

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетика и систем
управления

 / Бурковский А.В./

«25» ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Источники и системы теплоснабжения»

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Промышленная теплоэнергетика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы
Заведующий кафедрой
Теоретической и
промышленной
теплоэнергетики

 _____ А.М. Наумов

 _____ В.В. Портнов

Руководитель ОПОП

 _____ С.В. Дахин

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение необходимых знаний для проектирования и эксплуатации систем теплоснабжения промышленных предприятий и жилых районов.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Определение тепловых нагрузок по видам потребления; выбор рациональных видов тепловых источников; выполнение расчетов систем теплоснабжения с использованием современных математических методов и ПО; определение материальных, энергетических и людских затрат в системах теплоснабжения и выработке путей сокращения этих затрат; осуществление надежной и экономической эксплуатации основного и вспомогательного оборудования в системах теплоснабжения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Источники и системы теплоснабжения» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Источники и системы теплоснабжения» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен проводить расчеты энергетического и теплотехнического оборудования по типовым методикам

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать: основные принципиальные схемы существующих и новых, внедряемых в строительство и массовое производство систем теплоснабжения, потребителей пара и горячей воды, структуры централизованного, индивидуального теплоснабжения, способы использования вторичных энергоресурсов
	Уметь: выбирать тип присоединения потребителя к тепловой сети, выбирать режим и оборудование для регулирования тепловой нагрузки
	Владеть: методами расчета тепловых нагрузок, расчета на прочность тепловых сетей, навыками гидравлического расчета тепловых сетей, методикой определения необходимой толщины теплоизоляционных конструкций

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Источники и системы

теплоснабжения» составляет 10 з.е.

**Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
Аудиторные занятия (всего)	162	90	72
В том числе:			
Лекции	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	72	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18	-
Самостоятельная работа	117	45	72
Курсовой проект	+		+
Часы на контроль	81	45	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	360	180	180
зач.ед.	10	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
Аудиторные занятия (всего)	16	12	4
В том числе:			
Лекции	6	4	2
Практические занятия (ПЗ)	6	4	2
Лабораторные работы (ЛР)	4	4	-
Самостоятельная работа	326	159	167
Курсовой проект	+		+
Часы на контроль	18	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	360	180	180
зач.ед.	10	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Промышленные потребители пара и горячей воды	Расчет потерь и внутренних тепловыделений в производственных цехах. Тепловой баланс производственных помещений. Системы парового, воздушного и	12	12	-	7	31

		<p>водяного отопления промышленных и жилых зданий и их расчет. Определение расхода тепла на отопление. Горячее водоснабжение, его назначение, основные параметры. Определение нагрузок горячего водоснабжения промышленных предприятий и жилых районов. Графики нагрузок горячего водоснабжения. Вентиляция промышленных цехов. Нормы и параметры санитарного состояния воздушной среды производственных и общественных помещений. Определение теплотребления вентиляционных установок. Режимы работы вентиляционных систем, графики их потребления. Системы кондиционирования воздуха (СКВ), их назначение, схемы, область применения, основное и вспомогательное оборудование, методы расчета. Определение потребности в тепле и холоде. Режимы работы и методы регулирования промышленных СКВ.</p>					
2	<p>Системы централизованного теплоснабжения промпредприятий и использование вторичных энергоресурсов</p>	<p>Системы централизованного теплоснабжения промышленных предприятий, их структура. Паровые системы, их схемы состав оборудования, режимы работы методы регулирования и обеспечения надежного пароснабжения. Системы сбора и возврата конденсата промышленных потребителей, назначение, оборудование, режимы работы. Методы снижения потерь конденсата. Водяные системы теплоснабжения. Классификация систем. Двухтрубные закрытые и открытые системы, схемы, область применения. Многотрубные системы промышленных предприятий, схемы, область применения, преимущество и недостатки. Водяные системы с однострубно транзитной магистралью и двухтрубной распределительной сетью. Особенности присоединения потребителей к тепловым сетям. Техноэкономическое сопоставление систем теплоснабжения. Основные виды энергоресурсов промышленных предприятий, их характеристика. Техноэкономическая целесообразность использования ВЭР для производства пара и горячей воды в теплоутилизационных установках. Виды, параметры и графики выхода ВЭР, используемых для выработки пара и горячей воды. Типы теплоутилизационных установок, схемы, состав оборудования, режимы работы, методы расчета. Способы регулирования и оптимизации параметров, состав оборудования теплоутилизационных установок.</p>	8	8	10	10	36

		Методика определения экономии топлива и техникоэкономических показателей теплоутилизационных установок. Методы защиты окружающей среды при работе теплоутилизационных установок.					
3	Промышленные паротурбинные электростанции и их тепловые схемы	<p>Промышленные паротурбинные электростанции, их назначение, схемы, оборудование. Параметры, область применения промышленных электростанций. Эффективность конденсационного и теплофикационных циклов. Методы определения экономии топлива при комбинированной выработке электроэнергии и теплоты на ТЭЦ. Влияние начальных и конечных параметров пара, промежуточного перегрева пара на эффективность работы промышленных электростанций.</p> <p>Техникоэкономические основы выбора оптимальных параметров. Зависимость энергетической эффективности теплофикации от начальных параметров пара на ТЭЦ и параметров отбираемого пара. Регенеративный подогрев питательной воды.</p> <p>Техникоэкономическое обоснование выбора оптимального числа и параметров регенеративных отборов. Смесительные и поверхностные регенеративные подогреватели. Энергетические характеристики котлов и турбин. Диаграммы режимов теплофикационных турбин и предельные нагрузки. Выбор типа и количества основного оборудования промышленных ТЭЦ. Правило резерва. Основные схемы отпуска тепла ТЭЦ с паром и горячей водой, сравнение их экономичности, надежности, капитальных затрат. Распределение тепловых нагрузок между отборами и пиковыми водогрейными котлами.</p> <p>Коэффициент теплофикации, его техникоэкономическое обоснование и определение оптимального значения. Совместная работа котельных, ТЭЦ, теплоутилизационных установок в системах теплоснабжения промышленных предприятий.</p> <p>Анализ тепловых схем и ее элементов методом коэффициента ценности тепла и коэффициентов изменения мощности. КПД и удельные расходы топлива. Собственные нужды ТЭЦ и мероприятия по снижению потребления тепла и электроэнергии на собственные нужды. Методы использования ВЭР на паротурбинных электростанциях. Удельные капитальные затраты и себестоимость энергии промышленных электростанций. Компоновка ТЭЦ.</p>	12	12	-	10	34

4	Газотурбины, парогазовые и ядерные энергетические установки и электростанции	<p>Принципиальные схемы, параметры и энергетическая эффективность газотурбинных и парогазовых установок. Методы расчета схем и определение показателей энергетической и экономической эффективности ГТУ и ПГУ. Использование АТЭЦ, АСТ, АСТП для теплоснабжения промышленных предприятий. Особенности конструкций и режимов работы ядерных реакторов. Основные схемы, параметры, энергетические характеристики и техникоэкономические показатели АЭС. Возможные схемы тепло и пароснабжения предприятий от атомных станций.</p> <p>Высокотемпературные газовые ядерные реакторы и возможности их использования для теплоснабжения предприятий. Новые методы выработки электроэнергии. МГДгенераторы, топливные и термоэмиссионные элементы.</p>	6	6	-	8	20
5	Режимы регулирования и отпуска тепла в систему централизованного теплоснабжения	<p>Назначение и структура систем регулирования. Возможные методы регулирования тепловой нагрузки в системах централизованного теплоснабжения, их анализ. Регулирование отпуска тепла из паровых сетей. Аккумуляторы пара, их применение и расчет. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузки водяных систем теплоснабжения. Графики температур и расходов теплоносителей. Методы центрального регулирования суммарных нагрузок отопления и горячего водоснабжения городов. Методы корректировки температурных графиков на вводах предприятий, получаемых горячую воду от районных ТЭЦ. Эффективность различных систем регулирования отпуска тепла. Аккумуляция тепла. Схемы, расчет и режимы работы теплоаккумулирующих установок.</p>	6	6	-	14	26
6	Гидравлический расчет тепловых сетей	<p>Задачи гидравлического расчета. Основные требования к режиму давления тепловых сетей. Методика расчета транзитных и разветвленных паропроводов и водяных тепловых сетей. Расчет линейных и местных потерь давления. Пьезометрический график и метод его построения. Определение параметров сетевых и подпиточных насосов по пьезометрическому графику. Выбор схем присоединения абонентских установок по пьезометрическому графику. Гидравлический режим систем теплоснабжения. Гидравлические характеристики насосов, тепловых сетей, регуляторов. Расчет гидравлического режима систем теплоснабжения.</p>	8	8	-	16	32

		Гидравлическая устойчивость тепловых сетей. Схемы закрепления давления в нейтральных точках, другие методы повышения гидравлической устойчивости тепловых сетей. Гидравлический удар в тепловых сетях, причины и последствия. Методы борьбы с гидравлическим ударом.					
7	Тепловой расчет тепловых сетей	Конструкции и типы прокладок теплопроводов предприятий. Надземные и подземные, канальные и бесканальные прокладки тепловых сетей. Теплоизоляционные материалы и конструкции, применяемые в тепловых сетях. Задачи теплового расчета сетей. Определение термического сопротивления однотрубных и многотрубных теплопроводов для различных видов прокладки. Определение местных тепловых потерь. Коэффициент эффективности тепловой изоляции. Падение температуры теплоносителя по длине теплопровода. Основные предпосылки для выбора теплоизоляционной конструкции и толщины тепловой изоляции. Технико-экономическая оптимизация толщины тепловой изоляции.	6	8	-	14	28
8	Конструкции и прочностной расчет тепловых сетей	Трассы и профиль теплопровода. Конструктивные основные элементы. Требования, предъявляемые к теплопроводам. Основные методы защиты теплопроводов от коррозии. Павильоны и камеры подземных теплопроводов. Защита подземных теплопроводов от затопления. Устройства продольного дренажа. Конструкции и требования, предъявляемые к дренажам. Трубы, используемые в тепловых сетях. Прочностной расчет трубопроводов. Опоры теплопроводов при надземных и подземных прокладках. Классификации и конструкции опор. Определение реакций в подвижных и неподвижных опорах. Расстояние между подвижными и неподвижными опорами. Компенсация температурных деформаций. Сальниковые и линзовые компенсаторы, расчет осевых усилий компенсаторов. Естественная компенсация температурных деформаций. П, S, Ω - образные компенсаторы, их расчет.	8	6	4	20	38
9	Оборудование и режим эксплуатации тепловых подстанций промпредприятий	Тепловые подстанции, центральные и местные тепловые пункты, принципиальные схемы, основное и вспомогательное оборудование. Методика расчета и выбор оборудования тепловых подстанций. Связь тепловых подстанций с тепловыми источниками. Конденсатосборные подстанции и их узлы, оборудование, режимы работы,	6	6	4	18	34

		методика расчета тепловых схем и оборудование.					
Итого			72	72	18	117	279

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Промышленные потребители пара и горячей воды.	Отопление промышленных зданий. Расчет потерь и внутренних тепловыделений в производственных цехах. Тепловой баланс производственных помещений. Определение расхода тепла на отопление. Системы парового, воздушного и водяного отопления промышленных и жилых зданий. Определение теплотребления вентиляционных установок. Горячее водоснабжение, его назначение, основные параметры. Определение нагрузок горячего водоснабжения промышленных предприятий и жилых районов. Графики нагрузок горячего водоснабжения. Системы кондиционирования воздуха (СКВ), их назначение, схемы, область применения, методы расчета. Определение потребности в тепле и холоде.	1	1	-	40	42
2	Системы централизованного теплоснабжения промпредприятий. Использование ВЭР.	Системы централизованного теплоснабжения промышленных предприятий. Паровые системы, их схемы состав оборудования, режимы работы и методы регулирования. Системы сбора и возврата конденсата промышленных потребителей, их назначение и оборудование, режимы работы. Водяные системы теплоснабжения промышленных предприятий. Классификация систем. Двухтрубные закрытые и открытые системы, схемы, область применения. Многотрубные системы промышленных предприятий, схемы, область применения, преимущество и недостатки. Водяные системы с однострубно-транзитной магистралью и двухтрубной распределительной сетью. Особенности присоединения потребителей к тепловым сетям. Техно-экономическая целесообразность использования ВЭР для производства пара и горячей воды в теплоутилизационных установках.	1	1	2	40	44
3	Промышленные паротурбинные электростанции и их тепловые схемы, газотурбинные и парогазовые энергетические установки.	Промышленные паротурбинные электростанции, их назначение, схемы, оборудование. Эффективность конденсационного и теплофикационных циклов. Методы определения экономия топлива при комбинированной выработке электроэнергии и теплоты на ТЭЦ. Регенеративный подогрев питательной воды. Диаграммы режимов теплофикационных турбин. Принципиальные схемы, параметры и энергетическая эффективность	1	1	2	40	44

		газотурбинных и парогазовых установок. Методы расчета схем и определение показателей энергетической и экономической эффективности ГТУ и ПГУ.					
4	Режим регулирования и отпуска тепла в систему централизованного теплоснабжения.	Назначение систем регулирования. Возможные методы регулирования тепловой нагрузки в системах централизованного теплоснабжения, их анализ. Регулирование отпуска тепла из паровых сетей. Аккумуляторы пара их применение и расчет. Центральное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузки водяных систем теплоснабжения. Графики температур и расходов теплоносителей. Эффективность различных систем регулирования отпуска тепла. Аккумулирование тепла. Схемы, расчет и режимы работы теплоаккумулирующих установок.	1	1	-	39	41
5	Гидравлический расчет тепловых сетей и паропроводов.	Задачи гидравлического расчета. Основные требования к режиму давления тепловых сетей. Методика расчета транзитных и разветвленных паропроводов и водяных тепловых сетей. Расчет линейных и местных потерь давления. Пьезометрический график и метод его построения. Определения параметров сетевых и подпиточных насосов по пьезометрическому графику. Выбор схем присоединения абонентских установок по пьезометрическому графику.	1	1	-	83	85
6	Тепловой расчет тепловых сетей. Конструкции и прочностной расчет тепловых сетей.	Конструкции и типы прокладок теплопроводов предприятий. Теплоизоляционные материалы и конструкции, применяемые в тепловых сетях. Задачи теплового расчета сетей. Определение термического сопротивления однострубных и многотрубных теплопроводов для различных видов прокладки. Падение температуры теплоносителя по длине теплопровода. Определение толщины тепловой изоляции. Прочностной расчет трубопроводов. Опоры теплопроводов при надземных и подземных прокладках. Классификации и конструкции опор. Компенсация температурных удлинений. Осевые компенсаторы, расчет осевых усилий компенсаторов. Радиальные компенсаторы, их расчет.	1	1	-	84	86
Итого			6	6	4	326	342

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1 Исследование регенеративного теплообменного аппарата с псевдооживленным слоем промежуточного теплоносителя для утилизации газообразных ВЭР.

Лабораторная работа №2 Исследование П-образного компенсатора

температурных деформаций.

Лабораторная работа №3 Исследование режимов работы водоструйного элеватора.

Лабораторная работа №4 Изучение гидравлических характеристик регулирующих органов тепловых сетей

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 6 семестре для очной формы обучения, в 8 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Проектирование централизованной системы теплоснабжения»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Рассчитывают тепловые нагрузки промышленных цехов и жилого района.
- Строятся графики зависимости тепловой нагрузки от температуры наружного воздуха и продолжительности тепловой нагрузки.
- Предварительно выбирают основные схемы присоединения абонентов к тепловым сетям.
- Рассчитывают и строят графики температур и расходов сетевой воды по видам теплопотребления.
- Выполняется гидравлический расчет тепловых сетей.
- Выполняется тепловой и гидравлический расчет паропровода для подачи пара в промышленные цеха.
- Строится пьезометрический график и выбираются схемы присоединения абонентских установок к тепловым сетям.
- Выполняется тепловой расчет тепловых сетей.
- Рассчитывается тепловая схема котельной.
- Выполняются тепловой и гидравлический расчеты бойлерной установки для подогрева сетевой воды. В случае покрытия нагрузки горячего водоснабжения в летний период водогрейными котлами выполняется тепловой и гидравлический расчеты подогревателей для подогрева сырой воды.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПКЗ	Знать: основные принципиальные схемы существующих и новых, внедряемых в строительство и массовое производство систем теплоснабжения, потребителей пара и горячей воды, структуры централизованного, индивидуального теплоснабжения, способы использования вторичных энергоресурсов	Активная работа на практических занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе
	Уметь: выбирать тип присоединения потребителя к тепловой сети, выбирать режим и оборудование для регулирования тепловой нагрузки	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе
	Владеть: методами расчета тепловых нагрузок, расчета на прочность тепловых сетей, навыками гидравлического расчета тепловых сетей, методикой определения необходимой толщины теплоизоляционных конструкций	Построение графиков регулирования совместного отпуска тепла. Построение пьезометрического графика. Написание курсового проекта.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочей программе

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5, 6 семестре для очной формы обучения, 7, 8 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПКЗ	Знать: основные принципиальные схемы	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильн

существующих и новых, внедряемых в строительство и массовое производство систем теплоснабжения, потребителей пара и горячей воды, структуры централизованного, индивидуального теплоснабжения, способы использования вторичных энергоресурсов						БХ ответов
Уметь: выбирать тип присоединения потребителя к тепловой сети, выбирать режим и оборудование для регулирования тепловой нагрузки	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	
Владеть: методами расчета тепловых нагрузок, расчета на прочность тепловых сетей, навыками гидравлического расчета тепловых сетей, методикой определения необходимой толщины теплоизоляционных конструкций	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какой компенсатор относится к осевым?

1. Шарнирный
2. Сальниковый
3. П-образный
4. S-образный

Ответ: 2

2. Для чего используется водоструйный элеватор?

1. Умягчение сетевой воды
2. Повышение температуры сетевой воды

3. Снижение температуры сетевой воды
4. Выравнивание температуры сетевой воды

Ответ: 3

3. Сколько Дж в 1 кал?

1. 0,19
2. 2,19
3. 4,19
4. 6,19

Ответ: 3

4. Когда включается в работу пиковая котельная ТЭЦ?

1. В летний период
2. При остановке турбогенератора
3. При наименьших тепловых нагрузках
4. При наивысших тепловых нагрузках

Ответ: 4

5. Какой критерий подобия определяется по формуле $\alpha \times d / \lambda$?

1. Грасгофа
2. Нуссельта
3. Эйлера
4. Больцмана

Ответ: 2

6. Какой компенсатор относится к осевым?

1. Линзовый
2. Шарнирный
3. П-образный
4. S-образный

Ответ: 1

7. С какой целью на ТЭС устанавливают регенеративные подогреватели питательной воды?

1. Для уменьшения расхода питательной воды
2. Для повышения давления перегретого пара
3. Для повышения КПД
4. Для повышения паропроизводительности

Ответ: 3

8. Какую размерность имеет коэффициент теплоотдачи α ?

1. Вт/(м·К)
2. Вт/(кг·К)
3. Вт/(м²·К)
4. Вт/(м³·К)

Ответ: 3

9. Какой критерий подобия определяется по формуле $\omega \cdot d / \nu$?

1. Грасгофа
2. Нуссельта
3. Эйлера
4. Рейнольдса

Ответ: 4

10. В каких случаях используют трех- и четырехтрубные тепловые сети?

1. На отопление и горячее водоснабжение
2. На отопление
3. На горячее водоснабжение
4. На вентиляцию

Ответ: 1

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задача 1. Определить расход тепла на отопление по укрупненным измерителям. Место расположения – г. Астрахань. Расчетная температура наружного воздуха для систем отопления $t_{н,о} = - 22$ °С. Количество жителей поселка $n = 5000$ человек. Жилая площадь приходящаяся на одного человека принимается $F_{ж} = 12$ м²/чел. Расчетная температура воздуха внутри отапливаемых помещений $t_{в,р} = 18$ °С. Коэффициент учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий $k = 0,25$. Коэффициент инфильтрации для промышленных зданий $\mu = 0,26$.

№ п/п	Наименование потребителя тепла	Объем здания по наружным размерам для промышленных потребителей, V_n тыс. м ³
1.	Чугунолитейный цех	120
2.	Сталелитейный цех	50
3.	Термический цех	40
4.	Кузнечный цех	40
5.	Механический цех	50

Задача 2. Определить расход тепла на вентиляцию с рециркуляцией по укрупненным измерителям. Место расположения – г. Астрахань. Расчетная температура наружного воздуха для систем вентиляции с рециркуляцией принимается

$t_{н,в} = - 8$ °С. Расчетная температура воздуха внутри отапливаемых помещений $t_{в,р} = 18$ °С.

№ п/п	Наименование потребителя тепла	Объем здания по наружным размерам для промышленных потребителей, V_n тыс. м ³
1.	Чугунолитейный цех	120
2.	Сталелитейный цех	50

3.	Термический цех	40
4.	Кузнечный цех	40
5.	Механический цех	50

Задача 3. Определить расход тепла для горячего водоснабжения. Количество жителей поселка $m = 5000$ человек. Температура горячей воды для закрытых систем теплоснабжения для упрощения расчета принимается $t_r = 60$ °С. Норма потребления горячей воды принимается $a = 110$ л/сут. для жилых зданий повышенного благоустройства. Норма потребления горячей воды для общественных зданий района (при отсутствии данных принимают $b = 25$ кг (л) в сутки на 1 человека). Температура холодной воды принимается летом $t_{x,л} = 15$ °С; зимой $t_{x,з} = 5$ °С

Задача 4. Определить расход тепла для технологических нужд отпускаемого насыщенного пара. Расход насыщенного пара на технологические нужды $D = 11,1$ кг/с. Давление насыщенного пара у потребителя $P_k = 5 \times 10^5$ Па. Расчетная длина паропровода $L = 3000$ м.

Задача 5. Определить температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралях для системы отопления. Место расположения – г. Астрахань. Система отопления закрытая двухтрубная. Регулирование центральное качественное в диапазоне температур наружного воздуха $t_{н,о} \leq t_n \leq t_{н,и}$ и центральное количественное в диапазоне температур наружного воздуха $t_{н,и} \leq t_n \leq t_{н,к}$. Отопительный график $150 \div 70$ °С ($\tau'_{o1} \div \tau'_{o2}$). Расчетная температура наружного воздуха для систем отопления $t_{н,о} = -22$ °С. Расчетная температура воздуха внутри отапливаемых помещений $t_{в,р} = 18$ °С. Расчетная отопительная нагрузка при температуре наружного воздуха $t_n = t_{н,о} = -22$ °С, $Q' = 10,2$ МВт. Максимальная температура воды в местной системе отопления для бытовых потребителей при использовании чугунных радиаторов отопления $\tau'_c = 95$ °С.

Задача 6. Определить расходы и температуры теплоносителя для системы вентиляции при совместном отпуске теплоты. Система вентиляции с рециркуляцией. Расчетная тепловая нагрузка $Q''_в = 1390$ кВт. Расчетная температура для отопления $t_{н,о} = -32$ °С. Расчетная температура для вентиляции $t_{н,в} = -17,9$ °С. Температура воды в подающей магистрали принимается из расчета системы отопления при $t_n = t_{н,в}$ $\tau''_1 = \tau''_{o1} = 116,2$ °С. Температура воды в обратной магистрали $\tau''_{2в} = \tau''_{o2} = 58,6$ °С (принимается из расчета системы отопления при $t_n = t_{н,в}$). Температура воздуха на выходе из калорифера $t_1 = t_{в,р} = 20$ °С. Определить расход сетевой воды через калорифер G_n и температуру сетевой воды после калорифера $\tau_{2в}$ при следующих значениях t_n : $t_{н,о}$; $t_{н,к}$.

Задача 7. Определить расходы и температуры сетевой воды после подогревателя при параллельной схеме включения подогревателя горячего водоснабжения при следующих условиях: температура холодной воды $t_x = 5$ °С; температура горячей воды $t_r = 60$ °С; температура сетевой воды в

точке излома температурного графика: в подающей магистрали $\tau_1''' = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; в обратной магистрали $\tau_{2r}''' = 41,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Тепловая нагрузка подогревателя: зимняя 10000 кВт; летняя $Q_{г.в.}^л = 7500 \text{ кВт}$

t_n	-5	-15	-25	-32
τ_1	83,71	108,81	133,25	150
τ_2	46,9	56,01	64,4	70

Задача 8. Определить толщину тепловой изоляции при надземной прокладке по нормированным теплотерям. Место расположения – г. Архангельск. Средняя температура отопительного периода $t_n = t_{c.o.} = -4,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воды в подающей магистрали $\tau_{o1} = 82,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воды в обратной магистрали $\tau_{o2} = 46,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Средняя скорость ветра $w = 6,2 \text{ м/с}$. Диаметр трубопровода $D_n \times \delta_{ст} = 273 \times 7 \text{ мм}$. Продолжительность отопительного периода 6024 часа.

Задача 9. Определить толщину тепловой изоляции при подземной прокладке в непроходных каналах по нормированным теплотерям. Место расположения – г. Архангельск. Средняя температура отопительного периода $t_n = t_{c.o.} = -4,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Расчетная температура наружного воздуха для отопления $t_{н.о} = -32 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воды в подающей магистрали $\tau_{o1} = 82,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воды в обратной магистрали $\tau_{o2} = 46,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Диаметр трубопровода $D_n \times \delta_{ст} = 273 \times 7 \text{ мм}$. Глубина заложения оси трубопровода $h = 1,5 \text{ м}$. Продолжительность отопительного периода 6024 часа.

Задача 10. Определить толщину тепловой изоляции при подземной бесканальной прокладке по нормированным теплотерям. Место расположения – г. Одесса. Средняя температура отопительного периода $t_n = t_{c.o.} = +1 \text{ }^\circ\text{C}$. Расчетная температура наружного воздуха для отопления $t_{н.о} = -17 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воды в подающей магистрали $\tau_{o1} = 87 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воды в обратной магистрали $\tau_{o2} = 48,14 \text{ }^\circ\text{C}$. Диаметр трубопровода $D_n \times \delta_{ст} = 219 \times 6 \text{ мм}$. Глубина заложения оси трубопровода $h = 1,8 \text{ м}$. Меж осевое расстояние $b = 540 \text{ мм}$. Продолжительность отопительного периода 3960 часа.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Схемы использования тепла промышленного конденсата.
2. Компрессионные тепловые насосы.
3. Струйные тепловые насосы.
4. Абсорбционные тепловые насосы.
5. Газотурбинные электростанции.
6. Парогазовые электростанции.
7. Электростанции с магнитогидродинамическими установками.

8. Задачи гидравлического расчета. Основные требования к режиму давления в тепловых сетях.
9. Расчет паропроводов и водяных тепловых сетей. Расчет линейных и местных потерь давления.
10. Пьезометрический график и метод его построения. Выбор сетевых и подпиточных насосов.
11. Определение общей статической зоны. Разделение системы теплоснабжения на отдельные статические зоны.
12. Выбор схем присоединения абонентских установок по пьезометрическому графику.
13. Гидравлическая характеристика системы. Гидравлические характеристики насосов при последовательной и параллельной схемах включения, а также тепловых сетей.
14. Гидравлическая характеристика регулирующих органов. Гидравлическая устойчивость тепловых сетей. Точки регулируемого давления. Нейтральная точка.
15. Гидравлический удар. Методы борьбы с гидравлическим ударом.
16. Надземная и подземная прокладка тепловых сетей. Теплоизоляционные материалы и конструкции, применяемые в тепловых сетях.
17. Общие требования предъявляемые к тепловой изоляции. Требования к изоляции при бесканальной прокладке.
18. Расчет термических сопротивлений для различных типов прокладки. Местные тепловые потери.
19. Падение температуры теплоносителя по длине теплопровода и выпадение конденсата. Выбор толщины изоляционного слоя. Критический диаметр.
20. Основные методы защиты теплопроводов от коррозии. Павильоны и камеры подземных теплопроводов.
21. Подвижные и неподвижные опоры трубопроводов. Их конструкции и назначение.
22. Компенсация температурных удлинений трубопроводов. Осевые и радиальные компенсаторы.
23. Конструкции осевых компенсаторов. Достоинства и недостатки.
24. Конструкции радиальных компенсаторов. Достоинства и недостатки.
25. Арматура, фланцы и фасонные части
26. Оптимальные параметры промежуточного перегрева пара.
27. Характеристика регенеративного подогрева воды и его энергетическая эффективность.
28. Расход пара на турбину с регенеративными отборами.
29. Типы регенеративных подогревателей. Схема с поверхностными подогревателями ПНД, ПВД и смешивающим подогревателем.
30. Схемы включения смешивающих подогревателей. Без деаэрационная схема включения регенеративных подогревателей.

31. Расчет двухступенчатой схемы со смешивающими подогревателями.
32. Расчет двухступенчатой схемы с поверхностными подогревателями и каскадным сливом дренажа.
33. Расчет двухступенчатой схемы с поверхностными подогревателями с охладителем дренажа и смесителем между подогревателей.
34. Распределение степени подогрева конденсата между ступенями регенеративного подогрева.
35. Способы защиты подземных теплопроводов от электрической коррозии.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил правильно на один вопрос.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил правильно на два вопроса.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент ответил правильно на три вопроса.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент ответил правильно на три вопроса и дополнительный вопрос.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Промышленные потребители пара и горячей воды	ПК-3	Тест, решение задач, защита лабораторных работ, зачет с оценкой
2	Системы централизованного теплоснабжения промпредприятий и использование вторичных энергоресурсов	ПК-3	Тест, решение задач, защита лабораторных работ, зачет с оценкой
3	Промышленные паротурбинные электростанции и их тепловые схемы	ПК-3	Тест, решение задач, защита лабораторных работ, зачет с оценкой
4	Газотурбины, парогазовые и ядерные энергетические установки и электростанции	ПК-3	Тест, решение задач, защита лабораторных работ, зачет с оценкой
5	Режимы регулирования и отпуска тепла в систему централизованного теплоснабжения	ПК-3	Тест, решение задач, защита лабораторных работ, зачет с оценкой, защита курсового проекта
6	Гидравлический расчет тепловых сетей	ПК-3	Тест, решение задач, защита курсового проекта, экзамен
7	Тепловой расчет тепловых сетей	ПК-3	Тест, решение задач, защита курсового проекта, экзамен
8	Конструкции и прочностной расчет тепловых сетей	ПК-3	Тест, решение задач, защита курсового проекта,

			экзамен
9	Оборудование и режим эксплуатации тепловых подстанций промпредприятий	ПК-3	Тест, решение задач, защита курсового проекта, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тестзаданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.: ил.

2. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч. Под. ред. И.Г. Старовойтова. Изд. 3-е, перераб. и доп. Ч. 1. Отопление, водопровод, канализация. М., Стройиздат, 1976. 429 с.

3. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов техникумов. Под общ. ред. Б.Н. Голубкова. М., «Энергия», 1972. 424 с. с илл.

4. Расчет элементов систем централизованного теплоснабжения: учеб. пособие/ Наумов А.М., А.В. Санников, В.Ю. Дубанин, Ю.Н. Агапов. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. 117 с.

5. Проектирования централизованной системы теплоснабжения: учеб. пособие/ Наумов А.М., А.В. Санников, В.Ю. Дубанин, Ю.Н. Агапов. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007.

112 с.

б. 296-2007 Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Источники и системы теплоснабжения предприятий» для студентов специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика» очной формы обучения/ ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.В. Санников, А.М. Наумов, Э.Р. Огурцова. Воронеж, 2007. 26 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационнотелекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Не используются.

9 МАТЕРИАЛЬНОТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Лекционная аудитория, лаборатория.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Источники и системы теплоснабжения» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета тепловых сетей и источников теплоснабжения. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо

	сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетнографических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; выполнение домашних заданий и расчетов; работа над темами для самостоятельного изучения; участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяцполтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом, экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--