

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения»

### **Направления подготовки**

«13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Промышленная теплоэнергетика»

### **Квалификация выпускника**

*Бакалавр*

### **Форма обучения**

Очная

Балаково

## Цель освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины: изучение принципов работы, устройства и эксплуатации оборудования источников тепла, тепловых сетей и теплопотребляющих установок абонентов, а также методов расчёта систем и подбора оборудования систем теплоснабжения.

Задачи изучения дисциплины: заключаются в усвоении методов определения потребности предприятий в теплоте пара и горячей воды на сантехнические и технологические нужды; схем, состава оборудования и режимов работы современных источников теплоснабжения предприятий; принципов и методов построения и регулирования систем теплоснабжения; методов проектирования и технико-экономического анализа систем теплоснабжения с применением ЭВМ. В соответствии с требованиями профессиональных стандартов: «24.083 Специалист-теплоэнергетик атомной станции», «20.014 Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», «24.009 Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными электростанциями», «20.001 Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции».

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

Для освоения дисциплины «Источники и системы теплоснабжения» необходимы знание, умение и владение материалом по предшествующим дисциплинам: математика, физика, гидрогазодинамика, техническая термодинамика, тепломассообмен, котельные установки и парогенераторы, нагнетатели и тепловые двигатели.

При освоении данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать трудовые функции:

- А/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов (ПС 24.083);
- В/04.6 Оценка технического состояния, поддержание и восстановление работоспособности тепломеханического оборудования ТЭС (ПС 20.014);
- А/04.6 Управление затратами на проект (ПС 24.009);
- А/03.6 Составление проектно-сметной документации (ПС 24.009);
- В/05.6 Проведение профилактических мероприятий по предотвращению нарушений в работе оборудования ТЭС, аварий и пожаров (ПС 20.001);
- В/01.6 Разработка инструкций, стандартов и регламентов деятельности по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС (ПС 20.014);
- В/05.6 Ликвидация аварий и восстановление нормального режима функционирования тепломеханического оборудования ТЭС (ПС 20.014);
- В/04.6 Организация и контроль проведения неплановых ремонтов на оборудовании ТЭС (ПС 20.001).

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции: профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Проведение предварительного технико-экономическо-	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы	ПК-3 Способен участвовать в проведении предварительного технико-экономического	З-ПК-3 Знать: финансово-экономическое моделирование; стандартные методики предварительного технико-

го обоснования проектных решений	атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике	обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам	экономического обоснования проектных разработок У-ПК-3 Уметь: собирать исходную информацию для технико-экономических расчетов; планировать ресурсы на проект; определять нагрузку на ресурсы для достижения целей проекта В-ПК-3 Владеть: навыками технико-экономического анализа
Проведение теплотехнических расчетов оборудования согласно типовым методикам	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике	ПК-5 Способен проводить теплотехнические, гидравлические, прочностные расчеты по типовым методикам	З-ПК-5 Знать: требования нормативных правовых актов, нормативно-технических и методических документов для проведения типовых расчетов У-ПК-5 Уметь: выполнять расчеты по типовым методикам В-ПК-5 Владеть: информационно-коммуникационными технологиями, в том числе специализированным программным обеспечением для проведения расчетов
Организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования; контроль соблюдения технологической дисциплины	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике	ПК-6 Способен обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины	З-ПК-6 Знать: основы организации производства, труда и управления; нормы техники безопасности и производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда У-ПК-6 Уметь: применять методы оптимизации планирования рабочего времени, расхода материалов, энергии и топлив с учетом требований безопасности В-ПК-6 Владеть: навыками организации производства работ с соблюдением правил безопасности
Обслуживание, проверка технического состояния и остаточного ресурса, а также ор-	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое	ПК-14 способен участвовать в работах по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, в организации	З-ПК-14 Знать: основные виды задач при оценке технического состояния технологического объекта; основную нормативную документацию; этапы организационно-

ганизация профилактических осмотров и текущего ремонта технологического оборудования	тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике	профилактических осмотров и текущего ремонта оборудования	технической подготовки и выполнения технической диагностики и ремонтных работ У-ПК-14 Уметь: разрабатывать мероприятия по повышению эффективности эксплуатации оборудования на основе данных о надежности оборудования; использовать методики для оценки технического состояния технологического объекта В-ПК-14 Владеть: современными средствами диагностики для контроля и прогнозирования технического состояния оборудования и принятия решения о необходимости ремонта
--	---	---	---

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разнотипную внеучебную деятельность
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общего профессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполне-	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

		<p>ния проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости;</p> <p>- формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</p>	
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности <b>(В16)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования инженерного мышления и инженерной культуры за счёт практических студенческих исследований современных производственных систем; проектной деятельности студентов по разработке и оптимизации технологических систем, связанной с решением реальных производственных задач; прохождения через разнообразные игровые, творческие, фестивальные формы, требующие анализа сложного объекта, постановки относительно него преобразовательных задач для их оптимального решения.	<p>1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли.</p> <p>2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства.</p> <p>3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов</p>

## Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам очной формы обучения на 4 курсе в 7-ом и 8-ом семестрах; Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (7 сем. - 3, 8 сем. – 4), 252 ак. часа (7 сем. – 108, 8 сем. – 144)

## Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттеста ция раз- дела (форма *)	Макси маль- ный балл за раз- дел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
7 семестр									

1	1	Введение.	16	2	4		10	КР1	30
	2	Тепловое потребление.	22	2	6/4	4	10		
	3	Системы теплоснабжения.	24	4	6/4	6	10		
	4	Источники теплоснабжения.	18	4		6	10		
2	5	Теплоэлектроцентрали промышленных предприятий.	16	2			10	КР2	20
	6	Газотурбинные и парогазовые установки.	12	2			10		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>108/8</b>	<b>16</b>	<b>16/8</b>	<b>16</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>50</b>
<b>8 семестр</b>									
3	7	Возобновляемые источники энергии.	7	2			5	КР3	20
	8	Методы регулирования отпуска тепла из систем централизованного теплоснабжения.	18	4		4/2	10		
	9	Оборудование тепловых сетей.	16	2		4/2	10		
	10	Оборудование тепловых пунктов (подстанций).	18	4		4/2	10		
4	11	Гидравлический расчет тепловых сетей.	20	4		6/4	10	КР4	30
	12	Гидравлический режим тепловых сетей.	18	4		4/2	10		
	13	Тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей.	20	4		6/4	10		
	14	Эксплуатация систем теплоснабжения.	9	4			5		
	15	Расчет технико-экономических показателей теплоснабжающих систем.	18	4		4	10		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>144/16</b>	<b>32</b>		<b>32/16</b>	<b>80</b>	<b>Э</b>	<b>50</b>

\* - сокращенное наименование формы контроля

\*\* - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КР	Контрольная работа
З	Зачет
Э	Экзамен

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>7 семестр</b>		

<p><b>Лекция 1. Введение.</b> Энергетическая эффективность теплофикации. Предмет и содержание курса. Назначение и область применения источников и систем теплоснабжения предприятий. Тепловые сети и теплопотребляющие системы как основные структуры системы теплоснабжения. Основные направления развития систем теплоснабжения.</p> <p>Понятие о централизованном и децентрализованном теплоснабжении. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. Оценка эффективности теплофикации. Определение расхода топлива на выработку электрической энергии теплоты на паротурбинных ТЭЦ.</p>	2	1-7
<p><b>Лекция 2. Тепловое потребление.</b> Классификация тепловых нагрузок, их назначение, требуемые параметры и характеристики. Методика расчета потерь теплоты зданиями. Тепловой баланс помещений. Методы расчета часовых и годовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, кондиционирование. Часовые и годовые графики расходов теплоты жилыми и промышленными районами. Нормирование теплопотребления в промышленности.</p>	2	1-7
<p><b>Лекция 3 – 4. Системы теплоснабжения.</b> Классификация систем теплоснабжения. Тепловые схемы источников теплоты. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Водяные и паровые системы. Двухтрубные и многотрубные водяные системы, их схемы, области применения, основные преимущества и недостатки. Основные схемы присоединения однородной и комбинированной тепловой нагрузки к водяным и паровым тепловым сетям. Сверхдальняя транспортировка теплоты. Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения.</p>	4	1-7
<p><b>Лекция 5 - 6. Источники теплоснабжения.</b> Промышленные котельные. Назначение, классификация, параметры, области использования; тепловые схемы и их расчет. Выбор основного и вспомогательного оборудования котельных. Выбор метода и схемы водоподготовки в производственных котельных.</p>	4	1-7
<p><b>Лекция 7 - 8. Теплоэлектроцентрали.</b> Назначение, классификация, методика определения энергетических показателей теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), методика составления и расчета тепловых схем ТЭЦ; выбор оборудования, понятие коэффициента теплофикации. Характеристики современных котельных установок и теплофикационных турбин. Распределение тепловых нагрузок между отборами турбин и пиковыми водогрейными котлами и выбор оптимальных значений коэффициентов теплофикации.</p>	2	1-7
<p><b>Лекция 9. Газотурбинные и парогазовые установки.</b> Принципиальные схемы, параметры и оборудование энергетических газотурбинных установок (ГТУ). Методы повышения тепловой эффективности ГТУ. Особенности тепловых схем теплофикационных ГТУ. Принципиальные схемы, параметры и оборудование парогазовых установок (ПГУ). Условия применимости различных типов ПГУ.</p>	2	1-7
<b>8 семестр</b>		
<p><b>Лекция 10. Возобновляемые источники энергии.</b> Установки, использующие вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) предприятий для генерации тепла и электроэнергии. Схемы, параметры, оборудование и технико-экономические показатели источников теплоснабжения на возобновляемых энергоресурсах - энергии Солнца, биомассы, глубинной теплоте Земли, тепловой энергии</p>	2	1-7

Мирового океана. Основные виды ВЭР промышленных предприятий различных отраслей промышленности и их выход. Виды, параметры и графики выхода ВЭР, используемых для производства пара и горячей воды в утилизационных установках.		
<b>Лекция 11. Регулирование тепловой нагрузки.</b> Основные методы регулирования тепловой нагрузки. Тепловые характеристики теплообменных аппаратов систем теплоснабжения. Централизованное регулирование однородной и разнородной тепловой нагрузки. Выбор метода центрального регулирования отпуска теплоты.	4	1-7
<b>Лекция 12. Оборудование тепловых сетей.</b> Трасса и профиль теплопроводов. Конструкция теплопроводов. Теплоизоляционные материалы и конструкции. Виды прокладок тепловых сетей. Трубы и их соединения. Опоры.	2	1-7
<b>Лекция 13. Оборудование тепловых пунктов.</b> Типы установок. Конденсатосборные установки. Водно-водяные подогревательные установки. Определение расчетных расходов воды и типоразмеров подогревателей. Смесительные узлы. Аккумуляторы теплоты. Теплоаккумулирующая способность зданий. Защита местных установок горячего водоснабжения от коррозии, шлама и накипи. Автоматизация тепловых подстанций.	4	1-7
<b>Лекция 14. Гидравлический расчет тепловых сетей.</b> Гидравлическая характеристика системы. Задачи гидравлического расчета тепловых сетей. Распределение давления и напоров вдоль сети. Расчет линейных и местных потерь давления в водяных и паровых тепловых сетях. Пьезометрический график и выбор вида присоединения потребителей к тепловым сетям.	4	1-7
<b>Лекция 15. Гидравлический режим тепловых сетей.</b> Гидравлических режим открытых и закрытых систем теплоснабжения и установленных в них насосов. Режим совместной работы насоса и сети. Понятие о гидравлической устойчивости тепловых сетей. Гидравлический режим сетей с насосными и дросселирующими подстанциями.	4	1-7
<b>Лекция 16. Тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей.</b> Основные расчетные зависимости. Методика теплового расчета. Тепловые потери и коэффициент эффективности тепловой изоляции. Падение температуры теплоносителя и выпадение конденсата. Выбор толщины теплоизоляционного слоя. Прочностной расчет трубопроводов. Расчет усилий на подвижные и неподвижные опоры.	4	1-7
<b>Лекция 17. Эксплуатация систем теплоснабжения.</b> Характеристика объекта эксплуатации. Повышение надежности теплоснабжения. Качество теплоснабжения. Методы обнаружения и ликвидации повреждений в системах теплоснабжения. Испытание тепловых сетей. Организация эксплуатации систем теплоснабжения. Приборы для обнаружения утечек. Организация обслуживания и ремонта теплотехнического оборудования. Эксплуатация топливного хозяйства, котлов, паровых турбин, тягодутьевых машин, насосов, теплоиспользующих установок, внутрицеховых трубопроводов, тепловых сетей.	4	1-7
<b>Лекция 18. Расчет технико-экономических показателей теплоснабжающих систем.</b> Капитальные затраты в объекты теплоснабжающих систем. Издержки производства и реализации продукции систем теплоснабжения. Выбор схемы энергоснабжения района. Оптимизация систем теплоснабжения района. Определение оптимального коэффициента теплофикации ТЭЦ.	4	1-7



### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>7 семестр</b>		
Определение тепловых нагрузок для различных потребителей теплоты. Методы определения годового расхода теплоты промышленными и коммунально- бытовыми потребителями.	4	1-7
Расчетный метод определения годового расхода теплоты промышленными и коммунально-бытовыми потребителями. Графический метод определения годового расхода теплоты промышленными и коммунально-бытовыми потребителями.	6	1-7
Местное подрегулирование тепловой нагрузки горячего водоснабжения для водяных открытых и закрытых систем теплоснабжения.	6	1-7
<b>8 семестр</b>		
Местное подрегулирование вентиляционной тепловой нагрузки.	4	1-7
Гидравлический расчет водяных двухтрубных тепловых сетей. Выбор насосов и определение затрат энергии на транспортировку теплоносителя.	14	1-7
Гидравлический режим водяных двухтрубных сетей. Построение пьезометрических графиков.	4	1-7
Расчет тепловых потерь трубопроводов тепловых сетей. Прочностной расчет тепловых сетей. Расчет компенсации температурных удлинений участков тепловой сети.	6	1-7
Расчет технико-экономических показателей теплоснабжающих систем	4	1-7

### Перечень лабораторных работ

Темы лабораторных работ. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>7 семестр</b>		
Изучение режимных карт и нормативных характеристик турбин. Определение основных показателей турбин при рабочей нагрузке.	4	1-7
Анализ методов регулирования отпуска теплоты.	6	1-7
Современные средства учета тепловой энергии и горячего водоснабжения отечественного и зарубежного производства. Приборы учета тепловой энергии.	6	1-7

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>7 семестр</b>		

Определение расхода топлива на отдельную выработку электрической энергии и теплоты. Определение экономии топлива при теплофикации. Оптимальное распределение тепловой нагрузки между агрегатами паротурбинной ТЭЦ.	10	1-7
Технологическое потребление пара и горячей воды. Используемые теплоносители, их параметры. Методы определения расчетной потребности в паре и горячей воде для технологических нужд.	10	1-7
Системы сбора и возврата конденсата от промышленных потребителей; их назначение, состав оборудования, режимы работы. Меры снижения потерь конденсата. Требования к качеству сетевой воды.	10	1-7
Режимы работы и распределение нагрузки между котлами. Технико-экономические показатели котельных.	10	1-7
Совместная работа котельных и ТЭЦ в системах теплоснабжения. Методы и схемы водоподготовки на ТЭЦ. Очистка дымовых газов ТЭЦ от вредных выбросов.	10	1-7
Особенности теплофикационных установок ПГУ. Методика расчета парогазовых ТЭЦ.	10	1-7
<b>8 семестр</b>		
Типы утилизационных установок для выработки пара и горячей воды: схемы, параметры, состав оборудования, режимы работы, методы расчета.	5	1-7
Режим отпуска теплоты от ТЭЦ. Совместная работа ТЭЦ и котельных.	10	1-7
Компенсация температурных деформаций. Общие вопросы проектирования теплопроводов.	10	1-7
Расчет и выбор оборудования тепловых пунктов (элеваторов, насосов, подогревателей). Технологические схемы и компоновка насосных станций.	10	1-7
Определение параметров сетевых, подпиточных, подкачивающих и смесительных насосов. Методы и алгоритмы гидравлического расчета с использованием ЭВМ	10	1-7
Гидравлический удар в тепловых сетях. Схемы закрепления давления в «нейтральных» точках.	10	1-7
Компенсация температурных напряжений в трубопроводах тепловой сети. Расчет и подбор компенсаторов. Использование и расчет естественной компенсации.	10	1-7
Пусковая и режимная наладки теплотехнического оборудования и тепловых сетей. Выбор оптимальных режимов работы.	5	1-7
Определение оптимального удельного падения давления в сети. Выбор оптимальных решений с учетом надежности теплоснабжения.	10	1-7

## Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом

### Курсовой проект (8 семестр)

Курсовой проект на тему: «Проектирование системы теплоснабжения промышленного предприятия и района города от производственно-отопительной ТЭЦ» выполняется в 8 семестре. В курсовом проекте разрабатывается система теплоснабжения промышленного предприятия и близлежащего жилого района, источником теплоснабжения в которой служит промышленно-отопительная ко-

тельная или ТЭЦ.

Исходными данными для выполнения проекта являются: генплан района теплоснабжения; расчетный отпуск пара на производственно-технологические нужды; давление и температура технологического пара; доля возврата и конденсата технологического пара; годовое время использования максимума технологической нагрузки; расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленного предприятия; климатические условия города; численность населения; тип системы теплоснабжения; количество этажей самого высотного здания в микрорайоне.

В курсовом проекте необходимо рассчитать отпуск теплоты от источника теплоснабжения, выбрать основное оборудование источника теплоснабжения, выбрать тип теплотрассы, выполнить расчет регулирования тепловой нагрузки и гидравлический расчет теплотрассы, выбрать схемы присоединения потребителей, построить пьезометрический график, выбрать насосное оборудование. Выполненный курсовой проект состоит из пояснительной записки на 30-40 страницах бумаги (формат А4) и графической части на 2 листах чертежной бумаги (формат А1).

### Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

### Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

#### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
7 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Раздел 1	3-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-5, У-ПК-6, В-ПК-5, В-ПК-6	Контрольная работа 1
2	Раздел 2	3-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-5, У-ПК-6, В-	Контрольная работа 2

		ПК-5, В-ПК-6	
Промежуточная аттестация			
1	Зачет	3-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-5, У-ПК-6, В-ПК-5, В-ПК-6	Вопросы к зачету (письменно)
8 семестр			
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Раздел 3	3-ПК-3, 3-ПК-14, У-ПК-3, У-ПК-14, В-ПК-3, В-ПК-14,	Контрольная работа 3
2	Раздел 4	3-ПК-3, 3-ПК-14, У-ПК-3, У-ПК-14, В-ПК-3, В-ПК-14,	Контрольная работа 4
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	3-ПК-3, 3-ПК-14, У-ПК-3, У-ПК-14, В-ПК-3, В-ПК-14,	Вопросы к экзамену (письменно)

Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

В качестве оценочного средства текущего контроля используются устный и письменный опрос.

В качестве оценочного средства аттестации раздела используются итоговая контрольная работа.

Для промежуточной аттестации предусмотрены теоретические и экзаменационные вопросы. По итогам обучения выставляется зачет в 7 семестре и экзамен в 8 семестре.

### **Вопросы входного контроля**

1. Теплоотдача при свободном и вынужденном движении.
2. Теплообмен излучением.
3. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки.
4. Коэффициент теплопередачи и сопротивление теплопередачи.
5. Типы теплообменников.
6. Основы теплового расчёта теплообменников.
7. Основные сведения о топливе.
8. Классификация топлив.
9. Состав и основные характеристики топлива.
10. Теплота сгорания топлива, понятие условного топлива.
11. Процессы горения топлив.
12. Расход воздуха на горение, коэффициент избытка воздуха.
13. Количество и состав продуктов сгорания.
14. Классификация органического топлива.
15. Низшая и высшая теплота сгорания. Условное топливо.
16. Механизм горения различных топлив.
17. Коэффициент избытка воздуха.
18. Классификация котельных агрегатов.
19. Маркировка водогрейных котельных агрегатов.
20. Маркировка паровых котельных агрегатов.
21. Тепловой баланс котельного агрегата.
22. Температурный режим поверхностей нагрева.

23. Водный режим, характеристика природных вод.
24. Поведение примесей в рабочей среде.
25. Требования к качеству питательной воды и пара.
26. Баланс примесей и продувка.
27. Водный режим барабанных котлов.
28. Водный режим прямоточных котлов.
29. Методы получения чистого пара.
30. Загрязнение поверхностей нагрева. Наружные загрязнения. Внутренние загрязнения.
31. Коррозия поверхностей нагрева со стороны рабочей среды.
32. Коррозия поверхностей нагрева со стороны дымовых газов.

### **Оценочные средства текущего контроля**

Текущий контроль проводится по каждой теме практического занятия с целью определения уровня самостоятельной работы студента над учебными материалами дисциплины. Результаты текущего контроля влияют на рейтинг студента. Проводится по результатам выполнения и защиты практических занятий, на основании решения студентами самостоятельных работ и контрольных работ для студентов заочной формы обучения.

### **Вопросы к экзамену**

1. Классификация тепловых нагрузок.
2. Задачи систем отопления. Тепловой баланс здания и его составляющие.
3. Определение расчетного расхода теплоты на отопление зданий.
4. Определение расхода теплоты на вентиляцию.
5. Определение расхода теплоты на горячее водоснабжение.
6. Определение расхода теплоты на технологические нужды.
7. Построение графиков тепловых нагрузок.
8. Классификация водяных систем теплоснабжения.
9. Присоединение отопительных установок к водяным системам теплоснабжения по зависимой схеме.
10. Присоединение отопительных установок к водяным системам теплоснабжения по независимой схеме.
11. Присоединение установок горячего водоснабжения к открытым системам теплоснабжения.
12. Присоединение установок горячего водоснабжения к закрытым системам теплоснабжения.
13. Классификация паровых систем теплоснабжения.
14. Присоединение отопительных установок к паровым системам теплоснабжения.
15. Присоединение установок горячего водоснабжения к паровым системам теплоснабжения.
16. Присоединение технологических установок к паровым системам теплоснабжения.
17. Выбор теплоносителя.
18. Сравнение открытых и закрытых систем теплоснабжения.
19. Способы регулирования системы теплоснабжения и их классификация.
20. Утечки теплоносителя из тепловых сетей. Методы обнаружения неплотных участков тепловых сетей.
21. Требования к качеству подпиточной и сетевой воды. Методы обработки подпиточной воды тепловых сетей. Схемы водоподготовительных установок.
22. Оборудование систем теплоснабжения. Надземная и подземная прокладка теплопроводов.

23. Подземная канальная и бесканальная прокладка. Достоинства, недостатки, область применения.

24. Изоляционные конструкции: тепловая изоляция, защита теплопроводов от поверхностных и грунтовых вод, обеспечение механической прочности.

25. Расчет тепловых потерь тепловых сетей надземной и подземной прокладки.

26. Расчет падения температуры теплоносителя по длине тепловой сети.

27. Температурные деформации теплопроводов. Методы их компенсации.

28. Неподвижные и подвижные опоры. Расчет нагрузок на опоры.

29. Повреждаемость тепловых сетей. Ее причины. Основные пути её снижения.

30. Испытания тепловых сетей (тепловые и гидравлические), вопросы подготовки к отопительному сезону.

### **Вопросы к зачету**

1. Общие сведения и классификация систем теплоснабжения.

2. Классификация котельных в системах теплоснабжения.

3. Присоединение паровой котельной к паровой системе теплоснабжения.

4. Присоединение паровой котельной к водяной системе теплоснабжения.

5. Присоединение водогрейной котельной к тепловой сети.

6. Тепловая схема водогрейной котельной.

7. Присоединение пароводогрейной котельной к тепловой сети (с подогревом воды во внутрибарбанном устройстве).

8. Присоединение пароводогрейной котельной к тепловой сети (с подогревом воды во встроенных поверхностях нагрева).

9. Технологическая структура котельной в системе теплоснабжения.

10. Тепловая мощность котельной в системе теплоснабжения.

11. Энергетические (технологические) показатели котельной.

12. Экономические показатели котельной.

13. Режимные (эксплуатационные) показатели котельной.

14. Сущность комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (принцип теплофикации).

15. Энергетическая эффективность теплофикации.

16. Способы отвода теплоты из паросилового цикла при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии.

17. Отвод теплоты из цикла паросиловой установки путем ухудшения вакуума в конденсаторе турбины.

18. Отвод теплоты из цикла паросиловой установки через регулируемые отборы пара в турбине.

19. Отвод теплоты из паросилового цикла путем применения турбин противодавления.

20. Типы и особенности теплофикационных турбин.

21. Рациональное распределение нагрузки между блоками.

22. Технологическая схема теплоподготовительной установки на базе турбины «Т».

23. Технологическая схема теплоподготовительной установки на базе турбины «ПТ».

24. Определение расходов топлива и к.п.д. ТЭЦ.

25. Коэффициент теплофикации.

26. Экономические и режимные (эксплуатационные) показатели ТЭЦ.

27. Редукционно-охладительные установки.

28. Сетевые подогреватели.

## Контрольные работы

### Контрольная работа 1.

Задание 1. Определить для условий города Екатеринбурга расчетные тепловые потоки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение 2-х кварталов жилого района. Площадь рассчитываемых кварталов  $F_{кв1} = 15$  га,  $F_{кв2} = 25$  га; Плотность населения  $P = 250$  чел/га, Общая площадь жилого здания на одного жителя  $f_{общ} = 20$  м<sup>2</sup>/чел.

Задание 2. По данным, полученным в Задании 1, рассчитать тепловые потоки и построить графики часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, а также годовые графики теплопотребления по продолжительности тепловой нагрузки и по месяцам.

### Контрольная работа 2.

Задание 1. По данным из предыдущей контрольной работы, построить график центрального качественного регулирования отпуска теплоты по отопительной нагрузке. Водоподогреватели присоединены к тепловой сети по двухступенчатой схеме.

Задание 2. Рассчитать тепловую нагрузку производственных потребителей по пару, согласно индивидуальным заданиям.

### Контрольная работа 3.

Задание 1. Для двух кварталов района города определить расчетный суммарный расход сетевой воды. Данные по расчетным тепловым потокам взять из контрольной работы 1. Температура воды в подающем трубопроводе  $t_1 = 150^\circ\text{C}$ , в обратном  $t_2 = 70^\circ\text{C}$ . Регулирование отпуска теплоты производится по совмещенной нагрузке на отопление и горячее водоснабжение.

Задание 2. Определить потери давления на участках 1, 2, 3 расчетной схемы магистральной тепловой сети (рисунок 1). Суммарный расчетный расход сетевой воды для всех участков взять из примера 4. Для компенсации температурных деформаций предусмотреть сальниковые компенсаторы.

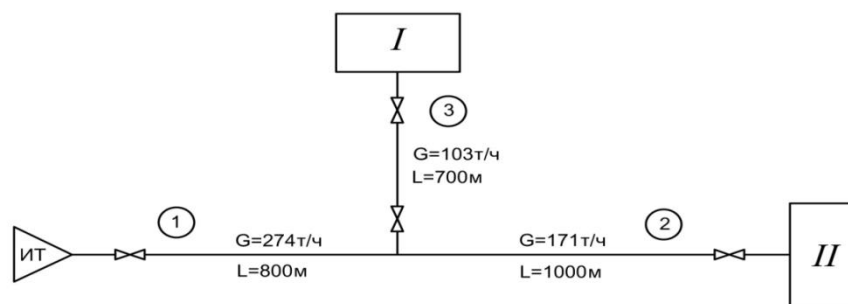


Рисунок 1. Расчетная схема магистральной тепловой сети

### Контрольная работа 4.

Задание 1. Определить толщину тепловой изоляции по нормируемой плотности теплового потока для двухтрубной тепловой сети с  $d_n = 325$  мм, проложенной в канале типа КЛ 120х60. Глубина заложения канала  $h_k = 0,8$  м,

Среднегодовая температура грунта на глубине заложения оси трубопроводов  $t_{гр} = 5,5$  °С, теплопроводность грунта  $\lambda_{гр} = 2,0$  Вт/(м·°С), тепловая изоляция – маты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем. Температурный режим тепловой сети 150-70°С.

## Шкалы оценки образовательных достижений

### экзамен

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Баллы за разделы	Оценка (балл за ответ на экзамене)	Требования к знаниям
--	---------------------	--	----------------------

90-100	45-50	«отлично» 45-50	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он получил за контрольную работу оценку “отлично”, и ответил на два вопроса экзаменационного билета на “отлично”
70-89	35-44	«хорошо» 35-45 баллов	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он получил за контрольную работу оценку “хорошо”, и ответил на два вопроса экзаменационного билета на “хорошо”
60-69	30-34	«удовлетворительно» 30-35 баллов	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за контрольную работу оценку “удовлетворительно”, и ответил на два вопроса экзаменационного билета на “удовлетворительно”
менее 60	менее 30	«неудовлетворительно» 0-29 баллов	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который получил за контрольную работу оценку “неудовлетворительно”, не знает ответ на вопросы экзаменационного билета

**зачет**

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Баллы за разделы	Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
100-65	30-50	«зачтено» - 30-50 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «зачтено» выставляется, если студент имеет знания основного материала, если он прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.</li> </ul>
64-0	29-0	«не зачтено» - 0-29 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.</li> </ul>

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Зачет	Оценка (ECTS)	Градация
90 – 100	5 (отлично)	зачтено	A	отлично
85 – 89	4 (хорошо)		B	очень хорошо
75 – 84			C	хорошо
70 – 74			D	удовлетворительно
65 – 69	3 (удовлетворительно)		E	посредственно
60 – 64				
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	не зачтено	F	неудовлетворительно

**Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**  
**Основная литература:**



1. Андрейко, Н. Г. Введение в энергетику : учебное пособие / Н. Г. Андрейко. — Краснодар : КубГТУ, 2019. — 175 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/151191/#118>
2. Байтасов, Р. Р. Основы энергосбережения : учебное пособие для вузов / Р. Р. Байтасов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 188 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/147311/#148>
3. Барочкин, А. Е. Тепловые сети : учебное пособие / А. Е. Барочкин, С. Д. Горшенин, Ю. Е. Барочкин. — Иваново : ИГЭУ, 2018. — 112 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/154544/#6>
4. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение : учебник / А. Л. Шкаровский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/136185/#389>

#### **Дополнительная литература:**

5. Лебедев, В. М. Источники и системы теплоснабжения предприятий : монография / В. М. Лебедев, С. В. Приходько. — Омск : ОмГУПС, 2010. — 233 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/129184/#1>
6. Региональные проблемы теплоэнергетики : учебное пособие / В. М. Лебедев, С. В. Приходько, В. К. Гаак [и др.] ; под общей редакцией В. М. Лебедева. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 136 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/122149/#131>

#### **Учебно-методические пособия**

7. Источники и системы теплоснабжения [Текст] : метод. указ. к вып. контр. раб. по дисц. "Источники и системы теплоснабжения" для студ. напр. "Теплоэнергетика и теплотехника" заоч. и заочной ускоренной форм обуч. / сост. Денисенко И. П. - Блаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2018. - 16 с.

#### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

ПО: «Word», «Power Point» любых версий (желательно не ниже Office 2003).

### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в мультимедийной аудитории (ауд.411).

Оборудование:

Автоматизированное рабочее место преподавателя:

процессор – AMD Athlon (tm) IIx2215, 2,70GHz;

оперативная память - 4Gb.

Комплекс мультимедийный в составе компьютер с колонками, проектор мультимедийный Casio XJ-V2, экран; микрофон;

Лицензионное и свободное программное обеспечение общего и профессионального назначения: MS Windows, MS Office Professional, Kaspersky Security.

Практические занятия проводятся в специализированной аудитории №318 «Лаборатория «Теплотехника и термодинамика».

Оборудование:

Комплект учебно-наглядных пособий и плакатов;

Комплект документации, методическое обеспечение;

Лабораторный стенд ТОТ-ТПБ для испытания различных конструкций теплообменников;

Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ:

1. Определение теплоемкости воздуха;
2. Определение критического диаметра тепловой изоляции;
3. Определение критического перепада давления и критической скорости;
4. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов.

Лабораторный стенд «Технология очистки и обезвреживания промышленных выбросов».

### **Учебно-методические рекомендации для студентов**

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении ос-

новых дисциплин по профилю подготовки.

Для эффективного освоения дисциплины студентам необходимо проявлять наибольшую активность во время аудиторных занятий, следовать указаниям ведущего преподавателя, выполнять самостоятельную работу в объеме, установленном рабочей программой дисциплины.

Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и позволяют сформировать систематизированные основы знаний по дисциплине, позволяют раскрыть наиболее сложные, основополагающие вопросы.

В ходе лекционных занятий надлежит конспектировать наиболее важные положения изучаемой темы, а по окончании занятия задавать вопросы, вызывающие затруднения с усвоением рассматриваемой темы. Рекомендуется перед следующим лекционным занятием повторить материал рассмотренной темы, изучить современную литературу, выполнить самостоятельную работу в заданном объеме.

Практические занятия по дисциплине позволяют проверить усвоение теоретического материала, формировать практические навыки и умения под руководством преподавателя, углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. Для успешного выполнения практических заданий и освоения дисциплины перед каждым практическим занятием необходимо выучить теоретический материал соответствующей темы, используя как конспект лекций, так и рекомендуемую литературу. По результатам выполнения практической работы проводится оценка текущей успеваемости, которая суммируется к результатам аттестации разделов.

Самостоятельная работа подразумевает под собой проработку теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы по той или иной теме, последующий отчет по результатам самостоятельной работы в форме, установленной преподавателем.

Средством информационной поддержки организации самостоятельной работы студентов в рамках учебной дисциплины являются информационно-образовательная среда (ИОС), электронно-библиотечные системы, доступные БИТИ НИЯУ МИФИ, абонемент и периодика.

Для выполнения самостоятельной работы студенту нужен либо домашний компьютер с доступом в интернет, либо компьютерные класс №222.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в ИОС.

## **Методические рекомендации для преподавателей**

На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в процессе подготовки бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника», ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

В ходе изложения лекционного материала следует приводить наиболее яркие и запоминающиеся примеры, задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов,

поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию.

При подготовке к практическому занятию преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать перечень задач, подлежащих решению во время практического занятия. Оказывать методическую помощь студентам в подготовке к занятию, выполнению домашних заданий. В ходе практического занятия во вступительном слове раскрыть теоретическую и практическую значимость темы, определить порядок его проведения, количество решаемых задач. Целесообразно в ходе решения задач задавать обучающимся дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения глубины знания по рассматриваемой теме. В заключительной части практического занятия следует подвести его итоги: дать объективную оценку ответов каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного практического занятия. Ответить на вопросы студентов. Назвать тему очередного занятия.

После каждого лекционного и практического занятия необходимо сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

В результате освоения дисциплины студенты сдают экзамен.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рабочую программу составил доцент



Костин Д.А.

Рецензент: доцент



Устинов Н.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника от 15.11.2021 года, протокол №2.

Председатель учебно-методической комиссии



Разуваев А.В.