}^{CP}/Q_{Omax} > 0,15$, принимают центральное качественное регулирование отпуска теплоты по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.</p> <p>При этом способе регулирования отпуска теплоты в тепловой сети поддерживается повышенный температурный график, который строится на основании отопительно-бытового температурного графика.</p> <p>Расчет повышенного температурного графика заключается в определении перепада температур сетевой воды в подогревателях в верх-</p>	<p>лекция с разбором конкретных ситуации (1 час)</p>

	<p>марного расхода воды</p>	<p>ней δ_1 и δ_2 нижней ступени при различных температурах наружного воздуха и балансовой нагрузке горячего водоснабжения:</p> $Q^\delta = \chi \cdot Q_{\text{гвс}}^{\text{сп}}, \quad (19)$ <p>где χ – балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность расхода теплоты на горячее водоснабжение в течение суток, принимается равным 1,2 для закрытых систем теплоснабжения.</p> <p>Суммарный перепад температур сетевой воды в подогревателях нижней и верхней ступеней δ в течение всего отопительного периода определяется по формуле:</p> $\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{Q^\delta}{Q_{\text{отmax}}} (\tau_1 - \tau_2) \quad (20)$ <p>Температура нагреваемой водопроводной воды после нижней ступени подогревателя, t', °С, рассчитывается по формуле:</p> $t' = \tau_2' - \Delta t_{\text{н}}, \quad (21)$ <p>где τ_2' – температура сетевой воды в обратной магистрали, соответствующая точке излома температурного графика;</p> <p>$\Delta t_{\text{н}}$ – величина недогрева, принимаемая 5 – 10°С;</p> <p>Перепад температуры сетевой воды в нижней ступени водоподогревателя δ_2 при различных температурах наружного воздуха определяют</p> <ul style="list-style-type: none"> при $t'_{\text{н}}$ по формуле: $\delta_2' = \delta \frac{(t' - t_{\text{x}})}{(t_{\text{г}} - t_{\text{x}})}, \quad (22)$ <p>где $t_{\text{г}}$ – температура воды, поступающая в систему горячего водоснабжения, °С;</p> <p>t_{x} – температура холодной воды в отопительный период, °С</p> при $t_{\text{нро}}$ по формуле: $\delta_2 = \delta_2' \frac{(\tau_2 - t_{\text{x}})}{(\tau_2' - t_{\text{x}})}, \quad (23)$ <p>Зная δ_2 и δ_2' находят температуру сетевой воды в обратной магистрали по повышенному температурному графику при $t_{\text{нро}}$ и $t'_{\text{н}}$:</p> $\tau_{2\text{п}} = \tau_2 - \delta_2 \quad (24)$ $\tau_{2\text{п}}' = \tau_2' - \delta_2' \quad (25)$ <p>Перепад температур сетевой воды в верхней ступени подогревателя при $t_{\text{нро}}$ и $t'_{\text{н}}$:</p> $\delta_1 = \delta - \delta_2 \quad (26)$ $\delta_1' = \delta - \delta_2' \quad (27)$ <p>Температура сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети для повышенного температурного графика при $t_{\text{нро}}$ и $t'_{\text{н}}$:</p> $\tau_{1\text{п}} = \tau_1 + \delta_1 \quad (28)$ $\tau_{1\text{п}}' = \tau_1' - \delta_1' \quad (29)$ <p>Определив температур сетевой воды в подающей и обратной магистралях, строят повышенный температурный график.</p>	
5.	<p>Гидравлический расчет тепловых сетей.</p>	<p>В задачу гидравлического расчета входят:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение диаметра трубопроводов; - определение падения давления (напора); - определение давлений (напоров) в различных точках сети; - увязка всех точек сети при статическом и динамическом режимах с целью обеспечения допустимых давлений и требуемых напоров в сети и абонентских системах. <p>По результатам гидравлического расчета можно решить следующие задачи.</p> <p>1. Определение капитальных затрат, расхода металла (труб) и основ-</p>	<p>лекция с разбором конкретных ситуации (1 час)</p>
5.1	<p>Задачи гидравлического расчета и основные расчетные зависимости. Порядок гидравлического расчета. Разработка монтажной схемы тепловой сети.</p>		

	<p>Гидравлический расчет разветвленных тепловых сетей. Особенности гидравлического расчета паропроводов и конденсатопроводов.</p>	<p>ного объема работ по прокладке тепловой сети.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Определение характеристик циркуляционных и подпиточных насосов. 3. Определение условий работы тепловой сети и выбора схем присоединения абонентов. 4. Выбор автоматики для тепловой сети и абонентов. 5. Разработка режимов эксплуатации. 	
5.2	<p>Пьезометрический график: цель и порядок его построения.</p>	<p>К водяным тепловым сетям присоединены отопительные системы зданий различного назначения, калориферные установки вентиляционных систем, системы горячего водоснабжения. Здания могут быть расположены в различных точках рельефа местности, отличающихся геодезическими отметками, и иметь различную высоту. Системы отопления зданий могут быть рассчитаны на работу с различными температурами воды. В этих случаях важно заранее определять давление и напор в любой точке сети.</p> <p>График напоров (пьезометрический график) строится для определений давления в любой точке сети и систем потребителей теплоты с целью проверки соответствия предельных давлений прочности элементов систем теплоснабжения. По графику напоров выбираются схемы присоединений потребителей к тепловой сети, и подбирается оборудование тепловых сетей. График строится при двух режимах работы системы теплоснабжения - статическом и динамическом. Статический режим характеризуется давлением в сети при неработающих сетевых, но включенных подпиточных насосах. Динамический режим характеризует давления, возникающие в сети и в системах теплопотребителей при работающей системе теплоснабжения, работающих сетевых насосах, при движении теплоносителя.</p> <p>Графики разрабатываются для основной магистрали тепловой сети и протяженных ответвлений.</p> <p>Пьезометрический график (график напоров) может быть построен только после выполнения гидравлического расчета трубопроводов - по рассчитанным падениям давления на участках сети.</p> <p>График строях по двум осям - вертикальной и горизонтальной. На вертикальной оси откладываются напоры в любой точке сети, напоры насосов, профиль сети, высоты отопительных систем в метрах. Пример построения графика показан на рис.6 приложения 9. По горизонтальной оси нанесены длины отдельных участков сети, показано взаимное расположение по горизонтали характерных потребителей теплоты.</p> <p>За нулевую отметку нужно принимать место установки сетевых насосов. Предварительно, напор на всасывающей стороне сетевых насосов $H_{ВС}$ принимают равным 10-15 м.</p> <p>По известным горизонталям на генплане на график нанести профиль местности для магистрали и ответвлений. Показать высоты зданий и линию статического давления; показать напоры сетевого и подпиточного насосов. Напоры наиболее удаленного потребителя принимать не менее 20-25 м вод.ст. Потеря напора в источнике тепла принимается равной 20-25 м вод.ст.</p> <p>Построенный пьезометрический график должен удовлетворять следующим техническим условиям:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) давление в местных системах отопления зданий должно быть не более 60 м вод.ст. Если в нескольких зданиях это давление получается более 60 м, то их местные системы присоединяются по независимой схеме; б) пьезометрическое давление в обратной магистрали должно быть не менее 5 м для предупреждения подсоса воздуха в систему; в) давление на во всасывающей линии сетевых насосов должно быть не менее 5 м; г) давление в обратной магистрали как в статическом, так и в динамическом (при работе сетевых насосов) режимах не должно быть ниже статической высоты зданий. <p>Если для некоторых зданий этого достигнуть не удастся, то после системы отопления зданий необходимо установить регулятор «подпора»;</p> <ol style="list-style-type: none"> д) пьезометрическое давление в любой точке подающей магистрали должно быть выше давления насыщения при данной температуре теплоносителя (условие «невскипания»). Например, при температуре воды в сети 100°С падающий пьезометр должен отстоять от уровня земли на рас- 	-

		стоянии более 38 м; е) полный напор за сетевыми насосами, отсчитываемый на пьезометре от нулевой отметки, должен быть ниже давления, допускаемого по условиям прочности сетевых подогревателей (140-150 м).	
5.3	Примеры присоединения абонентов к тепловой сети при различных давлениях в тепловой сети. Назначение и подбор насосов (сетевых, подпиточного, подкачивающего, смешительного).	<p>Существует 5 схем присоединения систем отопления к водяной тепловой сети.</p> <p>1.Зависимое (непосредственное) присоединение системы отопления без смешения. По данной схеме присоединяют системы водяного отопления зданий, в которых температура поверхности отопительных приборов не ограничена и соответствует санитарно-гигиеническим требованиям. При этой схеме используют наиболее простое и дешевое оборудование теплового пункта. Кроме того, благодаря максимальному использованию температурного перепада сетевой воды в отопительных приборах снижается расход воды на тепловом пункте и сокращается стоимость тепловой сети за счет уменьшения диаметров теплопроводов. Однако в этой схеме давление сетевой воды передается на отопительные приборы. Данная схема приемлема, если давление в сети не превышает допустимого давления отопительных приборов по механической прочности (0,6—0,9 МПа для чугунных радиаторов и 1,0 МПа для стальных конвекторов).</p> <p>2.Зависимое (непосредственное) присоединение с водоструйным элеваторм для подмешивания охлажденной воды применяется для жилых и общественных зданий до 12 этажей. Данная схема основана на использовании элеватора, который не требует постоянного обслуживания. Сетевая вода из подающего теплопровода поступает после регулятора расхода 8 через патрубок в элеватор 9, куда через перемычку подсасывается часть охлажденной воды, возвращающейся из системы отопления в обратный теплопровод сети. Смешанная вода требуемой температуры подается элеватором в систему отопления. Недостатком схемы подключения является прекращение независимой циркуляции воды от тепловой сети в системе отопления и замораживание ее при аварийном отключении от тепловой сети.</p> <p>3.Зависимое присоединение при совместной установке элеватора и насоса на перемычке для подмешивания охлажденной воды применяется для жилых и общественных зданий до 12 этажей. Такое присоединение позволяет надежно осуществлять циркуляцию воды в системе отопления при аварийном отключении от тепловой сети. Однако при этой схеме появляются затраты на насос и дополнительный расход электроэнергии на его привод, а также шум.</p> <p>4.Зависимое присоединение с установкой насоса на перемычке для подмешивания охлажденной воды в тех случаях, когда разность давлений в подающем и обратном трубопроводах недостаточна для работы элеватора.</p> <p>5. Присоединение по независимой схеме с помощью теплообменного аппарата. При данной схеме давление в местной системе отопления не зависит от давления в тепловой сети, поэтому схема применяется при необходимости гидравлически изолировать местную систему отопления от тепловой сети, а также в связи с увеличением тепловой нагрузки, радиуса действия тепловых сетей, строительством зданий выше 12 этажей, для которых давления воды в сетях недостаточно. Независимая схема наиболее приемлема для заполнения отопительных приборов в верхних этажах. При этом местная система отопления оборудуется расширительным баком, создающим собственное независимое от тепловой сети гидростатическое давление.</p>	-
6.	Гидравлический режим тепловых сетей.		
6.1	Понятие о гидравлическом режиме тепловых сетей и методика расчета гидравлического режима тепловых сетей. Гидравлическая устойчивость систем тепло-	<p>Важнейшей задачей при проектировании и эксплуатации систем теплоснабжения является разработка эффективного гидравлического режима, обеспечивающего надежную работу тепловых сетей.</p> <p>Под надежной работой подразумевается:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) обеспечение требуемых напоров перед абонентами (Δp); 2) исключение вскипания теплоносителя в подающей магистрали; 3) исключение опорожнения систем отопления в зданиях, а значит последующего завоздушивания при повторном пуске; 4) исключение опасных превышений давления у потребителей, вызывающих возможность порыва труб и отопительной арматуры. <p>Под <i>гидравлическим режимом</i> тепловой сети понимают взаимную</p>	-

	<p>снабжения.</p>	<p>связь между давлениями (напорами) и расходами теплоносителя в различных точках сети в данный момент времени.</p> <p>Гидравлический режим тепловой сети изучают с помощью построения <i>графика давлений (пьезометрического графика)</i>.</p> <p>График строится после проведения гидравлического расчета трубопроводов. Он позволяет наглядно ориентироваться в гидравлическом режиме работы тепловых сетей при различном режиме их работы, с учетом влияния рельефа местности, высоты зданий, потерь давления в тепловых сетях. По этому графику можно легко определить давление и располагаемый напор H_p в любой точке сети и абонентской системе, подобрать соответствующее насосное оборудование насосных станций и схему автоматического регулирования гидравлического режима работы ИТП.</p>	
6.2	<p>Способы поддержания давлений в «нейтральных точках». Гидравлический режим тепловых сетей с насосными и дросселирующими подстанциями. Расчет потоко-распределения в тепловых сетях.</p>	<p>Для обеспечения надежной работы тепловых сетей и абонентов необходимо ограничить изменение давления в системе дополнительными пределами. При этом особое значение имеет режим подпитки и изменение давления в обратной магистрали. Повышение H_0 может привести к раздавливанию отопительных систем, присоединенных по зависимой схеме. Уменьшение H_0 приводит к опорожнению верхней точки систем и к нарушению циркуляции.</p> <p>Для ограничения колебаний давления в системе в одной, а при сложном рельефе местности в нескольких точках тепловой сети изменяют давление по определенному закону. Такие точки называются точками регулируемого давления. В частном случае, когда давление в этих точках поддерживается постоянным при статическом и динамическом режимах работы тепловой сети, они называются нейтральными точками (НТ).</p> <p>Постоянное давление в НТ поддерживается автоматически подпиточным устройством (подпиточным насосом) или расширительным баком, который устанавливают в этой точке. Вместо расширителей могут быть установлены гидрофоры.</p> <p>Расширитель представляет собой открытый сосуд, установленный на высоте, равной фиксируемому напору. Гидрофор – это закрытый сосуд, в котором вода находится под постоянным давлением газовой или паровой подушки, равной фиксируемому напору. При уменьшении давления в тепловой сети вода из расширителя или гидрофора поступает в тепловую сеть и компенсирует утечку воды или уменьшение объема воды, вызванное уменьшением ее температуры.</p> <p>В крупных системах теплоснабжения расширители и гидрофоры, как правило, не применяются из-за их небольшой маневренности: существующий водоразбор (часть системы всегда работает по открытой схеме) и утечки всегда больше прироста объема воды при нагревании. Кроме того они отличаются более сложной компоновкой и большими габаритами по сравнению с насосными подпитывающими устройствами.</p>  <p>Рис. 1. Изменение давления в тепловой сети (НТ на работающей магистрали): 1 – задвижка открыта; 2 – задвижка частично закрыта; 3 – задвижка полностью закрыта</p> <p>В принципе НТ может быть выбрана в любой точке системы на подаче и обратке, но т.к. механическая прочность системы и ее работоспособность зависят от H_0, то НТ размещают на обратке таким образом, чтобы при изменении гидравлического режима давление в обратке менялось мало (рис. 1).</p>	
7.	<p>Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.</p>		
7.1	<p>Трасса и профиль теплопро-</p>	<p>Теплопроводы прокладывают подземным или надземным способом. Подземный способ является основным в жилых, районах, так как при этом</p>	-

	<p>водов. Надземная и подземная прокладка теплопроводов. Прокладка тепловых сетей в условиях Крайнего Севера.</p>	<p>не загромождается территория и не ухудшается архитектурный облик города. Надземный способ применяют обычно на территориях промышленных предприятий при совместной прокладке энергетических и технологических трубопроводов. В жилых районах надземный способ используют только в особо тяжелых условиях: вечномерзлотные и проседающие при оттаивании грунты, заболоченные участки, большая густота существующих подземных сооружений, сильно изрезанная оврагами местность, пересечение естественных и искусственных препятствий.</p> <p>Подземные теплопроводы в настоящее время прокладывают в проходных и непроходных каналах (применявшиеся ранее полупроходные каналы сейчас не используют) или бесканальным способом. Кроме того, в жилых микрорайонах распределительные сети прокладывают иногда в технических подпольях (коридорах, тоннелях) зданий, что удешевляет и упрощает строительство и эксплуатацию.</p> <p>При прокладке в каналах и технических подпольях зданий теплопроводы защищены со всех сторон от механических воздействий и нагрузок и в некоторой степени от грунтовых и поверхностных вод. Для восприятия собственного веса теплопровода устанавливают специальные подвижные опоры. При бесканальной прокладке теплопроводы непосредственно контактируют с грунтом и внешние механические нагрузки воспринимаются трубой и теплоизоляционной конструкцией. При этом подвижных опор не устанавливают, а теплопроводы укладывают прямо на грунт или слой песка и гравия. Стоимость бесканальной прокладки на 25—30% меньше, чем в каналах, однако условия работы теплопроводов тяжелее.</p> <p>Глубина заложения теплопроводов от верхнего уровня каналов или изоляционной конструкции (при бесканальной прокладке) до поверхности земли составляет 0,5—0,7 м. При высоком уровне грунтовых вод его искусственно снижают устройством попутного дренажа из гравия, песка и дренажных труб под каналом или изоляционной конструкцией.</p> <p>Каналы в настоящее время изготавливают, как правило, из унифицированных сборных железобетонных деталей. Для защиты от грунтовых и поверхностных вод наружную поверхность каналов покрывают битумом с оклейкой гидрозащитным рулонным материалом. Для сбора влаги, которая попадает внутрь каналов, их дну следует придавать поперечный уклон не менее 0,002 в одну сторону, где делаются иногда закрытые (плитами, решетками) лотки, по которым вода стекает в сборные приямки, откуда отводится в водостоки.</p> <p>Следует отметить, что, несмотря на гидроизоляцию каналов, естественная влага, содержащаяся в грунте, проникает в них через их наружные стенки, испаряется и насыщает воздух. При охлаждении влажного воздуха на перекрытиях и стенках канала скапливается влага, которая стекает вниз и может вызывать увлажнение изоляции.</p>	
7.2	<p>Трубы и их соединения. Опоры. Расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры. Компенсаторы: назначение, классификация и их расчет. Использование и расчет естественной компенсации.</p> <p>Назначение, схемы и основное оборудование тепловых подстанций.</p>	<p>Водопроводная сеть является наиболее дорогой и ответственной в системе водоснабжения. Водопроводную сеть монтируют из труб заводского изготовления. На месте строительства производится соединение труб и их укладка.</p> <p>В соответствии с условиями эксплуатации водопроводной сети к ней предъявляются следующие требования:</p> <ul style="list-style-type: none"> прочность, т.е. высокое сопротивление всем возможным внутренним и внешним нагрузкам; герметичность труб и их стыковых соединений; гладкость внутренней (гидравлической) поверхности труб для обеспечения минимальных потерь напора в сети; долговечность, т.е. возможность длительного срока эксплуатации сети. <p>Водопроводные трубы должны быть прочными, долговечными и обеспечивать возможность простого и герметичного соединения [1, 2].</p> <p>Для укладки наружных водопроводных сетей используются трубы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - асбестоцементные; - железобетонные; - чугунные; - стальные; - пластмассовые. 	-
8.	Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.		
8.1	Тепловая изоляция. Теплоизо-	Теплоизоляционные материалы и конструкции. Тепловая изоляция устраивается на трубопроводах, арматуре, фланцевых соединениях, ком-	-

<p>ляционные материалы и конструкции тепловой изоляции. Расчетные зависимости и методика теплового расчета. Тепловой расчет надземных и подземных теплопроводов.</p>	<p>пенсаторах и опорах для следующих целей:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) уменьшения потерь тепла при его транспортировании, что снижает установленную мощность источника тепла и расход топлива; 2) уменьшения падения температуры теплоносителя, подаваемого к потребителям, что снижает требуемый расход теплоносителя и повышает качество теплоснабжения; 3) понижения температуры на поверхности теплопровода и воздуха в местах обслуживания (камерах, каналах), что устраняет опасность ожогов и облегчает обслуживание теплопроводов. <p>Кроме того, теплоизоляционные покрытия выполняют иногда роль антикоррозионной защиты наружной поверхности стальных труб и оборудования, что повышает их долговечность и надежность теплоснабжения.</p> <p>Для тепловой изоляции применяют материалы, имеющие низкую теплопроводность и низкий коэффициент коррозионной активности, малое водопоглощение, высокое электросопротивление и высокую механическую прочность. Не допускается использовать материалы, подверженные горению и гниению, а также содержащие вещества, способные выделять кислоты, крепкие щелочи, вредные газы и серу.</p> <p>Наиболее тяжелые условия для работы теплопроводов возникают при подземной канальной и особенно бесканальной прокладке вследствие увлажнения тепловой изоляции грунтовыми и поверхностными водами и наличия в грунте блуждающих токов. В связи с этим к важнейшим требованиям к теплоизоляционным материалам относятся малое водопоглощение, высокое электросопротивление, а при бесканальной прокладке - высокая механическая прочность.</p> <p>В качестве тепловой изоляции в тепловых сетях в настоящее время применяют в основном изделия из неорганических материалов (минеральной и стеклянной ваты), известково-кремнеземистые, соевитовые, вулканические, а также составы, изготавливаемые из асбеста, бетона, асфальта, битума, цемента, песка или других компонентов для бесканальной прокладки: битумоперлит, асфальтоизол, армопенобетон, асфальтокерамзитобетон и др.</p> <p>В зависимости от вида используемых изделий тепловую изоляцию подразделяют на оберточную (маты, полосы, шнуры, жгуты), штучную (плиты, блоки, кирпичи, цилиндры, полуцилиндры, сегменты, скорлупы), заливочную (монолитную и литую), мастичную и засыпную.</p> <p>Оберточные и штучные изделия применяют для всех элементов тепловых сетей и могут быть как съёмными — для оборудования, требующего обслуживания (сальниковые компенсаторы, фланцевые соединения), так и несъёмными. Крепят их при помощи бандажей, проволоки, винтов и т. п., выполненных из оцинкованных, кадмированных или коррозионно-стойких материалов, и покровного слоя. Заливочную и засыпную изоляцию применяют обычно для элементов тепловых сетей, не требующих обслуживания. Мастичную изоляцию допускается использовать для запорной и дренажной арматуры и сальниковых компенсаторов при условии выполнения съёмных конструкций для патрубков сальниковых компенсаторов и сальников уплотнений арматуры.</p> <p>Теплоизоляционные конструкции стальных трубопроводов при надземной и подземной канальной прокладке, а также при бесканальной прокладке в монолитной оболочке состоят обычно из трех основных слоев: противокоррозионного, теплоизоляционного и покровного. Противокоррозионный слой накладывается на наружную поверхность стальной трубы и выполняется из обмазочных и оберточных материалов в несколько слоев (изола или бризола на изоляльной мастике, эпоксидных или органических эмалей и красок, стеклоэмали и др.). Поверх него укладывают основную теплоизоляционный слой из оберточных, штучных или монолитных изделий. За ним идет покровный слой, защищающий теплоизоляционный слой от воздействия влаги и воздуха и от механических повреждений. Выполняется он при подземной прокладке из двух-трех слоев изола или бризола на изоляльной мастике, асбестоцементной штукатурки по металлической сетке, лакостеклоткани с различными пропитками, фольгоизола, а при надземной прокладке — из листов оцинкованной стали, алюминия, сплавов алюминия, стеклоцемента, стеклорубероида, стеклопластика и т. п.</p> <p>В настоящее время из указанных материалов выполняются на заводах полносборные и сборные теплоизоляционные конструкции для трубопро-</p>	
--	---	--

8.2	Тепловые потери и коэффициент тепловой эффективности тепловой изоляции. Выбор оптимальной толщины изоляционного слоя.	<p>ВОДОВ.</p> <p>Задачами теплого расчета являются: определение, потерь тепла через трубопровод и изоляцию в окружающую среду, расчет падения температуры теплоносителя при движении его по теплопроводу и определение экономически наиболее выгодной толщины изоляции. Методика расчета теплопотерь зависит от условий прокладки теплопроводов.</p> <p>При надземной прокладке теплопотери изолированным трубопроводом в окружающую среду, отнесенные к 1 м длины трубопровода Q, Вт/м, рассчитываются как теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку, окруженную воздушной средой:</p> $Q = \frac{\tau_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}} \pi d_{\text{в}}} + \sum \frac{1}{2 \pi \lambda_i \ln \frac{d_{i \text{н}}}{d_{i \text{в}}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}} \pi d_{\text{н}}}}$ <p>где $\tau_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ — средняя температура теплоносителя и температура окружающей среды, °С; $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициенты теплоотдачи от теплоносителя к стенке трубопровода (внутренний коэффициент) и от наружной поверхности изоляции в окружающую среду (наружный коэффициент), Вт/(м²°С); $d_{\text{в}}$, $d_{\text{н}}$ — внутренний диаметр трубопровода и наружный диаметр изоляционного покрытия, м; λ_i — теплопроводность i-го слоя изоляции, Вт/(м°С); $d_{i \text{в}}$, $d_{i \text{н}}$ — наружный и внутренний диаметры i-го слоя изоляции, м.</p> <p>Каждый член знаменателя формулы (9.1) соответствует определенному термическому сопротивлению. Так, первое и третье слагаемые этого знаменателя, представляющие собой термические сопротивления теплоотдачи соответственно от теплоносителя к стенке трубопровода $R_{\text{в}}$ и от наружной поверхности к окружающему воздуху $R_{\text{н}}$ будут равны:</p> $R_{\text{в}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}} \pi d_{\text{в}}}; \quad R_{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}} \pi d_{\text{н}}}$ <p>Термическому сопротивлению i-го слоя изоляции соответствует второй член знаменателя формулы (9.1):</p> $R_i = \frac{1}{2 \pi \lambda_i \ln \frac{d_{i \text{н}}}{d_{i \text{в}}}}$ <p>Единица термического сопротивления — °С/(Вт/м). Из анализа наименования единицы можно дать следующую интерпретацию его физического смысла: термическое сопротивление численно равно перепаду температур, °С, на этом сопротивлении при прохождении через него единичного теплового потока, отнесенного к 1 м длины трубопровода, Вт/м. Следовательно, чтобы найти действительный перепад температур, достаточно термическое сопротивление умножить на величину теплового потока. Такой способ позволяет достаточно просто находить температуру в любом слое изолированного трубопровода.</p> <p>Термическое сопротивление теплоотдачи от теплоносителя к трубопроводу и термическое сопротивление стенки трубопровода весьма малы по сравнению с термическим сопротивлением изоляции, поэтому в практических расчетах ими можно пренебречь. Вместе с тем необходимо учитывать дополнительные потери через неизолированные части теплопровода (арматуру, опоры, компенсаторы). Их учитывают в долях β теплопотерь теплопроводом.</p> <p>Термическое сопротивление от наружной поверхности тепловой изоляции к воздуху также невелико по сравнению с термическим сопротивлением изоляции, поэтому для его расчета допустимо пользоваться следующей упрощенной зависимостью:</p> $\alpha_{\text{н}} = 11,6 + 7 \sqrt{w},$ <p>где w — скорость движения воздуха, м/с.</p> <p>При движении теплоносителя по трубопроводам в результате потерь тепла в окружающую среду температура его падает. Рассчитать падение температуры для участка длиной l можно на основании теплового баланса: потери тепла в окружающую среду равны уменьшению теплосодержания теплоносителя:</p> $G c (\tau_1 - \tau_2) = Q l,$ <p>где G — массовый расход теплоносителя; c — массовая теплоемкость</p>	-
-----	---	---	---

		<p>теплоносителя; T_1 и T_2 — температура теплоносителя в начале и конце участка.</p> <p>Если падение температуры небольшое и составляет 3—4%, то расчет можно вести в предположении постоянства удельных теплотерь и определять их по начальному состоянию теплоносителя. При больших падениях температуры при расчетах следует учитывать изменение удельных теплотерь с уменьшением температуры теплоносителя.</p>	
9.	Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.		
9.1	<p>Организация службы эксплуатации. Приемка, пуск, наладка и испытания систем теплоснабжения. Методы обнаружения и ликвидации аварий.</p>	<p>Нормальная работа источника теплоты, сетей и потребителей требует постоянного контроля за состоянием оборудования и соблюдением режимов отпуска теплоты заданных параметров. Задача наладки заключается в том, чтобы обеспечить бесперебойное приготовление теплоты при всех режимах нагрузки и установить максимальное соответствие между выработкой теплоты и ее потреблением.</p> <p>При наладке режимов теплоснабжения необходимо учитывать неодинаковые условия доставки теплоты на различные расстояния. В сетях большой протяженности при регулировании режимов потребители вблизи станций начинают получать теплоту новых параметров значительно раньше дальних потребителей. Это запаздывание, определяемое временем перемещения теплоносителя от источника к концу сети, при небольшой скорости воды (до 2 м/с) может составлять продолжительное время. В таких случаях для предупреждения перерасхода теплоты у головных потребителей и нехватки теплоты у концевых потребителей (или наоборот) центральное регулирование должно корректироваться местным регулированием. Продолжительность движения теплоносителя до характерных точек сети определяется при наладке. Наладка может производиться после сооружения новых сетей или ремонта действующих, такая наладка называется пусковой. Во время эксплуатации сетей наладка применяется с целью улучшения режимов потребления теплоты.</p> <p>Пусковая наладка необходима для обеспечения расчетного распределения теплоносителя в многочисленных ответвлениях сетей и экономической работы теплопотребляющих установок. Если на вводах имеются автоматические регуляторы, задача пусковой наладки сводится к настройке регуляторов расхода на пропуск расчетных расходов воды при расчетном гидравлическом режиме сетей. При отсутствии абонентских регуляторов наладку производят различными методами. Один из них, называемый <i>программным</i>, предусматривает наладку режимов путем последовательного подключения потребителей к сети. Пусковое регулирование сетей по программному методу осуществляется по плану очередности подключения абонентов. Наиболее простое регулирование достигается последовательным подключением абонентов в направлении от конца сети к станции или от источника теплоты к концу сети.</p> <p>Программный метод пускового регулирования при большом числе потребителей неудобен из-за сложности, поэтому его применяют для небольших тепловых сетей.</p> <p>Пусковое регулирование по <i>методу сопротивлений</i> состоит в настройке на каждом абонентском вводе расчетного сопротивления, соответствующего расчетному режиму эксплуатации. Расчетное сопротивление вводов определяется по пьезометрическому графику, построенному по расчетным расходам воды. При регулировании проверяют соответствие фактического сопротивления ввода расчетным значениям. Несоответствие устраняют наладкой. Результаты наладки проверяют по показаниям приборов расхода и давления на подающем и обратном трубопроводах. Метод сопротивления применяют для пускового регулирования сетей с любым числом потребителей при любой последовательности их включения в любой точке сети.</p>	-
9.2	<p>Повышение надежности теплоснабжения. Оптимизация систем теплоснабжения. Основные направления развития систем тепло-</p>	<p>Анализ данных эксплуатирующих организаций тепловых сетей показывает, что в большинстве случаев фактическое значение параметра потока отказов существенно превышает нормативные показатели. Это значит, что надежность этих сетей не удовлетворяет нормам и требует повышения. В последнее время остро ставятся вопросы реконструкции тепловых сетей (ТС) для оптимизации теплоснабжения потребителей, особенно снабжаемых теплотой от тупиковых систем. Анализ реальных схем подключения показывает, что многие существующие жилые здания подключены к таким сетям без технико-экономического обоснования длины от-</p>	-

	снабжения.	<p>ветвлений от основной магистрали и не входят в оптимальный радиус действия данного теплоисточника.</p> <p>Существуют различные методики определения дополнительных денежных затрат в реконструкцию существующих систем теплоснабжения, в укрупненном виде их можно представить как пошаговый алгоритм расчета дополнительных денежных затрат.</p> <p>При этом одним из ключевых вопросов данной проблемы является технико-экономическое обоснование эффективности инвестиций в повышение надежности теплоснабжения потребителей. Повышение надежности достигается различными путями:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ прокладываются дополнительные перемычки, если возможно закольцевать существующую тупиковую систему трубопроводов; ◆ переключаются проблемные участки подземной сети трубопроводов, ранее подверженные местному ремонту, затоплениям, с выявленными коррозионными дефектами поверхности; ◆ изменяются условия прокладки трубопроводов: ветки ТС подземной прокладки, не выдерживающие параметры надежности, переключаются надземным способом, т.к. срок службы (надежность) воздушных прокладок значительно выше; ◆ при недостаточной мощности теплоисточника (причинами могут выступать досрочный выход из строя оборудования, снижение тепловой мощности из-за несбалансированной работы, подключение абонентов, тепловая нагрузка которых превышает фактическую свободную тепловую мощность источника, и т.п.) - демонтаж существующей ветки с переводом потребителя на автономное теплоснабжение, что исключает зависимость снабжения потребителя теплоносителем от надежности работы ТС. <p>На практике, разветвленные тупиковые квартальные сети теплоснабжения зачастую невозможно закольцевать путем введения дополнительных перемычек или изменить тип прокладки трубопроводов, например по архитектурным требованиям. В этом случае рассматриваются варианты реконструкции существующей ТС либо решается вопрос о нерентабельности реконструкции, демонтаже сети и перевода абонента на автономное теплоснабжение при соответствующем технико-экономическом обосновании. Основная сложность состоит в правильной оценке состояния ТС. Ведь важно не только оценить степень изношенности трубопроводов, но и спрогнозировать изменение состояния теплоснабжающей ветки в течение последующих нескольких лет при различных вариантах замены тех или иных участков, исходя из условий ограниченного объема финансирования, в которых находится подавляющее большинство эксплуатирующих организаций.</p>	
--	------------	--	--

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	4.	Исследование температурных графиков открытых систем теплоснабжения	2	-
2	5.	Исследование температурных графиков закрытых систем теплоснабжения	5	тренинги в малой группе (2 часа)
3	6.	Исследование режимов давлений в тепловых сетях. Анализ пьезометрических графиков.	4	-
4	6.	Исследование эффективности работы автоматизированного теплового пункта	2	-
5	7.	Исследование режимов работы пластинчатого теплообменного аппарата.	2	проектная деятельность (2 часа)
6	8.	Анализ тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети.	2	-
ИТОГО			17	4

4.4. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование тем практических занятий	Объем (час.)	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	2.	1. Расчет и построение графиков тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды в зависимости от температуры наружного воздуха. 2. Построение графика продолжительности тепловой нагрузки.	4	-
2	3.	Выбор теплоносителя и конструкции тепловой сети	3	-
3	4.	Выбор метода регулирования отпуска тепла от источника теплоснабжения. Построение температурных графиков для отопительной и вентиляционной нагрузки.	6	-
4	5.	1. Расчет и построение графика суммарного расхода воды (пара). 2. Гидравлический расчет водяной тепловой сети. 3. Гидравлический расчет паровой тепловой сети.	12	-
5	6.	1. Гидравлический режим тепловой сети. 2. Построение и анализ пьезометрического графика. 3. Присоединение абонентов к тепловой сети 4. Насосные подстанции. Выбор насосов.	12	-
6	7.	Прочностные расчеты элементов тепловой сети.	8	-
7	8	Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.	6	-
ИТОГО			51	-

4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа

Цель: закрепление полученных теоретических знаний, приобретение навыков практического проектирования систем теплоснабжения, выбора конструкции тепловых сетей, методов регулирования, развитие у студентов самостоятельности при решении инженерных, приближенных к производству и навыков работы с нормативной и технической литературой.

Тематика: проектирование тепловых сетей. Объектом проектирования является система теплоснабжения, обеспечивающая тепловой энергией микрорайон, рабочий поселок и промышленное предприятие. В процессе проектирования тепловой сети выполняются тепловые, гидравлические и прочностные расчеты, в результате которых определяются конфигурация, конструкции и характеристики элементов, гидравлические режимы работы тепловой сети.

Пояснительная записка курсовой работы содержит: цель курсового проектирования, характеристику географического района, описание конструкции сети и ее элементов, определение тепловых нагрузок, график продолжительности тепловых нагрузок, выбор метода регулирования и температурные графики, гидравлический расчет сети и пьезометрический график, выбор насосов, прочностные расчеты элементов сети, тепловые расчеты изоляции, технико-экономический расчет транспорта тепловой энергии и заключение.

Курсовая работа включает пояснительную записку и графическую часть объемом два листа формата А1. Более подробные указания по содержанию, структуре, объему и выполнению курсового проекта представлены в учебном пособии.

Рекомендуемый объем работы: Курсовая работа должна включать введение, заключение, список использованной литературы и технологическую часть. Курсовой проект выполняется в виде пояснительной записки объемом 35 – 45 страниц.

Графическое выполнение: Объем графической части 2 -3 листа формат А1.

Выдача задания, прием и защита КР проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки курсовой работы
отлично	Курсовая работа сдана в первую неделю защит. В курсовой работе представлен полностью выполнены тепловой, гидравлический и прочностной расчеты, в результате которых определены конфигурация, конструкции и характеристики элементов, гидравлические режимы работы тепловой сети. Обучающийся владеет материалом и отвечает на все поставленные вопросы. Графическая часть КП выполнена с использованием современного программного обеспечения САПР «Компас-3D». Документация оформлена с соблюдением норм ЕСКД и соответствующих ГОСТов.
хорошо	Курсовая работа сдана в срок со второй по четвертую неделю защит или курсовой проект содержит незначительные ошибки. Обучающийся имеет недостаточные знания по данному материалу. Графическая часть КП выполнена с использованием современного программного обеспечения САПР «Компас-3D». Документация оформлена с соблюдением норм ЕСКД и соответствующих ГОСТов.
удовлетворительно	Курсовая работа сдана в срок с пятой недели по седьмую неделю защит или содержит значительное количество ошибок, или ошибка подразумевает полную переработку всего курсового проекта.
неудовлетворительно	Курсовая работа не сдана в установленный срок.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп</i>	<i>тср, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОК</i>	<i>ПК</i>				
			<i>7</i>	<i>10</i>				
1		2	3	4	5	6	7	8
1. Назначение систем теплоснабжения.		4	+	-	1	4	Лк, СРС	экзамен
2. Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ.		12	+	-	1	12	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
3. Классификация систем теплоснабжения.		4	+	-	1	4	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
4. Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения		34	-	+	1	34	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
5. Гидравлический расчет тепловых сетей.		33	-	+	1	33	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
6. Гидравлический режим тепловых сетей.		54	-	+	1	54	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
7. Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.		31	-	+	1	31	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
8. Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.		30	-	+	1	30	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
9. Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.		14	-	+	1	14	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	экзамен КР
	<i>всего часов</i>	216	20	196	2	108	-	-

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Федяев А.А. Энергосберегающие технологии в энергосистемах: Методическое пособие для практических занятий./ Федяев А.А., Федяева В.Н. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2014. – 87 с.

2. Тестовые и контрольные задания. В 4 ч. / Под ред. С. В. Белокобыльского. - Братск: БрГУ, 2005. Ч.4: Специальные дисциплины и дисциплины специализации. - 158 с.

3. Правила эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей. Правила техники безопасности при эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей: Согл. с Сов. Фед. Независ. профсоюзов России 6 мая 1992г., №105/78 : нормативный документ / Госэнергонадзор. - Санкт-Петербург : Деан, 2003. - 192 с. - (Безопасность труда России). - ISBN 5936300757

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Парамонов А. М. Системы воздухообеспечения предприятий : учебное пособие / А. М. Парамонов, А. П. Стариков. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 160 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-58114-1149-8 https://e.lanbook.com/reader/book/1801	Лк, ПЗ, ЛР	ЭР	1
Дополнительная литература				
2.	Пак, Г. В. Системы теплоснабжения : методические указания к выполнению лабораторных работ / Г. В. Пак, С. В. Латушкина. - Братск : БрГУ, 2014. - 41 с.	ЛР	23	1
3.	Чупраков, А. И. Источники теплоснабжения предприятий : учеб. пособие / А. И. Чупраков. - Братск : БрГУ, 2006. - 163 с.	Лк, ПЗ, ЛР	106	1
4.	Монахов, Г. В. Моделирование управления режимами тепловых сетей : учебное пособие / Г. В. Монахов, Ю. А. Войтинская. - Москва : Энергоатомиздат, 1995. - 221 с. - ISBN 5283002349 https://e.lanbook.com/book/60009#authors	Лк, ПЗ, ЛР	ЭР	1
5.	Пак, Г. В. Системы теплоснабжения промышленных предприятий : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / Г. В. Пак, А. А. Проненков, С. В. Латушкина. - Братск : БрГУ, 2007. - 94 с.	ПЗ, КР	84	1
6.	Пак, Г. В. Системы теплоснабжения промышленных предприятий : учебно-методическое пособие / Г. В. Пак, А. А. Проненков, С. В. Латушкина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГУ, 2013.	Лк, ПЗ, ЛР	73	1
7.	Пак, Г. В. Источники и системы теплоснабжения : метод. указ. по выполн. диплом. проектов по системам теплоснабжения и котельным установкам для всех форм обучения спец.10.07 "ПТЭ" / Г. В. Пак, С. В. Латушкина. - Братск : БрГУ, 2000. - 43 с.	Лк, ПЗ, ЛР, КР	25	1
8.	Федяев А. А. Исследование характеристик элементов технологических энергосистем : лабораторный практикум / А. А. Федяев, В. Н. Федяева, Н. Н. Михолап. - Братск: БрГУ, 2014. - 44 с.	Лк, ПЗ, ЛР	27	1
9.	Федяев А. А. Технологические энергоносители предприятий : лабораторный практикум / А. А. Федяев, В. Н. Федяева. - Братск: БрГУ, 2013. - 28 с.	Лк, ПЗ, ЛР	31	1
10.	Федяев А. А. Технологические энергосистемы предприятий. Расчет систем производства и распределения газообразных энергоносителей : учебное пособие / А. А. Федяев, Н. В. Калинин, О. Л. Данилов. - Братск: БрГУ, 2005. - 102 с.	Лк, ПЗ, ЛР	19	1
11.	Данилов, О. Л. Вторичные энергоресурсы. Тепломассообменное оборудование предприятий: учебно-методическое пособие / О. Л. Данилов, В. Н. Федяева. - Братск: БрГУ, 2004. - 118 с.	Лк, ПЗ, ЛР	99	1

12.	Федяев А. А. Промышленные теплоэнергетические системы: лабораторный практикум / А. А. Федяев. - Братск: БрГТУ, 2003. - 162 с. - ISBN 5816600974	Лк, ПЗ, ЛР	81	1
13.	Федяев А. А. Технологические энергосистемы предприятий: задания и методические указания к выполнению курсового проекта / А. А. Федяев, В. Н. Федяева. - Братск : БрГТУ, 2002. - 26 с.	Лк, ПЗ, ЛР, КП	31	1
14.	Федяев А. А. Системы производства и распределения энергоносителей промышленных предприятий: лабораторный практикум / А. А. Федяев. - Братск: БрИИ, 1999. - 51 с.	Лк, ПЗ, ЛР	21	1
15.	Сорокина, Л. В. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий : методические указания к выполнению лабораторной работы на ЭВМ для спец. 10.07 / Л. В. Сорокина. - Братск : БрИИ, 1996. - 20 с.	Лк, ПЗ, ЛР	31	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ

Рекомендуемые источники литературы, необходимые при выполнении лабораторных и практических работ указаны в п.7 (основная [1] и дополнительная [2-15]).

Лабораторная работа № 1

Исследование температурных графиков открытых систем теплоснабжения.

Цель работы: анализ температурных графиков открытых систем теплоснабжения.

Порядок выполнения работы:

Температуры воды в подающем и обратном трубопроводах, °С:

$$\tau_{o_1} = t_B + \Delta t'_o \cdot \bar{Q}_o^{0,8} + (\delta \tau'_o - 0,5 \cdot \theta') \cdot \bar{Q}_o, \quad (1)$$

$$\tau_{o_2} = \tau_{o_1} - \delta \tau'_o \cdot \bar{Q}_o = t_B + \Delta t'_o \cdot \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5 \cdot \theta' \cdot \bar{Q}_o, \quad (2)$$

где $\delta \tau'_o$ – расчётная разность температур сетевой воды, °С;

$\Delta t'_o$ – расчётный температурный напор в нагревательном приборе, °C;

θ' – расчётный перепад температур в отопительной системе, °C;

\bar{Q}_o – относительная тепловая нагрузка.

Расчетный температурный напор в нагревательном приборе, °C:

$$\Delta t'_o = \frac{\tau'_{o_2} + \tau'_{o_1}}{2} - t_B, \quad (3)$$

где τ'_{o_2} – температура воды после смесительного устройства, °C.

Расчетный перепад температур в отопительной системе, °C:

$$\theta' = \tau'_{o_1} - \tau'_{o_2}, \quad (4)$$

Относительная тепловая нагрузка:

а) отопления:

$$\bar{Q}_o = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{p,o}}, \quad (5)$$

б) вентиляции:

$$\bar{Q}_B = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{p,B}}, \quad (6)$$

где t_H – текущая температура наружного воздуха, °C.

Расчётная разность температур сетевой воды, °C:

$$\delta \tau'_o = \tau'_{o_1} - \tau'_{o_2}, \quad (7)$$

Обработка результатов измерений:

Расчет скорректированного графика:

Предварительно рассчитывается относительный расход воды, кг/с:

$$\bar{G}_o = \frac{1 - 0,5 \cdot \rho^{\delta} \cdot \frac{\theta'}{t_r - t_x}}{1 + \frac{t_r - t_B}{t_r - t_x} \frac{\rho^{\delta}}{\bar{Q}_o} - \frac{\Delta t'_o}{t_r - t_x} \frac{\rho^{\delta}}{\bar{Q}_o^{0,2}}}, \quad (8)$$

где, $\rho^{\delta} = \frac{1,1 \cdot Q_{rвс}^2}{Q'_o}$ – относительная балансовая тепловая нагрузка.

Значение температур воды в подающем трубопроводе, °C:

$$\tau_1 = t_B + \frac{\bar{Q}_o}{\bar{G}_o} \cdot \left(\delta \tau'_o + \Delta t'_o \cdot \frac{\bar{G}_o}{\bar{Q}_o^{0,2}} - 0,5 \cdot \theta' \right) \quad (9)$$

Значение температур воды в обратном трубопроводе, °C:

$$\tau_2 = t_B + \frac{\bar{Q}_o}{\bar{G}_o} \cdot \left(\Delta t'_o \cdot \frac{\bar{G}_o}{\bar{Q}_o^{0,2}} - 0,5 \cdot \theta' \right) \quad (10)$$

Расчеты по формулам (8) – (10) сводятся в таблицу 2.

Определяем относительную балансовую тепловую нагрузку:

$$\rho^{\delta} = \frac{1,1 \cdot 23,9}{110,2} = 0,238$$

Определяем относительный расход воды, кг/с:

$$\bar{G}_{o_1} = \frac{1 - 0,5 \cdot 0,238 \cdot \frac{25}{55-5}}{1 + \frac{55-20}{55-5} \frac{0,238}{0,217} - \frac{62,5}{55-5} \frac{0,238}{0,217^{0,2}}} = 0,689 \quad \text{кг/с;}$$

Для остальных температур расход воды находится аналогично и сводится в таблицу 2.

Определяем значение температур воды в подающем трубопроводе, °C:

$$\tau_{1_1} = 20 + \frac{0,217}{0,689} \cdot \left(60 + 62,5 \cdot \frac{0,689}{0,217^{0,2}} - 0,5 \cdot 25 \right) = 33,36 \text{ °C};$$

Для остальных температур значение температур воды в подающем трубопроводе находится аналогично и сводится в таблицу 2.

Определим значение температур воды в обратном трубопроводе, °C:

$$\tau_{2_1} = 20 + \frac{0,217}{0,689} \cdot \left(62,5 \cdot \frac{0,689}{0,217^{0,2}} - 0,5 \cdot 25 \right) = 34,47 \text{ °C};$$

Для остальных температур значение температур воды в обратном трубопроводе находится аналогично и сводится в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет скорректированного графика.

№ п/п	Температура наружного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$	Относительный расход		Температура воды, $^\circ\text{C}$	
		Тепла \bar{Q}_o	Воды \bar{G}_o	Прямой $\tau_1, ^\circ\text{C}$	Обратной $\tau_2, ^\circ\text{C}$
1					
2					
3					
...					
n					

По данным расчета, сведенным в таблицу 1 строится скорректированный график температур сетевой воды.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в данной теме. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое открытая система теплоснабжения?
2. Чем характеризуется открытая система теплоснабжения?
3. Что такое температурный график и что он характеризует?
4. Что такое относительная тепловая нагрузка?

Лабораторная работа № 2

Исследование температурных графиков закрытых систем теплоснабжения.

Цель работы: анализ температурных графиков закрытых систем теплоснабжения. Расчет «повышенного» температурного графика и его построение.

Порядок выполнения работы:

Расчет «повышенного» температурного графика заключается в определении перепада температур сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступеней при различных температурах наружного воздуха.

Поскольку суточный графике ГВС неравномерен, расчет «повышенного» температурного графика производят по балансовой нагрузке на ГВС, несколько превышающей среднюю нагрузку на ГВС, МВт:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{б}} = 1,2 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{з}}, \quad (1)$$

Предварительно определяют суммарный перепад температур сетевой воды в верхней и нижней ступенях подогревателя, $^\circ\text{C}$:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{1,2 \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{з}}}{q'_0} \cdot \delta \tau'_0, \quad (2)$$

Перепады температур сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступеней определяют для каждого диапазона отдельно.

Диапазон I.

Для рассматриваемого диапазона значение температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах определяются в точке «излома» т.е. при температуре наружного воздуха.

Задавшись величиной недогрева $\Delta t_{\text{п}}^{\text{н}} = 5 \dots 10^{\circ}\text{C}$, предварительно определяют температура водопроводной воды на выходе из подогревателя нижней ступени, $^{\circ}\text{C}$:

$$t'_{\text{п}} = \tau'_{0_2} - \Delta t_{\text{п}}^{\text{н}}, \quad (3)$$

Перепад температур сетевой воды в подогревателях, $^{\circ}\text{C}$:

- для нижней ступени I:

$$\delta_2^{\text{н}} = \delta \cdot \frac{t'_{\text{п}} - t_x}{t_r - t_x}, \quad (4)$$

- для верхней ступени II:

$$\delta_1^{\text{н}} = \delta - \delta_2^{\text{н}}, \quad (5)$$

Диапазон II (расчетный режим).

Перепад температур сетевой воды в подогревателе нижней ступени, $^{\circ}\text{C}$:

$$\delta_2^{\text{р}} = \delta_2^{\text{н}} \cdot \frac{\tau'_{0_2} - t_x}{\tau_{0_2}^{\text{н}} - t_x}, \quad (6)$$

По найденным значениям $\delta_1^{\text{р}}$ и $\delta_2^{\text{р}}$ и известным температурам воды отопительно-бытового графика (τ_{0_1} и τ_{0_2}) находим температуры в подающем и обратном трубопроводах, $^{\circ}\text{C}$:

$$\delta_1^{\text{р}} = \delta - \delta_2^{\text{р}}, \quad (7)$$

$$\tau'_1 = \tau'_{0_1} + \delta_1^{\text{р}}, \quad (8)$$

$$\tau'_2 = \tau'_{0_2} - \delta_2^{\text{р}}, \quad (9)$$

По данным расчета строится «повышенный» график температур сетевой воды (рисунок 1).

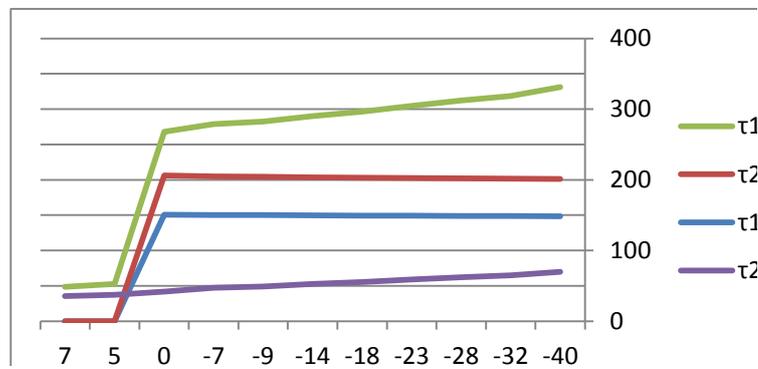


Рисунок 1 – «Повышенный» температурный график.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в данной теме. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое закрытая система теплоснабжения?
2. Чем характеризуется закрытая система теплоснабжения?

3. Что такое «повышенный» температурный график и что он характеризует?
4. Что такое балансовая тепловая нагрузка?

Лабораторная работа № 3

Исследование режимов давлений в тепловых сетях. Анализ пьезометрических графиков.

Цель работы:

- 1) приобретение навыков проведения гидравлических расчетов трубопроводов различной конструкции.
- 2) приобретение навыков анализа пьезометрического графика и выбор насосов.

Порядок выполнения работы:

Задачей гидравлического расчета трубопроводов тепловых сетей является определение потерь давления теплоносителя, напор в различных точках сети и диаметров трубопроводов. Результаты гидравлического расчета служат также основой для построения пьезометрических графиков.

Суммарные потери давления в трубопроводах тепловых сетей состоят из линейных потерь (потерь на трение) и местных потерь, Па:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}},$$

Которые определяются по зависимостям:

$$\Delta P_{\text{л}} = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{\rho * w^2}{2},$$

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum \xi * \frac{\rho * w^2}{2},$$

где λ и ξ – коэффициенты гидравлического и местного сопротивления соответственно; d – внутренний диаметр трубопровода, м; ρ и w – плотность и скорость сетевой воды соответственно, кг/м³ и м/с.

Суммарные потери давления в трубопроводах тепловых сетей, Па:

Для проведения гидравлического расчета составляется расчетная схема разветвленной тепловой сети, на которой указываются номера участков сети, их длины и расход сетевой воды на каждом участке.

Пьезометрический напор – это давление, выраженное в линейных единицах. Распределение давлений в трубопроводах тепловых сетей принято изображать посредством пьезометрического графика, на котором наносится рельеф местности, высоты зданий и напоры в тепловых сетях.

Целью построения пьезометрического графика является:

- определение полных и располагаемых напоров в любой точке тепловой сети.
- выбор схемы присоединения абонентов.
- выбор насосов.

Пьезометрический график строится для динамического и статического режимов работы сети. В динамическом режиме сетевой насос включен и обеспечивает циркуляцию сетевой воды в тепловой сети. В статическом режиме сетевой насос включен, циркуляция отсутствует и пьезометрический график представляет собой горизонтальную прямую линию.

В динамическом режиме предельные максимальные и минимальные значения давлений в подающем и обратном трубопроводах ограничены условиями прочности элементов тепловой сети, не вскипания сетевой воды, отсутствия опорожнения отопительных приборов верхних этажей зданий и исключения кавитации и подсоса воздуха на всасывающем патрубке насоса.

Расчетные зависимости

- 1) Определяем на схеме и нумеруем участки сети (где $G = \text{const}$).
- 2) Определяем по формулам расходы на каждом участке.

3) Задаемся удельным сопротивлением на участках: на магистральном $R_{л} \leq 80 \text{ Па/м}$,
на ответвлениях $R_{л} \leq 120 \text{ Па/м}$.

4) Рассчитываем предварительное значение диаметра трубопровода.

5) В соответствии с ГОСТ выбираем стандартный ближайший диаметр.

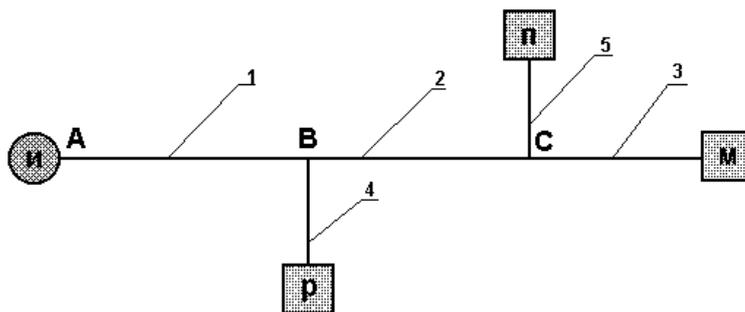


Рисунок 1 – Схема тепловой сети.

Рассчитаем предварительный диаметр трубопровода, м

$$d_i^{pp} = \frac{A_d \cdot G_i^{0,38}}{R^{0,19}}$$

где $A_d = 117 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{0,62} \text{ кг}^{0,19}$ – коэффициент для воды и трубопровода с абсолютной шероховатостью $k_s = 0,5 \text{ мм}$; G_i – расход воды на участке; R – удельное сопротивление на участке, Па/м.

Таблица 1 – Предварительный диаметр трубопровода

№ участка	G , кг/с	$R_{л}$	d_{pp}	$d_{ст}$
1				
2				
3				

Разработка монтажной схемы тепловой сети

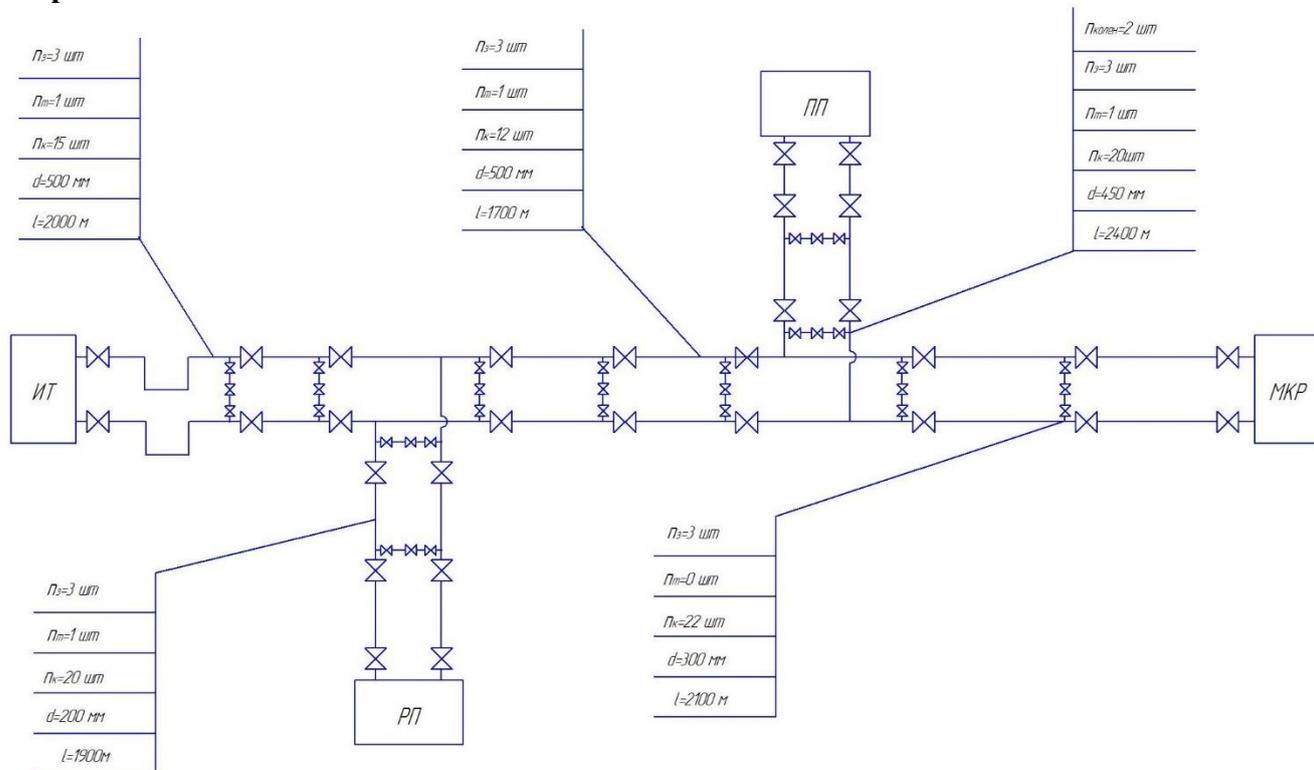


Рисунок 2– Монтажная схема тепловой сети.

1) Наносится схема с обозначением всех ответвлений и указанием углов поворотов.

2) Обозначаются все задвижки.

3) Указываются все неподвижные опоры, тепловые пункты и камеры.

4) Наносят секционные задвижки(при $d_y = 100\text{мм}$ $l_{c3} \leq 1000\text{м}$; при $d_y = 400 \div 500\text{мм}$ $l_{c3} \leq 1500\text{м}$; при $d_y = 500 \div 900\text{мм}$ $l_{c3} \leq 3000\text{м}$; при $d_y > 900\text{мм}$ $l_{c3} \leq 5000\text{м}$); наименьший диаметр перемычки 50мм.

5) Обозначаем на схеме тип и количество компенсаторов.

6) Указывается расположение грязевиков.

7) Указываются места установки воздушников и спускных устройств.

Таблица 2 – Фактические линейные сопротивления

№ участка	G, кг/с	Rл, Па/м	d пр	w м/с
1				
2				
3				

2) В соответствии с разработанной монтажной схемой определяем эквивалентные длины участков $l_{\text{экв}}$, при этом местные сопротивления суммируются.

Таблица 3 – Потери давления и потери напора

Предварительный расчёт					Окончательный расчёт			
G, кг/с	l, м	d·S, мм	R, Па/м	ω, м/с	l _э , м	l+l _э , м	ΔP, Па	ΔH, м

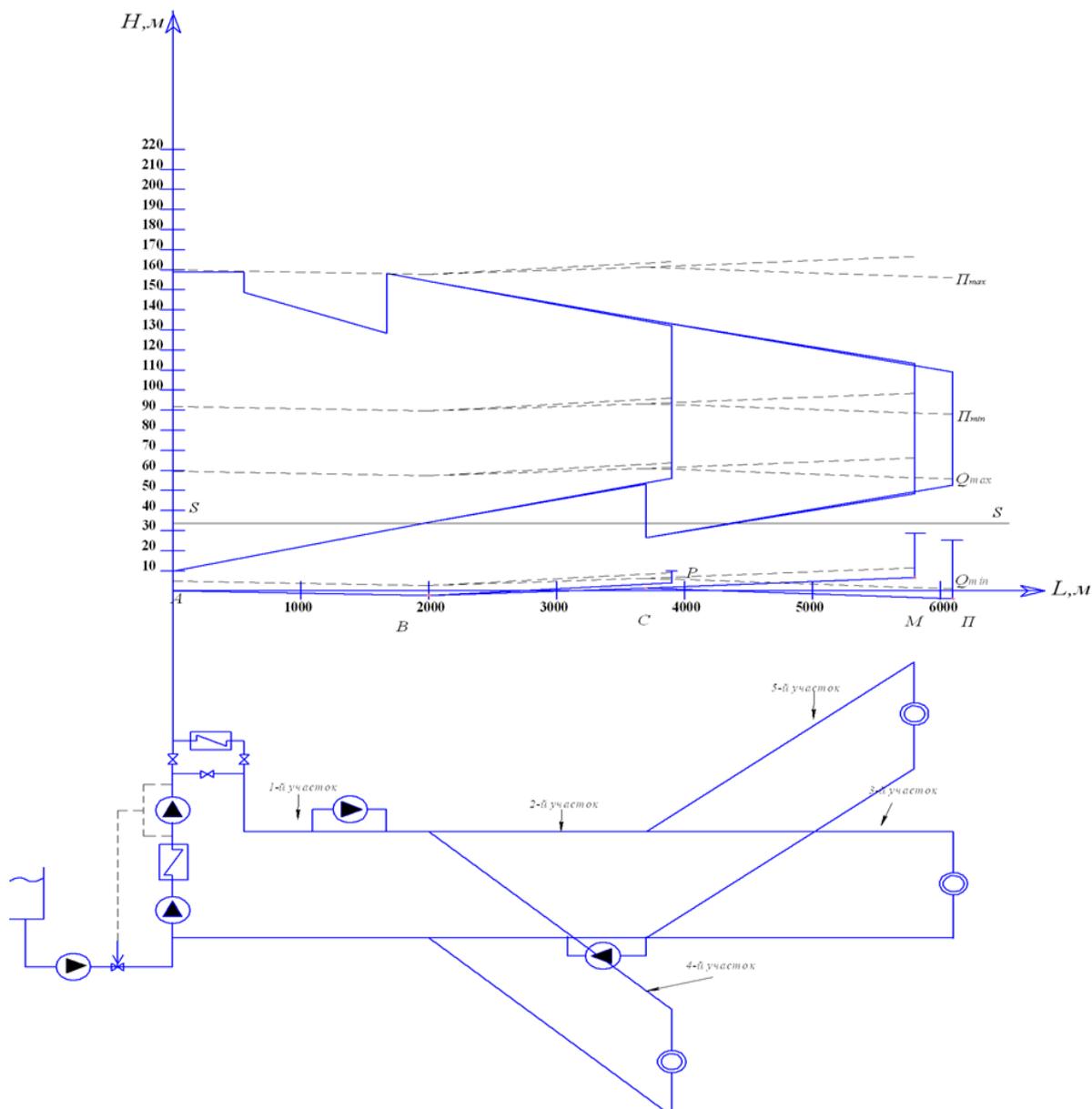


Рисунок 3 –Пьезометрический график

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в данной теме. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Задача гидравлического расчета трубопроводов тепловых сетей?
2. Что такое пьезометрический напор?
3. Что такое пьезометрический график и что он характеризует?
4. Цель построения пьезометрического графика?

Лабораторная работа № 4

Исследование эффективности работы автоматизированного теплового пункта.

Цель работы: исследовать эффективность работы автоматизированного теплового пункта «Взлет АТП».

Порядок выполнения работы:

Автоматизированные тепловые пункты «Взлет АТП» (рис.1) предназначены для контроля и автоматического управления значениями параметров теплоносителя, подаваемого в систему отопления (СО), горячего водоснабжения (ГВС), вентиляции и кондиционирования с целью оптимизации теплоснабжения.



Рисунок 1 – Автоматизированный тепловой пункт «Взлет АТП».

Таблица 1 – Основные параметры автоматизированного теплового пункта «Взлет АТП».

Наименование параметра	Значение
Давление в подающем трубопроводе ТС, МПа	не более 1,6
Давление в обратном трубопроводе ТС, МПа	не более 0,8
Температура теплоносителя в подающем трубопроводе ТС, °С	от 5 до 150
Температура теплоносителя в обратном трубопроводе ТС, °С	от 5 до 75
Температура окружающей среды в помещении теплового пункта, °С	от 5 до 50
Напряжение питания от трехфазной сети переменного тока	~380 В, 50 Гц
Потребляемая электрическая мощность, кВА	от 0,4 до 4
Режим работы	постоянный
Средняя наработка на отказ, не менее, ч	75000
Средний срок службы, не менее, лет	12

При автоматизации систем отопления у потребителей подача теплоты обеспечивается путем поддержания регулятором отопления заданного графика температур теплоносителя. Управление теплоснабжением здания осуществляется с учетом температуры наружного воздуха и динамики ее изменения (учет тепловой инерции здания позволяет выравнять температуру внутри отапливаемых помещений, а также уменьшить неравномерность нагрузки на тепловую сеть (ТС)). Обеспечение качественного регулирования подачи теплоносителя в СО потребителей (для равномерного прогрева помещений внутри здания); количественно-качественное регулирование применяется в случаях, отдельно согласовываемых с теплоснабжающей организацией. Улучшение функционирования системы теплоснабжения в целом. С этой целью предусматривается нормированное снижение нагрузки на отопление в периоды максимального водоразбора на ГВС с последующей компенсацией в часы минимального пользования ГВС. С целью защиты ТС от возможных гидроударов при использовании

АТП применяется плавное регулирование с исключением релейного и тем более старто-стопного регулирования, и не допускается резкое изменение расхода теплоносителя в ТС.

Принципиальная схема установки показана на рисунке, представленном ниже, (рисунок 2).

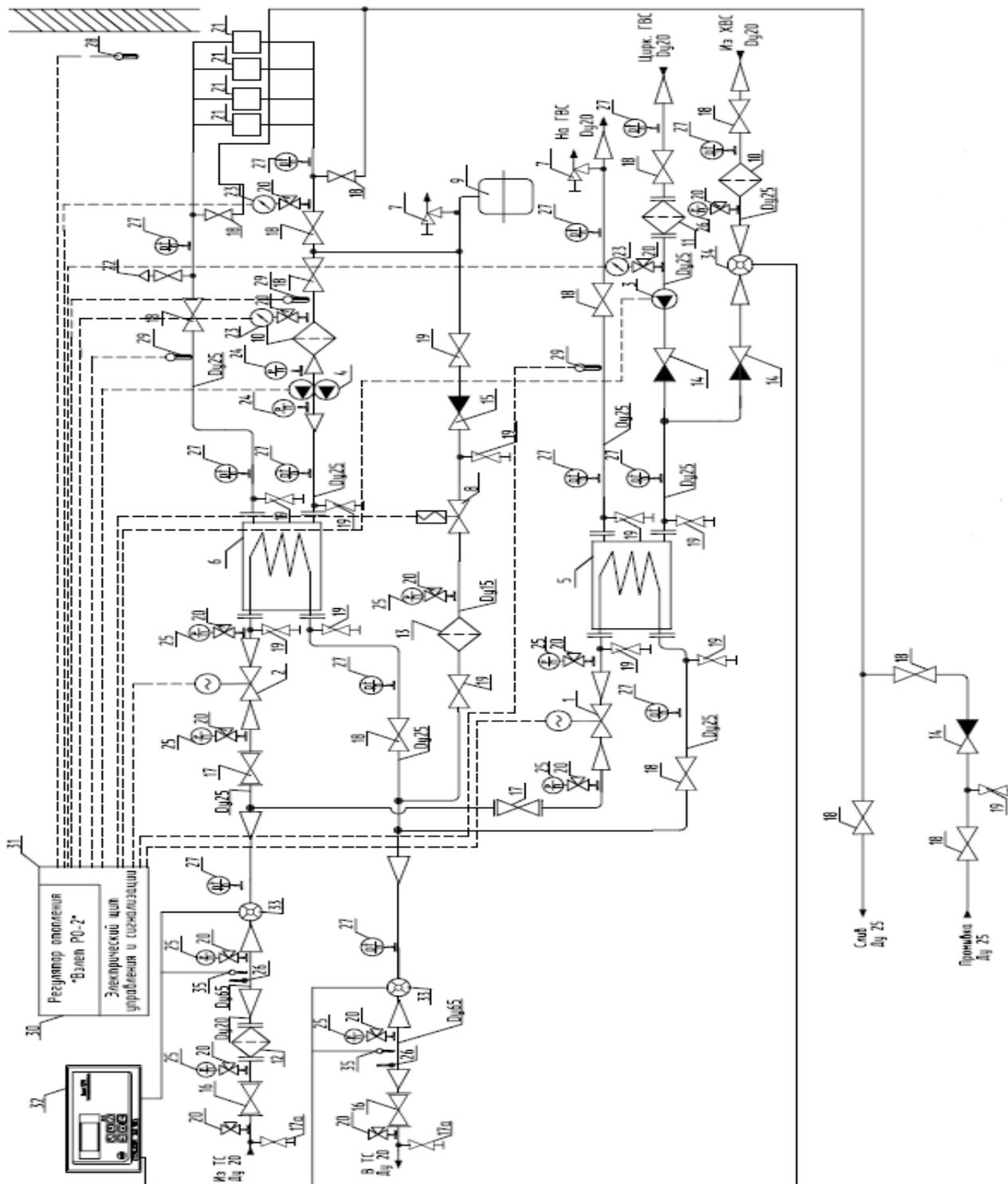


Рисунок 2 – Схема автоматизированного теплового пункта «Взлет АТП»

Таблица 2 – Обозначения в схеме «Взлет АТП».

Поз	Наименование и техническая характеристика	Характеристики
Оборудование		
1	Двухходовой клапан регулирующий DN 15 с сервоприводом 220 В	$K=0,4 \text{ м}^3/\text{час}$
2	Двухходовой клапан регулирующий DN 15 с сервоприводом 220 В	$K=0,63 \text{ м}^3/\text{час}$

3	Насос циркуляционный ГВС	H=4.05м, G=0.11м ³ /час, 220В 1 рабочий, 1 резервный
4	Насос циркуляционный сдвоенный DN40, фланцевый	H=5,47м; G=1,20м ³ /час 220В
5	Теплообменник пластинчатый ГВС	F=0,21м ²
6	Теплообменник пластинчатый отопления	F=0,21м ²
7	Предохранительный клапан регулируемый DN 15	T=180С, 1...122 Bar
8	Электромагнитный клапан мембранный, нормально закрытый DN 15	T=110С, PN 10 Bar, 6 ВТ
9	Бак расширительный мембранный	V=24л
Арматура		
10	Фильтр чугунный DN 25, со сливным краном	T=150С, PN 16 Bar
11	Фильтр косой сетчатый DN 25 латунный	T=300С, PN 25 Bar
12	Фильтр чугунный DN 20, со сливным краном	
13	Фильтр косой сетчатый DN 15, латунный	T=120С, PN 16 Bar
14	Клапан обратный с резьбой DN 25	T=110С, PN 16 Bar
15	Клапан обратный с резьбой DN 15	T=110С, PN 16 Bar
16	Кран шаровой стальной DN 20 (фальцевый)	T=150С, PN 16 Bar
17	Кран шаровой стальной DN 25 (фальцевый)	T=150С, PN 16 Bar
17а	Кран шаровой стальной DN 15 (фальцевый)	T=150С, PN 16 Bar
18	Кран шаровой DN 25	T=150С, PN 16 Bar
19	Кран шаровой DN 15	T=150С, PN 16 Bar
20	Кран трехходовой для подключения манометра	T=200С, PN 16 Bar
21	Алюминиевые радиаторы	10 секций
22	Автоматический воздухоотводчик с отсекающим клапаном DN 15	T=110С, PN 16 Bar
Контрольно-измерительные приборы		
23	Манометр сигнализирующий электроконтактный	0...1,6МПа
24	Манометр аксиальный с автоматическим клапаном	PN 10 Bar, D 63мм
25	Технический манометр	0...1,6 Мпа
26	Термометр биметаллический	T=150С, 100 мм
27	Термоманометр	T=120С, 0...1,0 МПа
28	Преобразователь температуры наружного воздуха	+20...+55 С
29	Термопреобразователь	0...+180 С
30	Регулятор отопления	IP 54
31	Щит электроуправления	
32	Теплосчетчик регистратор	
33	Расходомер Ду 20 с комплектом арматуры АМ-1	0.027...13,58 м3/час
34	Расходомер Ду 10 с комплектом арматуры	0.023...3,400 м3/час
35	Термопреобразователь (комплект ТСПВ)	

Устройство и работа

Регулятор отопления «ВЗЛЕТ РО-2М» представляет собой микро-процессорный измерительно-вычислительный блок с жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ), кнопочной панелью управления и комплектом преобразователей температуры.

Принцип действия регулятора основан на измерении температуры наружного и /или внутреннего воздуха, расхода и температуры теплоносителя с помощью преобразователей расхода и температуры, обработке результатов измерений, анализе сигналов на дискретных входах и формировании сигналов управления в соответствии с выбранным алгоритмом. Измерительно-вычислительный блок регулятора отопления состоит из платы вычислителя с модулем последовательного интерфейса RS-232 и RS-485, а также с модулями Ethernet и то-

ковых выходов (при соответствующей комплектации); плат вторичного источника питания (ВИП), тиристорных ключей и коммутационной платы. Кроме того, ИВБ РО имеет в своем составе клавиатуру и индикатор. Структурная схема регулятора приведена на рисунке 3.

Регулятор отопления измеряет температуру по 6 каналам, из которых 2 канала (наружной температуры и внутренней температуры) – независимые, и по двум парам зависимых каналов измерения – температуры подачи и «обратки» отопления, и температуре ГВС и «обратки» тепловой сети.

При наличии на объекте автоматизации узла учета тепловой энергии возможно параллельное подключение преобразователей расхода как к теплосчетчику, так и к регулятору. При этом РО измеряет расход по двум частотным входам: 1-й вход – расход в тепловой сети по трубопроводу подачи или «обратки», 2-й вход – расход во вторичном контуре теплообменника ГВС, расход в трубопроводе циркуляции ГВС или расход холодной (водопроводной) воды на приготовление ГВС. Примеры включения РО в схемы автоматических тепловых пунктов (АТП) приведены в приложении В.

Регулятор отопления анализирует состояние 6 дискретных входов – до 4-х сигнализаторов аварии внешних устройств и до 2-х датчиков давления, имеющих дискретные аварийные выходы.

Регулятор управляет 6-ю тиристорными ключами и одним (двумя) токовыми выходами (при соответствующей комплектации).

Логический выход служит для выдачи аварийного сигнала с высоким или низким активным уровнем.

С помощью клавиатуры и индикатора производится ввод и просмотр установочных параметров, а также просмотр текущей, диагностической и прочей информации. Используя интерфейсы RS-232 (RS-485) или Ethernet (при соответствующей комплектации) можно выполнять аналогичные действия дистанционно.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в данной теме. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Применение и комплектация теплового пункта?
2. Основное оборудование стенда?
3. Принцип действия теплового пункта?
4. Виды размещения тепловых пунктов?

Лабораторная работа № 5

Исследование режимов работы пластинчатого теплообменного аппарата.

Цель работы: Изучение конструкции и принципов работы пластинчатых теплообменников.

Задачи работы:

1. Закрепление сведений о физической сущности переноса тепла от горячего теплоносителя к холодному и анализ факторов, влияющих на оптимизацию этого процесса.

2. Определение коэффициентов теплоотдачи в рекуперативных теплообменниках при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителя.

При расчете теплообменных аппаратов изменение температур теплоносителей при их движении по теплообменнику учитывается введением в расчетную формулу среднего логарифмического температурного напора Δt . Влияние остальных факторов учитывают введением коэффициента теплопередачи k , который по физическому смыслу представляет собой количество тепла, передаваемого в единицу времени через единицу поверхности нагрева при разности температур между теплоносителями в один градус. Формула для расчета количества тепла, передаваемого в теплообменном аппарате за единицу времени, имеет вид:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t.$$

Значение среднего логарифмического напора Δt зависит от начальных и конечных температур теплоносителей (t_1 – горячий теплоноситель, t_2 – холодный теплоноситель), а также от схемы включения теплообменного аппарата, т.е. от взаимных направлений движения теплоносителей.

Существует три основные схемы включения: прямоточная, противоточная и перекрестная, а также множество смешанных схем, получаемых в результате различных комбинаций основных схем.

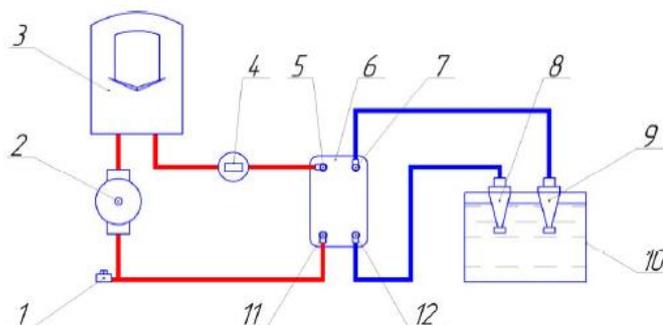


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

1 – сливной кран горячего теплоносителя, 2 – циркуляционный насос подачи горячего теплоносителя, 3 – водонагреватель со ступенчатым управлением нагревом, 4 – счетчик расхода горячего теплоносителя с импульсным выходом, 5 – датчик температуры горячего теплоносителя на входе в теплообменник Т1, 6 – пластинчатый теплообменник, 7 – датчик температуры горячего теплоносителя, 7 – датчик температуры холодного теплоносителя Т3, 8 – насос подачи холодного теплоносителя противотоком, 9 – насос подачи холодного теплоносителя прямотоком, 10 – резервуар холодного теплоносителя, 11 – датчик температуры горячего теплоносителя на входе теплообменника Т2, 12 – датчик температуры холодного теплоносителя Т4.

Основными элементами лабораторной установки (рис. 1) являются пластинчатый теплообменник с движением горячего теплоносителя по внутреннему контуру и холодного теплоносителя по внешнему.

Для измерения температур теплоносителей служат температурные датчики, установленные на входе и выходе теплообменника. Направление потока горячего теплоносителя во всех экспериментах остается постоянным. В рассматриваемом аппарате он направлен слева направо. Минутный расход горячего теплоносителя для аппарата определяется по изменению показаний счетчика за заданный промежуток времени. Холодный теплоноситель может менять направление поочередным изменением переключателя работы насосов прямой и обратной подачи жидкости. За счет этого легко реализуются схемы прямотока и противотока для обоих теплообменников. Расход в системе холодного контура постоянный и равен **0,7 л/мин.**

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания, заготовить форму отчета о проведенной работе, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему

экспериментальной установки, готовую таблицу 1 для записи результатов измерений и вычислений.

2. Подключить автоматизированный стенд к USB разьему компьютера.

3. Вызвать программу сбора и обработки данных лабораторной работы Пуск → MeasLAB → «Пластинчатый теплообменник».

4. На лицевой панели внесите название сохраняемого файла и запустите программу кнопкой «Пуск» (рисунок 2).

5. Подготовить установку к испытаниям теплообменников. Удостовериться, что уровень воды наблюдается в заливочном устройстве и ниже его середины, в противном случае долить жидкость в систему.

6. Включить питание стенда кнопкой «Сеть»

7. Включить насос ВК2 и водонагреватель кнопкой «ВК1». Установить режим нагрева до 40-50 °С

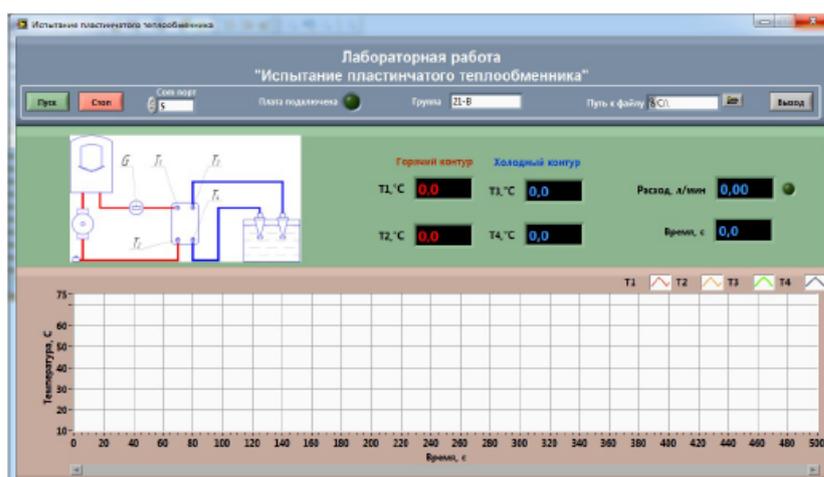


Рисунок 2 – Лицевая панель компьютерной системы измерения

8. После выхода на постоянный режим 40-50 °С включить подачу холодного теплоносителя с помощью выключателя тумблера на панели управления стендом (положение вверх режим прямотока, положение вниз - противотока).

Обязательно!

Делать перерыв насосам холодного контура после 15 мин работы на 5-7 мин.

9. При установлении стационарного теплового режима занести результаты измерений в табл. 1.

10. Изменить направление подачи холодного теплоносителя (положение тумблера вниз) и повторить эксперимент.

11. Вывести температуру нагревателя на новый уровень, но не более 70 °С.

12. Повторить п.п. 8-10 для нового уровня температуры горячего теплоносителя.

13. Определить средний логарифмический температурный напор и коэффициент теплопередачи для испытанных теплообменников в режимах прямотока и противотока.

14. Результаты измерений и вычислений занести в таблицы 1.

Обработка данных

1. Площадь поверхности теплообмена для пластинчатого теплообменника равна 0,12 м² (см. руководство по теплообменнику).

2. Массовый расход горячей и холодной воды определяется по следующему соотношению

$$M_z = G_z \cdot \rho_z, \quad M_x = G_x \cdot \rho_x \quad (\text{кг/с})$$

где G_z, G_x - расходы горячей и холодной воды (расход горячего теплоносителя определяется по расходомеру, холодного – методом проливки $\approx 0,7$ л/мин).

ρ_z, ρ_x - плотности горячей и холодной воды, вычисляются как функции средних температурных сред

$$\rho = f\left(\frac{t_n - t_k}{2}\right)$$

и выбираются по таблице 3.

3. Количество теплоты, отдаваемое горячим теплоносителем и полученное холодным:

$$Q_z = M_z \cdot c_z \cdot (t_{1n} - t_{1k}), \text{ (кГ/с)}$$

$$Q_x = M_x \cdot c_x \cdot (t_{2k} - t_{2n}), \text{ (кГ/с)}$$

c_x, c_z - удельные теплоемкости горячей и холодной воды, деляются по таблице 4, (Дж/(кг*К));

t_{1n}, t_{1k} - начальная и конечная температура горячей воды, °С

t_{2n}, t_{2k} - начальная и конечная температура холодной воды, °С

4. Средняя разность температур (температурный напор) определяется по формуле

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{2} \text{ при } \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}} \leq 1,4$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}\right)} \text{ при } \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}} > 1,4$$

где $\Delta t_{\delta}, \Delta t_{\mu}$ - значения большего и меньшего температурных напоров в начале и конце поверхности теплообмена (определяются с учетом схемы включения), °С;

Для прямотока $\Delta t_{\delta} = t_{1n} - t_{2n}$, $\Delta t_{\mu} = t_{1k} - t_{2k}$

Для противотока $\Delta t_{\delta} = t_{1n} - t_{2k}$, $\Delta t_{\mu} = t_{1k} - t_{2n}$

5. Коэффициент теплопередачи для каждого режима определяется по формуле:

$$k = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{cp}}, \left(\frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$$

Результаты измерений и вычислений при испытаниях пластинчатого теплообменника заносим в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерений и вычислений при испытаниях пластинчатого теплообменника

Значения измеренных и вычисляемых параметров												
№№ п/п	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	Mг кг/с	Mх кг/с	Qг Вт	Qх Вт	Δtr °C	Δtx °C	Δtср °C	k Вт/(м ² *К)
Прямоток												
1												
2												
3												
Противоток												
1												
2												
3												

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в данной теме. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Назовите преимущества и недостатки испытанных теплообменных аппаратов.
2. Что называется коэффициентом теплопередачи? Каков физический смысл единицы его измерения?
3. Какие факторы и параметры теплообменных аппаратов влияют на величину коэффициента теплопередачи?
4. В чем заключаются преимущества противоточной схемы по сравнению с прямоточной?
5. Может ли температура горячего теплоносителя на выходе из теплообменника быть меньше температуры холодного теплоносителя на выходе из теплообменника?
6. В каких случаях при расчете теплообменника можно пользоваться средним арифметическим температурным напором?
7. В каких технологических процессах используются теплообменные аппараты?

Лабораторная работа № 6

Анализ тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети.

Цель работы: проведение сравнительного анализа эффективности работы различных теплоизоляционных материалов.

Порядок выполнения работы:

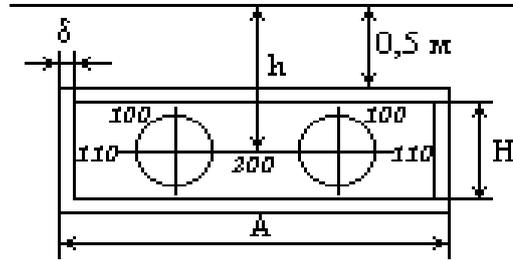
В соответствии с основными требованиями, предъявляемых к размещению трубопроводов при их прокладке в непроходных каналах, предварительно определяются размеры канала и, по приложению 8, выбирается канал по серии 3.006–2.

Вычерчивают расчетную схему трубопроводов в зависимости от способа прокладки (ри-

сунок 1), минимальных расстояний в свету между строительными конструкциями и трубопроводами и заглубления тепловых сетей, учитывая, что заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия следует принимать не менее:

- а) до верха перекрытий каналов и тоннелей 0,5 м;
- б) до верха перекрытия камер 0,3 м;
- в) до верха оболочки бесканальной прокладки 0,7 м.

Рисунок 1 – Расчетная схема двухтрубного теплопровода канальной прокладки.



Для определения линейной плотности тепловых потоков падающего и обратного трубопроводов предварительно определяют температуру воздуха в канале, $^{\circ}\text{C}$:

Тепловой расчёт надземного участка сети СП.

В качестве изоляции принимаем пенополиуретан, плотность материала $\rho=40\text{кг/м}^3$. ГОСТ 30732-2001

Параметры трубопровода на участке СП: $d_y=0,450\text{ м}$; $d_n=0,464\text{ м}$

Определяем наружный диаметр изоляции

$$d_u = d_n + 2 \cdot \delta$$

$$d_{u1} = 0,480 + 2 \cdot 0,12 = 0,72\text{ м}$$

$$d_{u2} = 0,480 + 2 \cdot 0,09 = 0,66\text{ м}$$

Коэффициент теплопроводности слоя изоляции определяем по формуле:

$$\lambda = 0,030 + 0,00015 \cdot t_k$$

$$\lambda_1 = 0,030 + 0,00015 \cdot 90 = 0,0435\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_2 = 0,030 + 0,00015 \cdot 50 = 0,0375\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$$

Определяем линейную плотность теплового потока:

$$q = \frac{(\tau - t_n) \cdot K}{\frac{1}{\pi \alpha_n (d_n^{cm} + 2\delta)} + \frac{1}{2\pi \lambda_{uz}} \cdot \ln \frac{d_n^{cm} + 2\delta}{d_n^{cm}}} \text{ Вт/м}$$

где K - коэффициент дополнительных потерь, учитывающий теплопотери через теплопроводные включения в теплоизоляционных конструкциях, $K=1,15$;

τ - расчетная температура теплоносителя;

t_n - расчетная температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности изоляции, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$

λ_{uz} - коэффициент теплопроводности изоляции, $\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$

δ - толщина изоляционного слоя, м

d_n^{cm} - наружный диаметр изолируемого трубопровода, м

$$q_1 = \frac{(\tau - t_n) \cdot K}{\frac{1}{\pi \alpha_n (d_n^{cm} + 2\delta)} + \frac{1}{2\pi \lambda_{uz}} \cdot \ln \frac{d_n^{cm} + 2\delta}{d_n^{cm}}} = \frac{(90 + 10,6) \cdot 1,15}{\frac{1}{3,14 \cdot 26 \cdot (0,480 + 2 \cdot 0,12)} + \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0435} \cdot \ln \frac{0,480 + 2 \cdot 0,12}{0,480}} = 77 \text{ Вт/м}$$

$$q_2 = \frac{(\tau - t_n) \cdot K}{\frac{1}{\pi \alpha_n (d_n^{cm} + 2\delta)} + \frac{1}{2\pi \lambda_{uz}} \cdot \ln \frac{d_n^{cm} + 2\delta}{d_n^{cm}}} = \frac{(50 + 10,6) \cdot 1,15}{\frac{1}{3,14 \cdot 26 \cdot (0,48 + 2 \cdot 0,09)} + \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0375} \cdot \ln \frac{0,48 + 2 \cdot 0,09}{0,480}} = 51 \text{ Вт/м}$$

Сравниваем линейную плотность теплового потока с нормативной плотностью теплового потока:

$$q_{н1} = 105,6 \text{ Вт/м}$$

$$q_{н2} = 58 \text{ Вт/м}$$

Определяем линейные тепловые потери теплопровода:

$$Q = q \cdot l$$

где l – длина теплопровода, м

$$Q_1 = 77 \cdot 2400 = 184,8 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 51 \cdot 2400 = 122,4 \text{ кВт}$$

Определяем падение температуры теплоносителя при его движении по теплопроводу:

$$\Delta \tau = \frac{Q}{G \cdot c_p}$$

где G – расход теплоносителя, кг/с

$c_p = 4,2$ – изобарная теплоемкость теплоносителя, кДж/(кг·°С)

$$\Delta \tau_1 = \frac{184,8}{302,3 \cdot 4,2} = 0,15 \text{ °С}$$

$$\Delta \tau_2 = \frac{122,4}{302,25 \cdot 4,2} = 0,1 \text{ °С}$$

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Письменно ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Проработка основной и дополнительной литературы, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в данной теме. Проработка материалов по изучаемому вопросу, с использованием рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Задача теплового расчета трубопроводов тепловых сетей?
2. Виды прокладки трубопроводов?
3. Что тепловые потери и их виды?
4. Цель построения пьезометрического графика?

Практическое занятие № 1

Расчет и построение графиков тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды в зависимости от температуры наружного воздуха. Построение графика продолжительности тепловой нагрузки.

Теплопотребление промпредприятий

Теплопотребление промпредприятий определяется по типовым проектам, или по укруп-

ненным ведомственным нормам. В курсовом проекте расчетные тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию, ГВС и технологические нужды приводятся в задании.

Таблица 1 – Расчетные тепловые нагрузки промышленного района, МВт

Потребитель	Q _о	Q _в	Q _{ГВ}		Q _Г	∑Q _{л.}	∑Q _{з.}
			Отоп. период	Летний период			
Микрорайон							
Раб. Посёлок							
Пром/пред.							
Итого ∑Q _{з.}							
Итого ∑Q _{л.}							

Годовые расходы теплоты

1. Годовые расходы теплоты для жилых и общественных зданий.

Указанные тепловые нагрузки определяются по следующим зависимостям:

а) на отопление

$$Q_o^{zod} = 24 \cdot n_o \cdot Q_o^{cp};$$

б) на вентиляцию

$$Q_v^{zod} = z \cdot n_o \cdot Q_v^{cp},$$

где n_о – продолжительность отопительного периода, сут.; z – усредненное за отопительный период число часов работы вентиляции в течении суток, принимается z = 24 ч;

в) на горячее водоснабжение

$$Q_{zв}^{zod} = Q_{zв} \cdot n_o + Q_{zв}^л \cdot (n_z - n_o),$$

где n_Г – длительность работы системы ГВС, ч/год, обычно n_Г = 8400 ч/год.

1. Годовые расходы теплоты на промпредприятиях, МВт·ч

Годовые расходы теплоты на промпредприятиях определяются по зависимостям:

а) на отопление

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} [(n_o - n_d) + n_d \frac{t_{вд} - t_o^{cp}}{t_в - t_o^{cp}}]$$

где Q_о^{ср} – средний расход теплоты за отопительный период, Вт.; t_{вд} – температура внутреннего воздуха при работе дежурного отопления, °С, принимается равной 5°С; n_д – длительность дежурного отопления, ч/сут.

Годовые расходы теплоты предприятиями должны определяться по числу дней их работы в году, количеству смен в сутки и с учетом суточных, годовых режимов теплопотребления предприятий.

При двухсменной работе предприятий число часов работы дежурного отопления определяется по формуле

$$n_d = 24 \cdot n_o - n_p,$$

где n_р – число часов работы основного отопления за отопительный период, час, пересчитывается по формуле

б) на вентиляцию

$$Q_v^{zod} = Q_v'' \left[n_в + \frac{t_в - t_n^{cp.в}}{t_в - t_{пв}} (n_o - n_в) \right] \cdot \left[1 - \frac{n_d}{n_o} \right],$$

где Q_в – расчетный расход теплоты на вентиляцию, МВт, (по заданию); n_в – продолжитель-

ность отопительного периода с температурой наружного воздуха $t_n < t_{рв}$, час.; $t_{рв}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, °С.

в) на технологические нужды

$$Q_m^{год} = Q_m \cdot n_r,$$

где Q_m – расход теплоты на технологические нужды, МВт, по заданию; n_r – число часов работы предприятия в году.

3. Годовой расход теплоты потребителями района, МВт·ч

$$Q^{год} = Q_o^{год} + Q_v^{год} + Q_{гв}^{год} + Q_t^{год},$$

где $Q_o^{год}$, $Q_v^{год}$, $Q_{гв}^{год}$, $Q_t^{год}$ – годовые расходы теплоты на отопление, вентиляцию, ГВС, технологические нужды жилых, общественных и промышленных зданий.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Годовые расходы теплоты

Потребитель	$Q_o^{год}$	$Q_v^{год}$	$Q_{гв}^{год}$	$Q_t^{год}$	$\sum Q_z$
Микрорайон					
Раб. Посёлок					
Пром/пред.					
Итого $\sum Q_{л.}$					

Построение графиков тепловых нагрузок и по продолжительности тепловых нагрузок

По данным расчета теплового потребления строится график тепловых нагрузок в зависимости от температур наружного воздуха. График по продолжительности тепловых нагрузок строится на основании длительности стояния температур наружного воздуха в течение отопительного периода, которая определяется из прил. 3[1] и график тепловых нагрузок для отопительного и летнего периодов.

График представлен на рисунке 1

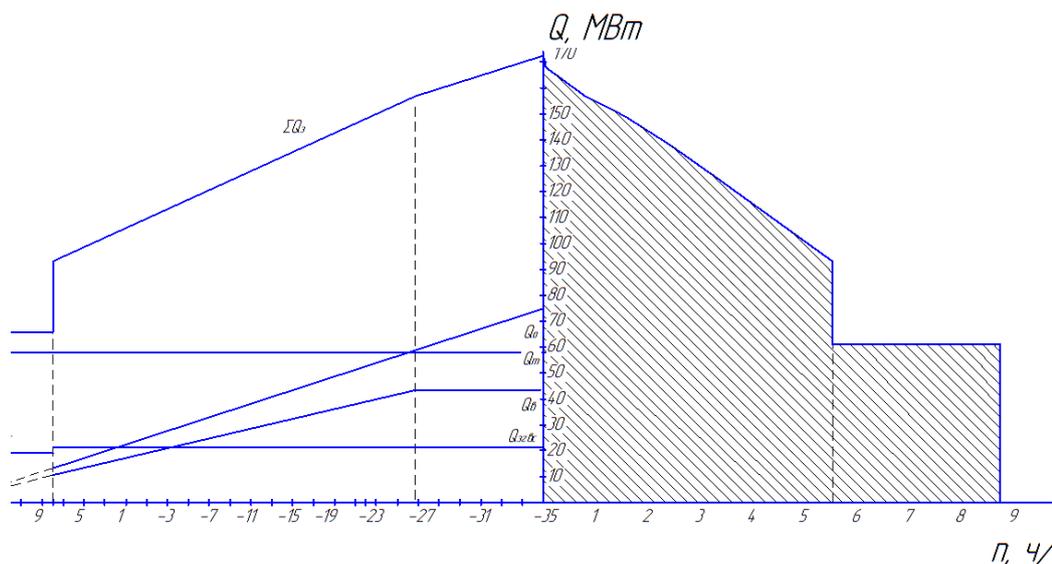


Рисунок 1 – График продолжительности тепловых нагрузок.

Практическое занятие № 2

Выбор теплоносителя и конструкции тепловой сети

Теплопотребление жилых районов городов и населенных пунктов

Максимальный тепловой поток, МВт, на отопление жилых и общественных зданий определяется по зависимости:

$$Q'_0 = q_0 \cdot A \cdot (1 + k_1) \cdot 10^{-6},$$

где q_0 – укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий 1 м^2 общей площади, Вт; A – общая площадь жилых зданий, м^2 ; k_1 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий, принимается равным 0,25.

Общая площадь жилых зданий A , м^2 , определяется по формуле:

$$A = f \cdot h,$$

где f – норма общей жилой площади на 1 чел для первой стадии проектирования $f = 9 \text{ м}^2/\text{чел}$.

Общая площадь жилых зданий в микрорайоне:

$$A = 9 \cdot 29000 = 348000 \text{ м}^2$$

Общая площадь жилых зданий в рабочем посёлке:

$$A = 12 \cdot 12000 = 144000 \text{ м}^2$$

Расчётный тепловой поток, на отопление зданий в микрорайоне:

$$Q'_0 = 87 \cdot 348000 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 37,8 \text{ МВт}$$

Расчётный тепловой поток, на отопление зданий в рабочем посёлке:

$$Q'_0 = 87 \cdot 144000 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 15,66 \text{ МВт}$$

Расчётный тепловой поток, МВт, вентиляцию общественных зданий определяется по формуле:

$$Q''_g = k_1 \cdot k_2 \cdot q_0 \cdot A \cdot 10^{-6},$$

где $k_2 = 0,6$ - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию.

Расчётный тепловой поток, на вентиляцию зданий в микрорайоне:

$$Q''_g = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 87 \cdot 348000 \cdot 10^{-6} = 4,54 \text{ МВт}$$

Расчётный тепловой поток, на вентиляцию зданий в рабочем посёлке:

$$Q''_g = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 87 \cdot 144000 \cdot 10^{-6} = 1,87 \text{ МВт}$$

Средний тепловой поток, МВт, на ГВС жилых и общественных зданий:

$$Q_{2g} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot c \cdot 10^{-6}$$

где m – число человек; a – норма расхода воды на ГВС при температуре 55°C на одного человека в сутки, принимаемая в зависимости от степени комфортности зданий в соответствии со СНиП 2.04.01-85; b – норма расхода воды на ГВС, потребляемой в общественных зданиях при температуре 55°C , принимаемая в размере 25 л/сут на 1 чел; t_x – температура холодной (водопроводной) воды, в отопительный период, принимается равной 5°C ; c – удельная теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной $4,187 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$.

Средний тепловой поток, на ГВС в микрорайоне:

$$Q_{2g} = \frac{1,2 \cdot 29000 \cdot (105 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 4,187 \cdot 10^{-6} = 10,96 \text{ МВт}$$

Средний тепловой поток, на ГВС в рабочем посёлке:

$$Q_{2в} = \frac{1,2 \cdot 12000 \cdot (105 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 4,187 \cdot 10^{-6} = 4,5 \text{ МВт}$$

Максимальный тепловой поток, МВт, на ГВС жилых и общественных зданий:

$$Q_{2в}^{\max} = 2,4 \cdot Q_{2в},$$

Максимальный тепловой поток, на ГВС в микрорайоне:

$$Q_{2в}^{\max} = 2,4 \cdot 10,96 = 26,3 \text{ МВт}$$

Максимальный тепловой поток, на ГВС в рабочем посёлке:

$$Q_{2в}^{\max} = 2,4 \cdot 4,5 = 10,8 \text{ МВт}$$

Средний тепловой поток на отопление, МВт, следует определять по формуле:

$$Q_o^{cp} = Q_o \cdot \frac{t_b - t_o^{cp}}{t_b - t_{po}}$$

где t_b – средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, для жилых зданий 18°C, для производственных 16°C; t_o^{cp} – средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха 8°C и менее, °C; t_{po} – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °C.

Средний тепловой поток на отопление, в микрорайоне:

$$Q_o^{cp} = 37,8 \cdot \frac{20 - (-10,8)}{20 - (-35)} = 21,16 \text{ МВт}$$

то же на отопление, в рабочем посёлке:

$$Q_o^{cp} = 15,66 \cdot \frac{20 - (-10,8)}{20 - (-35)} = 8,76 \text{ МВт}$$

то же на отопление, на промпредприятии:

$$Q_o^{cp} = 23 \cdot \frac{16 - (-10,8)}{16 - (-35)} = 11,96 \text{ МВт}$$

Средний тепловой поток, МВт, на ГВС в неотапительный период определяется по формуле:

$$Q_{2в}^л = Q_{2в} \cdot \frac{55 - t_x^л}{55 - t_x} \cdot \beta \cdot 10^{-6}$$

где t_x - температура холодной(водопроводной) воды в неотапительный период, принимается равной 15°C; β - коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на ГВС в неотапительный период по отношению к отопительному периоду, принимается для жилищно-коммунального сектора равным 0,8, для предприятий – 1,0.

Средний тепловой поток, на ГВС в неотапительный период в микрорайоне:

$$Q_{2в}^л = 10,96 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 7,01 \text{ МВт}$$

Средний тепловой поток, на ГВС в неотапительный период в рабочем посёлке:

$$Q_{2в}^л = 7,01 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 2,88 \text{ МВт}$$

Средний тепловой поток, на ГВС в неотапительный период на промпредприятии:

$$Q_{2в}^л = 9 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 1 = 7,2 \text{ МВт}$$

Средний тепловой поток на вентиляцию, МВт, следует определять по формуле:

$$Q_{\epsilon}^{cp} = Q_{\epsilon}'' \cdot \frac{t_{\epsilon} - t_o^{cp}}{t_{\epsilon} - t_{po}}$$

Средний тепловой поток на вентиляцию, в микрорайоне:

$$Q_{\epsilon}^{cp} = 4,54 \cdot \frac{20 - (-10,8)}{20 - (-35)} = 2,54 \text{ MBm}$$

то же на вентиляцию, в рабочем посёлке:

$$Q_{\epsilon}^{cp} = 1,87 \cdot \frac{20 - (-10,8)}{20 - (-35)} = 1,04 \text{ MBm}$$

то же на вентиляцию, на промпредприятии:

$$Q_{\epsilon}^{cp} = 30 \cdot \frac{16 - (-10,8)}{16 - (-35)} = 15,6 \text{ MBm}$$

Практическое занятие № 3

Выбор метода регулирования отпуска тепла от источника теплоснабжения. Построение температурных графиков для отопительной и вентиляционной нагрузки.

Выбор метода регулирования отпуска теплоты производится в соответствии с нормами проектирования.

Для водяных тепловых сетей, как правило, принимают качественное регулирование отпуска теплоты по отопительной или совмещенной нагрузке отопления и ГВС в зависимости от температуры наружного воздуха. При этом регулирование по совмещенной нагрузке отопления и ГВС выбирается при условии, когда жилищно-коммунальная тепловая нагрузка составляет более 65%. Если значение последней меньше 65% и отношение средней нагрузки на ГВС $Q_{гв}$ к расчетной тепловой нагрузке на отопление Q_o' меньше 15%, то регулирование осуществляется по отопительной нагрузке.

Независимо от выбранного способа регулирования минимальная температура теплоносителя в подающем трубопроводе ограничивается в соответствии с требованиями [3]: для открытых систем $\tau_1 > 60^{\circ}\text{C}$.

Построение графиков температур при центральном регулировании СТС по отопительной нагрузке

Температуры воды в подающем и обратном трубопроводах определяются по уравнениям:

$$\begin{aligned} \tau_{01} &= t_{\epsilon} + \Delta t_0 \cdot \bar{Q}_0^{0,8} + (\delta\tau'_0 - 0,5\theta') \cdot \bar{Q}_0, \\ \tau_{02} &= \tau_{01} - \delta\tau'_0 \cdot \bar{Q}_0 = t_{\epsilon} + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0,8} - 0,5 \cdot \theta' \cdot \bar{Q}_0, \end{aligned}$$

где $\delta\tau'_0$ – расчётная разность температур сетевой воды, $^{\circ}\text{C}$, $\Delta t'_0$ – расчётный температурный напор в нагревательном приборе, $^{\circ}\text{C}$,

$$\Delta t'_0 = \frac{\tau'_{03} + \tau'_{02}}{2} - t_{\epsilon},$$

где τ'_{03} – температура воды после смесительного устройства, $^{\circ}\text{C}$, θ' – расчётный перепад температур в отопительной системе, $^{\circ}\text{C}$,

$$\theta' = \tau'_{03} - \tau'_{02},$$

Q'_o – относительная нагрузка,

$$Q'_0 = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{po}},$$

t_n – температура наружного воздуха.

Расчёт параметров при $t_n = -20$ °С:

Расчет температуры воды в подающем и обратном трубопроводах проводим в таблице 3.
Таблица 3 – Расчет графика при центральном качественном регулировании

тн.в.	Qo	τ_{01}	τ_{02}
8			
5			
0			
-5			
-10			
-15			
-20			
-25			
-30			
-35			

Строим отопительный график температур сетевой воды (рис. 1) и отопительно-бытовой график температур сетевой воды (рис. 2).

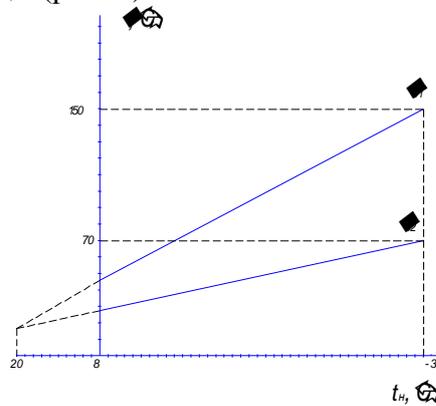


Рисунок 1 – Отопительный график температур сетевой воды

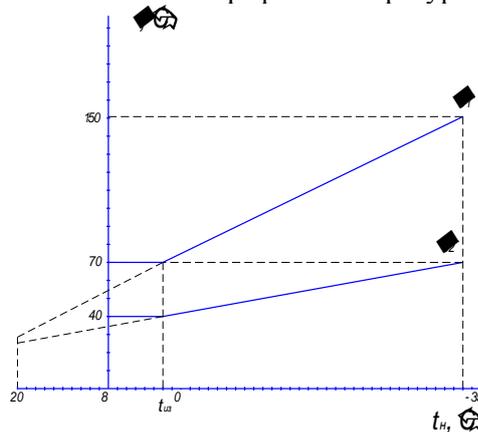


Рисунок 2 – Отопительно-бытовой график температур сетевой воды

Практическое занятие № 4

Расчет и построение графика суммарного расхода воды (пара). Гидравлический расчет водяной тепловой сети. Гидравлический расчет паровой тепловой сети.

Расчет и построение графиков суммарного расхода воды

В открытых и закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска тепла суммарные расчётные расходы сетевой воды, кг/с, для двухтрубных тепловых сетей определяются по формуле:

$$\Sigma G = G'_0 + G''_g + k_3 \cdot G_{zbc} + G_m$$

где G'_0 – расчетный расход воды, кг/с, на отопление

$$G'_0 = \frac{Q'_0 \cdot 10^3}{c \cdot (\tau'_1 - \tau'_2)}$$

G''_g – расчётный расход воды, кг/с, на вентиляцию

$$G''_g = \frac{Q''_g \cdot 10^3}{c \cdot (\tau''_1 - \tau''_{2B})}$$

k_3 – коэффициент, учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение, при регулировании по совмещённой нагрузке отопления и горячего водоснабжения коэффициент k_3 принимается равным 0.

При наличии технологической нагрузки расход определяется для каждого диапазона по формуле:

$$G_m = \frac{Q_m \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$$

где τ_1 и τ_2 – соответственно температура воды, $^{\circ}\text{C}$, в подающем и обратном трубопроводах из скорректированного или «повышенного» графиков для различных диапазонов.

Данные для построения графиков расхода воды, заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Суммарные расходы воды.

	G_0	G_B	G_T	ΣG
$t_{из}$				
$t_{об}$				
$t_{по}$				

По результатам расчёта строим график суммарных расходов воды, который представлен на рисунке 6.

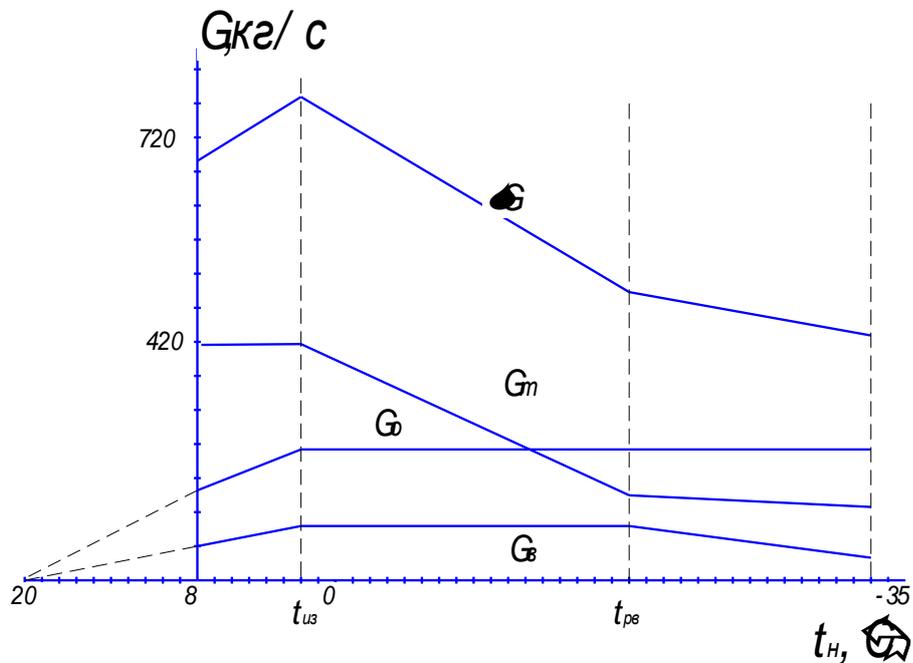


Рисунок 6 – График суммарных расходов сетевой воды.

Рассчитаем расходы сетевой воды по объектам в 3 режиме.

Таблица 2 – Расходы воды в 3 режиме

	G_0	$G_в$	$G_т$	ΣG
Микрорайон				
Рабочий посёлок				
Промпредприятие				

Практическое занятие № 5

Гидравлический режим тепловой сети. Построение и анализ пьезометрического графика. Присоединение абонентов к тепловой сети. Насосные подстанции. Выбор насосов.

Предварительный расчет

- 1) Определяем на схеме и нумеруем участки сети (где $G = \text{const}$).
 - 2) Определяем по формулам расходы на каждом участке.
 - 3) Задаемся удельным сопротивлением на участках: на магистральном $R_{д} \leq 80$ Па/м, на ответвлениях $R_{д} \leq 120$ Па/м.
 - 4) Рассчитываем предварительное значение диаметра трубопровода.
 - 5) В соответствии с ГОСТ выбираем стандартный ближайший диаметр.
- Рассчитаем предварительный диаметр трубопровода:

$$d_i^{\text{пр}} = \frac{A_d \cdot G_i^{0,38}}{R^{0,19}}, \text{ м,}$$

где $A_d = 117 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{0,62} \text{ кг}^{0,19}$ – коэффициент для воды и трубопровода с абсолютной шероховатостью $k_s = 0,5$ мм; G_i – расход воды на участке; R – удельное сопротивление на участке, Па/м.

Таблица 1 – Предварительный диаметр трубопровода

№ участка	G, кг/с	R _л	d _{пр}	d _{ст}
1				
2				
3				
4				
5				

Разработка монтажной схемы

- 1) Наносится схема с обозначением всех ответвлений и указанием углов поворотов.
- 2) Обозначаются все задвижки.
- 3) Указываются все неподвижные опоры, тепловые пункты и камеры.
- 4) Наносят секционные задвижки (при d_y = 100мм l_{сз} ≤ 1000м; при d_y = 400÷500мм l_{сз} ≤ 1500м; при d_y = 500÷900мм l_{сз} ≤ 3000м; при d_y > 900мм l_{сз} ≤ 5000м); наименьший диаметр перемычки 50мм.
- 5) Обозначаем на схеме тип и количество компенсаторов.
- 6) Указывается расположение грязевиков.
- 7) Указываются места установки воздушников и спускных устройств.

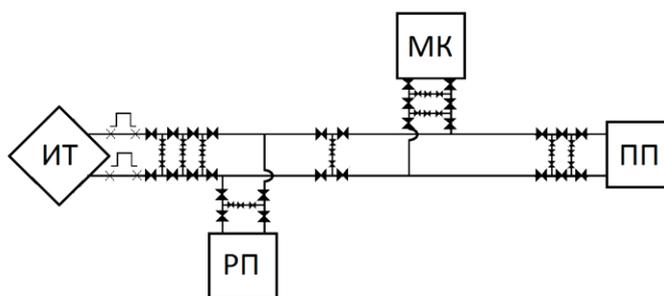


Рисунок 1 – Монтажная схема

Окончательный расчет

- 1) Расчетным путем, по принятому стандартному значению диаметра, определяем фактические линейные сопротивления R_{ли}, по номограмме определяем скорость движения воды (<3м/с).

Рассчитаем фактические линейные сопротивления:

$$R_i = \frac{A_R \cdot G_i^2}{d^{5,25}}, \text{ Па/м,}$$

где A_R = 13,62 · 10⁻⁶ м^{3,25} кг – коэффициент для воды и трубопровода с абсолютной шероховатостью k_s = 0,5 мм.

Таблица 2 – Фактические линейные сопротивления

№ участка	G, кг/с	R _л , Па/м	d _{пр}	w м/с
1				
2				
3				
4				
5				

- 2) В соответствии с разработанной монтажной схемой определяем эквивалентные длины участков l_{эkv}, при этом местные сопротивления суммируются.

Таблица 3 – Эквивалентные длины участков

№ участка	Количество П – образных компенсаторов, П, шт	Количество задвижек, Z, шт	Эквивалентная длина задвижки, l _з , м	Эквивалентная длина компенсатора, l _п , м

1				
2				
3				
4				
5				

3) Определяются потери давления и потери напора

$$\Delta P = R_{\text{л}} (1 + I_{\text{экв}}), \text{ кПа.}$$

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}, \text{ м}$$

Таблица 4 – Потери давления и потери напора

№ уч	Диаметр трубопровода, d, мм	Длина участка, l, м	Общая длина участка, l _{общ} = l + I _{экв} , м	Падение давления на участке, P, кПа	Требуемый напор на участке, H, м
1					
2					
3					
4					
5					

Исходя из рассчитанных напоров, строим пьезометрический график.

1) Построение линии обратки.

Предварительно от нуля откладываем напор подпиточного насоса в динамическом режиме

$H_{\text{пн.д}} = 5 \div 10$ м. Принимаем $H_{\text{пн.д}} = 5$ м. Последовательно откладывая потери напора на каждом участке магистрали строим линию обратки. После того как построен последний участок магистрали, откладываем вертикально вверх потери напора в тепловом пункте. $\Delta H_{\text{т.п.}}$ ($\Delta H_{\text{т.п.}} = 20 \div 30$ м)

2) Построение подающей линии.

Подающую линию строим из конечной точки обратки. Построение производится аналогично построению обратки. При построении подающей линии также учитываем гидравлические потери на станции $\Delta H_{\text{с.т.}}$ ($\Delta H_{\text{с.т.}} = 10 \div 12$ м)

3) Построение линии статического напора.

Полный статический напор выбран из условия создания минимального избыточного давления в верхних точках отопительных приборов. Строим линию статического напора с учетом того что она должна проходить на 5 метров выше самого высокого здания.

4) Построение минимальной линии обратки.

Линия O_M показывает минимально допустимые пьезометрические напоры в обратной линии системы теплоснабжения при условии, что избыточное давление в трубопроводе тепловой сети и на всасывающей линии насосов достаточно для предупреждения подсоса воздуха и кавитации. Минимально допустимый пьезометрический напор в обратной линии теплопровода сети принят 5 м.

5) Построение минимальной подающей линии.

Линия P_M показывает минимально допустимые пьезометрические напоры в подающей линии системы теплоснабжения. Из условий не вскипания воды при её температуре 150°С минимально допустимый пьезометрический напор в подающей линии системы на всех участках должен составлять 40 м.

6) Построение максимальной линии обратки.

Линия O_B показывает максимально допустимые пьезометрические напоры в обратной линии системы теплоснабжения от абонентских вводов до входного коллектора теплофикационного пароводяного коллектора на станции. По условиям механической прочности отопительных чугунных радиаторов допустимые пьезометрические напоры в обратной линии тепловой сети на всех участках магистрального теплопровода, на котором абонентские установки присоединены по зависимой схеме, составляют 60 м.

7) Построение максимальной подающей линии.

Линия P_B показывает максимально допустимые пьезометрические напоры в обратной линии системы теплоснабжения от подающего коллектора до абонентских вводов. Макси-

Произведем расчет для каждого участка трубопровода.

Условный диаметр трубы:

1 участок: $d_y = 700$ мм

2 участок: $d_y = 700$ мм

3 участок: $d_y = 300$ мм

4 участок: $d_y = 250$ мм

5 участок: $d_y = 600$ мм (так как d_y на 1,2 участке равны расчеты будут такими же)

Длина трубопроводов между неподвижными опорами:

1 участок: $L = 160$ м

3 участок: $L = 95$ м

4 участок: $L = 80$ м

5 участок: $L = 150$ м

Рассчитывается тепловое удлинение трубопроводов Δl , мм, между неподвижными опорами

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot (t - t_0),$$

где L – длина трубопроводов между неподвижными опорами, м;

$t = 180$ – температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С;

t_0 , °С – температура окружающей среды принимаем равную $t_{p0} = -35$ °С;

α – коэффициент линейного удлинения стальных труб ($\alpha = 0,012$ мм/(м·°С)).

Расчетное тепловое удлинение с учетом предварительной растяжки компенсатора

$$\Delta l_k = 0,5 \cdot \Delta l$$

Выбираем основные размеры компенсаторов:

Расчет закончен. В этом пункте было рассчитано тепловое удлинение трубопровода с учетом предварительной растяжки и без нее. Были выбраны размеры компенсаторов для трубопроводов разных участков.

Практическое занятие № 7

Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.

Полное термическое сопротивление:

$$R = R_u + R_H$$

где R_u – термическое сопротивление слоя изоляции, м·°С/Вт:

$$R_u = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_H}{d_{вн}},$$

где λ – коэффициент теплопроводности слоя, Вт/(м·°С); d_H и $d_{вн}$ – наружный и внутренний диаметры слоя, м; R_H – термическое сопротивление передачи тепла от наружной поверхности изоляции к воздуху внутри канала, м·°С/Вт.

$$R_H = \frac{1}{\pi d_H \alpha}$$

Определяется температура воздуха в канале:

$$t_{\kappa} = \frac{\frac{\tau_1}{R_1} + \frac{\tau_2}{R_2} + \frac{t_0}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}},$$

где $t_0 = 3,8^{\circ}\text{C}$ – расчетная температура окружающей среды, принимаем для канальной прокладки равной среднегодовой температуре грунта на глубине заложения оси теплопровода; R_1, R_2 – суммарное термическое сопротивление слоя $R_{\text{и}}$ и наружной поверхности изоляции $R_{\text{н}}$, соответственно подающего и обратного трубопроводов, R_3 – суммарное термическое сопротивление, $\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

$$R_3 = R_{\text{пк}} + R_{\kappa} + R_{\Gamma}$$

где $R_{\text{пк}}$ – термическое сопротивление передачи тепла от воздуха в канале к внутренней поверхности стенок канала;

R_{κ} – термическое сопротивление канала;

R_{Γ} – термическое сопротивление грунта.

$$R_{\text{пк}} = \frac{1}{\pi d_{\text{вн}(\text{э})} \alpha};$$

где $d_{\text{вн}(\text{э})}$ – эквивалентный диаметр внутреннего контура канала, м.

$$d_{\text{вн}(\text{э})} = \frac{4F_{\text{вн}}}{P_{\text{вн}}},$$

где $F_{\text{вн}}$ – внутренняя площадь канала, м^2 ; $P_{\text{вн}}$ – периметр внутреннего контура канала, м.

$$R_{\kappa} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\kappa}} \ln \frac{d_{\text{н}(\text{э})}}{d_{\text{вн}(\text{э})}},$$

где λ_{κ} – коэффициент теплопроводности стенок канала, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$; $d_{\text{н}(\text{э})}$ – эквивалентный диаметр наружного контура канала, определяется аналогично наружному, м.

$$R_{\Gamma} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\Gamma}} \ln \left(2 \frac{h}{d} + \sqrt{4 \frac{h^2}{d^2} - 1} \right);$$

где λ_{Γ} – коэффициент теплопроводности грунта. При отсутствии сведений о грунте коэффициент теплопроводности можно принимать равным: для сухих грунтов – $0,55 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$; для маловлажных грунтов – $1,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$; для средне влажных грунтов – $1,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$; для сильновлажных грунтов – $2,3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$; h – глубина заложения оси теплопровода, м; d – диаметр теплопровода, м;

Удельные тепловые потери для подающего и обратного трубопроводов определяют по формулам:

$$q_1 = \frac{\tau_1 - t_{\kappa}}{R_1},$$

$$q_2 = \frac{\tau_2 - t_{\kappa}}{R_2}.$$

Полученные значения сравнивают с нормами потери теплоты.

9.2 Методические указания по выполнению курсовой работы (КР)

Порядок выполнения курсовой работы.

Для выполнения курсовой работы обучающимся выдаётся индивидуальное задание по проектированию системы теплоснабжения, обеспечивающей тепловой энергией микрорайон, рабочий посёлок и промышленное предприятие.

Готовая курсовая работа сдается преподавателю на проверку за 2 недели до начала экзаменационной сессии. Результатом проверки могут быть:

- «допущен к защите»;
- «допущен к защите после доработки по замечаниям»;
- «не допущен к защите».

Если после проверки курсового проекта рекомендован преподавателем к защите, то следует подготовиться к его защите.

В случае выявления при проверке ошибок и неточностей, обучающиеся допускаются к защите курсовой работы только после их устранения.

В последнем случае требуется переделать курсовую работу в соответствии с предъявляемыми требованиями. Если курсовая работа не рекомендован преподавателем к защите, то после переработки работа вновь сдается на проверку.

Без защиты курсовой работы обучающиеся не допускается к сдаче экзамена по дисциплине.

Защита курсовой работы производится в часы, определенные в соответствии с расписанием занятий.

На защите курсовой работы обучающиеся в краткой форме излагает основные результаты, полученные в ходе его выполнения и практическую значимость выполненной работы, отвечает на возникшие в ходе защиты вопросы.

Рекомендации по выполнению курсовой работы.

Цель проекта: закрепление полученных теоретических знаний, приобретение навыков практического проектирования систем теплоснабжения, выбора конструкции тепловых сетей, методов регулирования, развитие у студентов самостоятельности при решении инженерных, приближенных к производству и навыков работы с нормативной и технической литературой.

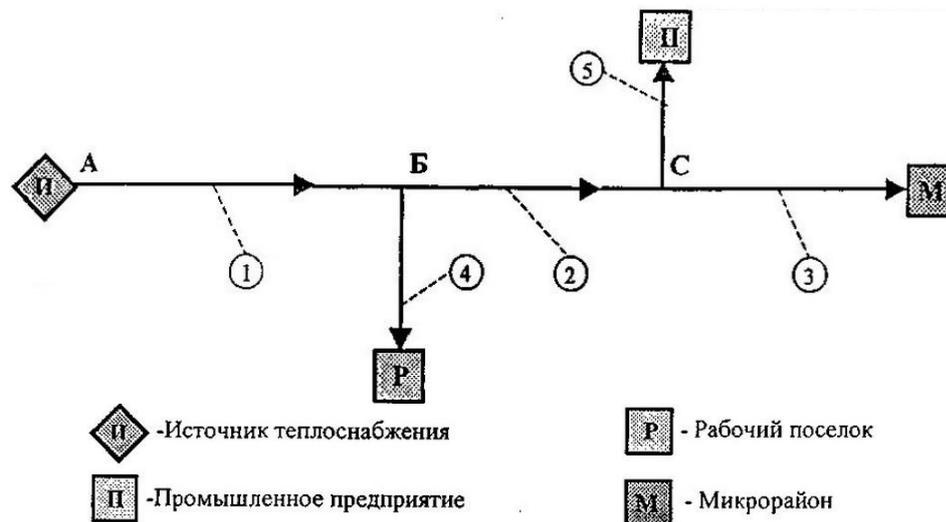
Структура расчетно-пояснительной записки может варьироваться в зависимости от темы курсового проекта, но в общем случае она состоит из следующих частей и разделов:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на курсовое проектирование;
- 3) содержание;
- 4) введение;
- 5) расчётная часть;
- 6) заключение;
- 7) список использованной литературы.

Исходные данные:

Географический район расположения: _____;

Генплан(схема) района теплоснабжения:



Тип системы теплоснабжения: закрытая

Вид и параметры теплоносителя: Вода,

Число жителей на объектах теплоснабжения:

- в микрорайоне: 29 тыс. чел
- в рабочем поселке: 12 тыс. чел;

Тепловые нагрузки на промпредприятия:

- на технологические нужды, Q_t : 53МВт
- на отопление, Q_o : 23МВт
- на вентиляцию, Q_v : 30МВт
- на ГВС, $Q_{гвс}$: 9МВт;

Длины участков: АВ=3,1 км, ВС=0,7 км, ВР=1,0 км, СП=2,2 км, СМ=2,2 км;

Высоты зданий:

- в микрорайоне: 16 м,
- в рабочем поселке: 12 м,
- на предприятии: 20 м;

Уклоны участков: АВ=1,8 м/км, ВС=1,7 м/км, ВР=2,2 м/км, СП=2,5 м/км, СМ=1,7 м/км.

В заключении необходимо провести анализ выполненной работы. Сделать выводы по работе, где конкретизируются полученные в ходе проектирования характеристики промышленного объекта.

Рекомендуемые источники литературы, необходимые для выполнения курсовой работы указаны в п.7 (основная [1] и дополнительная [2-15]).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Microsoft Imagine Premium
2. ОС Windows 7 Professional
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
5. ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система
6. справочно-правовая система «Консультант Плюс»
7. Архиватор 7-Zip
8. Adobe Reader
9. doPDF
10. Ай-Логос Система дистанционного обучения
11. КОМПАС-3D V13

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, Лк, ПЗ</i>
1	2	3	4
ЛР	- лаборатория теплоэнергетических систем - лаборатория гидрогазодинамики	- стенд «тепловой насос» - стенд гидравлический универсальный ТМЖ-2	№№ 1÷6
ПЗ	Лекционный кабинет/ дисплейный класс	Оборудование Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P2015n; Сканер: Canon LiDE 220	№№ 1÷7
КР	Лекционный кабинет/ дисплейный класс	Оборудование Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P2015n; Сканер: Canon LiDE 220	-
СР	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию	1. Назначение систем теплоснабжения.	1.1 Роль, назначение, структура систем теплоснабжения. Виды источников теплоты.	Экзаменационные вопросы 1-2
		2. Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ.	2.1 Виды тепловых нагрузок (сезонные и круглогодичные), графики тепловых нагрузок. 2.2 Определение расчетных, среднечасовых и годовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды. 2.3 Особенности расчета тепловых нагрузок для промышленных предприятий.	Экзаменационные вопросы 3-5
		3. Классификация систем теплоснабжения.	3.1 Классификация систем теплоснабжения: водяные, паровые. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Преимущества и недостатки систем теплоснабжения. 3.2 Выбор теплоносителя. Транзитные тепло-вые сети. Схемы тепловых сетей.	Экзаменационные вопросы 6-11
ПК-10	Готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	4. Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения	4.1 Задача и методы регулирования. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузками. Центральное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке. 4.2 Построение скорректированного и повышенного температурных графиков. Выбор метода регулирования отпуска теплоты. Расчет и графики суммарного расхода воды	Экзаменационные вопросы 12-17
		5. Гидравлический расчет тепловых сетей.	5.1 Задачи гидравлического расчета и основные расчетные зависимости. Порядок гидравлического расчета. Разработка монтажной схемы тепловой сети. Гидравлический расчет разветвленных тепловых сетей. Особенности гидравлического расчета паропроводов и конденсатопроводов. 5.2 Пьезометрический график: цель и порядок его построения. 5.3 Примеры присоединения абонентов к тепловой сети при различных давлениях в тепловой сети. Назначение и подбор насосов (сетевых, подпиточного, подкачивающего, смесительного).	Экзаменационные вопросы 18-25
		6. Гидравлический режим тепловых сетей.	6.1 Понятие о гидравлическом режиме тепловых сетей и методика расчета гидравлического режима тепловых сетей. Гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения. 6.2 Способы поддержания давлений в «нейтральных точках». Гидравлический режим тепловых сетей с насосными и дросселирующими подстанциями. Расчет потокораспределения в тепловых сетях.	Экзаменационные вопросы 26-30

		7. Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.	7.1 Трасса и профиль теплопроводов. Надземная и подземная прокладка теплопроводов. Прокладка тепловых сетей в условиях Крайнего Севера. 7.2 Трубы и их соединения. Опоры. Расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры. Компенсаторы: назначение, классификация и их расчет. Использование и расчет естественной компенсации. Назначение, схемы и основное оборудование тепловых подстанций.	Экзаменационные вопросы 31-38
		8. Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.	8.1 Тепловая изоляция. Теплоизоляционные материалы и конструкции тепловой изоляции. Расчетные зависимости и методика теплового расчета. Тепловой расчет надземных и подземных теплопроводов. 8.2 Тепловые потери и коэффициент тепловой эффективности тепловой изоляции. Выбор оптимальной толщины изоляционного слоя.	Экзаменационные вопросы 39-43
		9. Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.	9.1 Организация службы эксплуатации. Приемка, пуск, наладка и испытания систем теплоснабжения. Методы обнаружения и ликвидации аварий. 9.2 Повышение надежности теплоснабжения. Оптимизация систем теплоснабжения. Основные направления развития систем теплоснабжения.	Экзаменационные вопросы 44-49

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенция		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию	1. Роль, назначение, структура систем теплоснабжения. 2. Виды источников теплоты. 3. Виды тепловых нагрузок (сезонные и круглогодичные), графики тепловых нагрузок. 4. Определение расчетных, среднечасовых и годовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды. 5. Особенности расчета тепловых нагрузок для промышленных предприятий. 6. Классификация систем теплоснабжения: водяные, паровые. 7. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. 8. Преимущества и недостатки систем теплоснабжения. 9. Выбор теплоносителя. 10. Транзитные тепловые сети. 11. Схемы тепловых сетей.	1. Назначение систем теплоснабжения. 2. Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ. 3. Классификация систем теплоснабжения.
2	ПК-10	Готовность к участию в работах по освоению и доводке техно-	12. Задача и методы регулирования. 13. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузками. 14. Центральное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке.	4. Регулирование отпуска тепла в системах теп-

		логических процессов	<p>15 Построение скорректированного и повышенного температурных графиков. 16. Выбор метода регулирования отпуска теплоты. 17. Расчет и графики суммарного расхода воды</p>	лоснабжения
			<p>18. Задачи гидравлического расчета и основные расчетные зависимости. 19. Порядок гидравлического расчета. 20. Разработка монтажной схемы тепловой сети. 21. Гидравлический расчет разветвленных тепловых сетей. 22. Особенности гидравлического расчета паропроводов и конденсатопроводов. 23. Пьезометрический график: цель и порядок его построения. 24. Примеры присоединения абонентов к тепловой сети при различных давлениях в тепловой сети. 25. Назначение и подбор насосов (сетевых, подпиточного, подкачивающего, смешительного).</p>	5. Гидравлический расчет тепловых сетей.
			<p>26. Понятие о гидравлическом режиме тепловых сетей и методика расчета гидравлического режима тепловых сетей. 27. Гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения. 28. Способы поддержания давлений в «нейтральных точках». 29. Гидравлический режим тепловых сетей с насосными и дросселирующими подстанциями. 30. Расчет потокораспределения в тепловых сетях.</p>	6. Гидравлический режим тепловых сетей.
			<p>31. Трасса и профиль теплопроводов. 32. Надземная и подземная прокладка теплопроводов. 33. Прокладка тепловых сетей в условиях Крайнего Севера. 34. Трубы и их соединения. 35. Опоры. Расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры. 36. Компенсаторы: назначение, классификация и их расчет. 37. Использование и расчет естественной компенсации. 38. Назначение, схемы и основное оборудование тепловых подстанций.</p>	7. Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.
			<p>39. Тепловая изоляция. Теплоизоляционные материалы и конструкции тепловой изоляции. 40. Расчетные зависимости и методика теплового расчета. 41. Тепловой расчет надземных и подземных теплопроводов. 42. Тепловые потери и коэффициент тепловой эффективности тепловой изоляции. 43. Выбор оптимальной толщины изоляционного слоя.</p>	8. Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.
			<p>44. Организация службы эксплуатации. 45. Приемка, пуск, наладка и испытания систем теплоснабжения. 46. Методы обнаружения и ликвидации аварий. 47. Повышение надежности теплоснабжения. 48. Оптимизация систем теплоснабжения. 49. Основные направления развития систем теплоснабжения.</p>	9. Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОК-7):</p> <ul style="list-style-type: none"> - источники информации для самообразования в рамках выбранного направления. <p>(ПК-10):</p> <ul style="list-style-type: none"> - приборы и схемы для измерения теплоэнергетических величин; - типы и устройство промышленных теплоэнергетических установок. <p>Уметь (ОК-7):</p> <ul style="list-style-type: none"> - организовать процесс самообразования; - применять методы и средства самоорганизации и самообразования. <p>(ПК-10):</p> <ul style="list-style-type: none"> - составить энергетический баланс конкретной теплоэнергетической установки; 	<p>отлично</p>	<p>Оценка <i>«отлично»</i> выставляется в случае, если обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>знания</i>: основных источники информации для самообразования в рамках выбранного направления; правила экологической безопасности на производстве; основных приборов и схемы для измерения теплоэнергетических величин; типы и устройство промышленных теплоэнергетических установок. - <i>умения</i>: организовать процесс самообразования; применять методы и средства самоорганизации и самообразования; планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; составлять энергетический баланс конкретной теплоэнергетической установки; проводить поверочный или конструктивный расчёт теплообменного аппарата и другого оборудования; оценивать технико-экономические характеристики технологического процесса. - <i>владение</i>: методами самоорганизации; навыками применения средств самообразования и самоорганизации в профессиональной деятельности; способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; простейшими приемами решения типовых теплотехнических задач на применение основных физических законов и численных алгоритмов; навыками чтения технических чертежей и технологических схем оборудования.
<ul style="list-style-type: none"> - провести поверочный или конструктивный расчёт теплообменного аппарата и другого оборудования; - оценить технико-экономические характеристики технологического процесса. <p>Владеть (ОК-7):</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами самоорганизации; - навыками применения средств самообразования и самоорганизации в профессиональной деятельности. <p>(ПК-10):</p> <ul style="list-style-type: none"> - простейшими приемами решения типовых теплотехнических задач на применение основных физических законов и численных алгоритмов. 	<p>хорошо</p>	<p>Оценка <i>«хорошо»</i> выставляется в случае, если обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточно полное <i>знание</i>: основных источники информации для самообразования в рамках выбранного направления; правила экологической безопасности на производстве; основных приборов и схемы для измерения теплоэнергетических величин; типы и устройство промышленных теплоэнергетических установок. - недостаточно полное <i>умение</i>: организовать процесс самообразования; применять методы и средства самоорганизации и самообразования; планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; составлять энергетический баланс конкретной теплоэнергетической установки; проводить поверочный или конструктивный расчёт теплообменного аппарата и другого оборудования; оценивать технико-экономические характеристики технологического процесса. - недостаточно полное <i>владение</i>: методами самоорганизации; навыками применения средств самообразования и самоорганизации в профессиональной деятельности; способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; простейшими приемами решения типовых теплотехнических задач на применение основных физических законов и численных алгоритмов; навыками чтения технических чертежей и тех-

<p>- навыками чтения технических чертежей и технологических схем оборудования.</p>	<p>удовлетворительно</p>	<p>нологических схем оборудования.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>частичное знание</i>: основных источники информации для самообразования в рамках выбранного направления; правила экологической безопасности на производстве; основных приборов и схемы для измерения теплоэнергетических величин; типы и устройство промышленных теплоэнергетических установок. - <i>частичное умение</i>: организовать процесс самообразования; применять методы и средства самоорганизации и самообразования; планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; составлять энергетический баланс конкретной теплоэнергетической установки; проводить поверочный или конструктивный расчёт теплообменного аппарата и другого оборудования; оценивать технико-экономические характеристики технологического процесса. - <i>частичное владение</i>: методами самоорганизации; навыками применения средств самообразования и самоорганизации в профессиональной деятельности; способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; простейшими приемами решения типовых теплотехнических задач на применение основных физических законов и численных алгоритмов; навыками чтения технических чертежей и технологических схем оборудования.
	<p>неудовлетворительно</p>	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>существенные пробелы в знание</i>: основных источники информации для самообразования в рамках выбранного направления; правила экологической безопасности на производстве; основных приборов и схемы для измерения теплоэнергетических величин; типы и устройство промышленных теплоэнергетических установок. - <i>принципиальные ошибки в умение</i>: организовать процесс самообразования; применять методы и средства самоорганизации и самообразования; планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; составлять энергетический баланс конкретной теплоэнергетической установки; проводить поверочный или конструктивный расчёт теплообменного аппарата и другого оборудования; оценивать технико-экономические характеристики технологического процесса. - <i>невозможность владения</i>: методами самоорганизации; навыками применения средств самообразования и самоорганизации в профессиональной деятельности; способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве; простейшими приемами решения типовых теплотехнических задач на применение основных физических законов и численных алгоритмов; навыками чтения технических чертежей и технологических схем оборудования.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина системы теплоснабжения направлена на ознакомление обучающегося с системами энергообеспечения, формирование и приобретение им знаний в области производства, транспорта и потребления тепловой энергии, освоение обучающимся принципов работы и управления современными системами теплоснабжения.

Изучение дисциплины системы теплоснабжения предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические работы;
- курсовую работу,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения *раздела 1* «Назначение систем теплоснабжения» студенты должны уяснить: роль, назначение, структура систем теплоснабжения; виды источников теплоты.

В ходе освоения *раздела 2* «Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ» студенты должны уяснить: виды тепловых нагрузок (сезонные и круглогодичные), графики тепловых нагрузок; определение расчетных, среднечасовых и годовых тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды; особенности расчета тепловых нагрузок для промышленных предприятий.

В ходе освоения *раздела 3* «Классификация систем теплоснабжения» студенты должны уяснить: классификация систем теплоснабжения: водяные, паровые; открытые и закрытые системы теплоснабжения; преимущества и недостатки систем теплоснабжения; выбор теплоносителя; транзитные тепловые сети; схемы тепловых сетей.

В ходе освоения *раздела 4* «Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения» студенты должны уяснить: задача и методы регулирования; центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузками; центральное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке; построение скорректированного и повышенного температурных графиков; выбор метода регулирования отпуска теплоты; расчет и графики суммарного расхода воды.

В ходе освоения *раздела 5* «Гидравлический расчет тепловых сетей» студенты должны уяснить: задачи гидравлического расчета и основные расчетные зависимости; порядок гидравлического расчета; разработка монтажной схемы тепловой сети; гидравлический расчет разветвленных тепловых сетей; особенности гидравлического расчета паропроводов и конденсатопроводов.

В ходе освоения *раздела 6* «Гидравлический режим тепловых сетей» студенты должны уяснить: понятие о гидравлическом режиме тепловых сетей и методика расчета гидравлического режима тепловых сетей; гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения; способы поддержания давлений в «нейтральных точках».

В ходе освоения *раздела 7* «Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты» студенты должны уяснить прокладка тепловых сетей в условиях Крайнего Севера; трубы и их соединения; опоры; расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры; назначение, схемы и основное оборудование тепловых подстанций.

В ходе освоения *раздела 8* «Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети» студенты должны уяснить: теплоизоляционные материалы и конструкции тепловой изоляции; расчетные зависимости и методика теплового расчета; тепловой расчет надземных и подземных теплопроводов; тепловые потери и коэффициент тепловой эффективности тепловой изоляции.

В ходе освоения *раздела 9* «Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения» студенты должны уяснить: организация службы эксплуатации; приемка, пуск, наладка и испытание систем теплоснабжения; методы обнаружения и ликвидации аварий.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: Назначение систем теплоснабжения. Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ. Классификация систем теплоснабжения. Регулирование отпуска тепла в систе-

мах теплоснабжения. Гидравлический расчет тепловых сетей. Гидравлический режим тепловых сетей. Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты. Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети. Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения.

В процессе проведения *практических занятий* происходит закрепление знаний о проведении: Расчета и построение графиков тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды в зависимости от температуры наружного воздуха. Построение графика продолжительности тепловой нагрузки. Выбора теплоносителя и конструкции тепловой сети. Выбора метода регулирования отпуска тепла от источника теплоснабжения. Построение температурных графиков для отопительной и вентиляционной нагрузки. Расчета и построение графика суммарного расхода воды (пара). Гидравлический расчет водяной и паровой тепловой сети. Гидравлический режим тепловой сети. Построение и анализ пьезометрического графика. Присоединение абонентов к тепловой сети. Насосные подстанции. Выбор насосов. Прочностные расчеты элементов тепловой сети. Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.

В процессе проведения *лабораторных работ* происходит формирование умений и навыков определения и анализа: температурных графиков по отопительной, отопительно-бытовой и совмещенной нагрузкам в зависимости от расчетных температур наружного воздуха и различных методов регулирования; исследование режимов давлений в тепловых сетях; анализ пьезометрических графиков; анализ устойчивости гидравлического режима водяных тепловых сетей; исследование гидравлического режима тепловых сетей с насосными и дросселирующими подстанциями; изучение потокораспределения в тепловой сети при работе от двух и более источников теплоснабжения; исследование режимов работы пластинчатого теплообменного аппарата; исследование температурного поля грунта, прилегающего к теплопроводам, при подземной прокладке тепловой сети. и др.

Работа с *литературой* является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде презентаций, проблемной лекции, лекции с запланированными ошибками) в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Системы теплоснабжения

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: ознакомление обучающегося с системами энергообеспечения, формирование и приобретение им знаний в области производства, транспорта и потребления тепловой энергии, освоение обучающимся принципов работы и управления современными системами теплоснабжения.

Задачей изучения дисциплины является: подготовка обучающегося к самостоятельной деятельности по выполнению проектно-конструкторских и научно-исследовательских работ, эксплуатации, наладки и оптимизации систем теплоснабжения.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 34 час., ЛР – 17 час., ПЗ - 51 часов, СР– 114 час.,

Общая трудоемкость дисциплины составляет 252 часов, 7 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 - Назначение систем теплоснабжения.
- 2 - Тепловое потребление отраслями промышленности и ЖКХ.
- 3 - Классификация систем теплоснабжения.
- 4 - Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения.
- 5 - Гидравлический расчет тепловых сетей.
- 6 - Гидравлический режим тепловых сетей.
- 7 - Конструктивные элементы тепловых сетей и их прочностные расчеты.
- 8 - Тепловой расчет трубопроводов тепловой сети.
- 9 - Эксплуатация тепловых сетей систем теплоснабжения..

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОК-7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ПК-10 - готовностью к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, КР.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20___-20___ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20 ___ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.13.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015г. № 1081.

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771 , заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 , заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 для заочной формы (ускоренного обучения) от «06» июня 2016 г. № 429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 , заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 для заочной формы (ускоренного обучения) от «04» апреля 2017 г. №203

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130 , заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130

Программу составил:

Федяев П.А., к.т.н., доцент _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ПТЭ

от «13» декабря 2018 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой ПТЭ _____ Федяев А.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ _____ Федяев А.А.

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета ЭиА _____ А.Д.Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____