МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ / Л.А. Марюшин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ»

Направление подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль
Теплоэнергетические установки, системы и комплексы

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и средствах использования тепловой энергии в системах отопления и теплоснабжения промышленных объектов и ЖКХ, проектировании систем теплоснабжения;

– выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи повышения эффективности использования тепловой энергии в системах теплоснабжения, возможности снижения затрат на перекачку теплоносителя и потерь при транспортировке и распределении тепловой энергии;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов и средств доставки и использования тепловой энергии у потребителя.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи проектировать и рассчитывать параметры систем теплоснабжения промышленных объектов и ЖКХ;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения с учетом технологических, экологических и экономических факторов;

– научить анализировать существующие системы теплоснабжения и теплопотребления и их элементы, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– дать информацию о новых методиках транспортировки тепловой энергии потребителю в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем централизованного и индивидуального теплоснабжения;

– научить анализировать результаты моделирования, производить поиск оптимизационного решения для систем теплоснабжения и отопления промышленных объектов и ЖКХ.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части базового цикла:

– Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике;

– Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;

– Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий;

– Нагнетатели и тепловые двигатели;

– Котельные установки и парогенераторы.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	**знать:** • методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией **уметь:** • собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией; **владеть:** • методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
ПК-1	Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации	**знать:** • методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам;

	объектов профессиональной деятельности (ОПД)	• методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. **уметь:** • выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; • проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. **владеть:** • навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; • способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства	**знать:** • методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **уметь:** • выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. **владеть:** • навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ.
ПК-3	Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов	**знать:** • методы обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части; • правила подготовки технической документации на ремонт. **уметь:**

		• выполнять и планировать выполнение обслуживания технологического оборудования; • составлять заявки на оборудование, запасные части; • подготавливать техническую документацию на ремонт. **владеть:** • навыками обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы, т.е. **144** академических часов (из них 80 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» изучаются на четвертом курсе в **восьмом** семестре.

Структура и содержание дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Восьмой семестр

Тема 1. **Введение**

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Место систем теплоснабженияв структуре энергетического комплекса предприятия и ЖКХ. Принципы эффективного использования тепловой энергии в системах теплоснабжения. Основные термины и определения.

Тема 2. **Расчет теплового потребления**

Сезонная нагрузка. Расчет отпуска тепла на отопление. Определение расхода тепла на отопление по площади застройки. Расчет отпуска тепла на вентиляцию. Круглогодичная нагрузка. Расчет годового отпуска тепла. График продолжительности тепловой нагрузки. Водяные системы теплоснабжения.

Тема 3. **Регулирование тепловой нагрузки**

Тепловые характеристики теплообменных аппаратов. Качественное регулирование однородной нагрузки. Качественное регулирование разнородной нагрузки. Качественное регулирование по отопительной нагрузке. Графики расхода воды и температуры на ГВС. Центральное регулирование по совмещенной нагрузке отопления и ГВС. Центральное

регулирование по совмещенной нагрузке закрытых систем теплоснабжения. Качественное регулирование по совмещенной нагрузке в открытых системах. Качественно-количественное регулирование.

Тема 4. **Источники теплоснабжения**

Тепловая схема водогрейной котельной. Тепловая схема паровой котельной. Тепловая схема пароводогрейной котельной. Тепловая схема ТЭЦ.

Тема 5. **Расчет тепловых схем котельных и ТЭЦ**

Общие положения расчета тепловых схем котельных. Особенности расчета тепловых схем водогрейных котельных. Расчет тепловой схемы паровой котельной. Схемы отпуска тепла от ТЭЦ.

Тема 6. **Водоподготовка**

Промышленная водоподготовка. Очистка воды для ЖКХ. Подготовка воды для котельных. Установки умягчения периодического действия. Установки умягчения непрерывного действия. Установки обезжелезивания и фильтрации. Сорбционные установки. Установки обратного осмоса.

Тема 7. **Гидравлический расчет тепловых сетей**

Схемы и конфигурации тепловых сетей. Основные расчетные зависимости. Порядок гидравлического расчета. Пьезометрический график тепловой сети. Особенности гидравлического расчета паропроводов. Особенности расчета конденсатопроводов. Режим давления в сети и выбор схемы абонентского ввода. Гидравлический режим тепловых сетей. Сопротивление сети. Включение насосных подстанций. Работа сети с двумя источниками питания. Кольцевая сеть. Включение насосных подстанций в сети с двумя источниками питания. Гидравлический режим открытых систем теплоснабжения.

Тема 8. **Оборудование тепловых сетей**

Прокладка трубопроводов. Опоры трубопроводов. Компенсация температурных деформаций. Особенности температурной компенсации при бесканальной прокладке. Радиальная компенсация.

Тема 9. **Тепловой расчет трубопроводов**

Наземная прокладка трубопроводов. Подземная прокладка трубопроводов. Подземная бесканальная однотрубная прокладка. Подземная бесканальная двухтрубная прокладка. Подземная канальная прокладка. Тепловые потери трубопровода. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей. Требования, предъявляемые к теплоизоляционным материалам и их свойства. Теплоизоляционные материалы, изделия и конструкции при надземной и подземной прокладках тепловых сетей. Теплоизоляционные материалы и конструкции бесканальных прокладок. Дефекты предизолированных трубопроводов в системе теплоснабжения.

Тема 10. **Рациональная структура тепловых сетей**

Основные недостатки современных тепловых сетей. Гидравлическая устойчивость сети. Нейтральные точки. Управляемость системы. Резервирование. Выбор схем подключения абонентских установок. Назначение и оборудование тепловых пунктов. Центральный тепловой пункт (ЦТП). Присоединение систем отопления к тепловым сетям в ИТП. Присоединение систем горячего водоснабжения к тепловым сетям в ИТП. Автоматизированные тепловые пункты.

Тема 11. **Использование вторичных энергоресурсов в системах теплоснабжения**

Потенциальные запасы вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Вторичные энергоресурсы промпредприятий, используемые для генерации теплоты. Их количество, параметры, доля полезного использования в системах теплоснабжения. Проект для системы транспорта тепловой энергии. Проект для оборотных и прямоточных систем технического водоснабжения тепловых электрических станций.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза и на мощностях предприятий-партнеров;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов расчетного задания;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам современного проектирования и 3D-моделирования систем теплоснабжения промышленных объектов и ЖКХ, а также эффективных методов эксплуатации оборудования и объектов энергетических промышленных систем.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» и в целом по дисциплине составляет

50% аудиторных занятий. Занятия практического типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В восьмом семестре:

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Виды систем теплоснабжения, выбор метода регулирования тепловой нагрузки» (индивидуально для каждого обучающегося);
- выполнение расчетного задания «Расчет системы теплоснабжения района жилой застройки (по вариантам)».

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита отчетов по расчетной работе.

Образцы тестовых заданий, заданий расчетных работ, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложениях.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах
ПК-1	Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации объектов профессиональной деятельности (ОПД)
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства
ПК-3	Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-3 - способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие сформированности компетенции	**Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень освоения компетенции**	**Оценка «хорошо» или повышенный уровень освоения компетенции**	**Оценка «отлично» или высокий уровень освоения компетенции**
знать: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией , но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной

		показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		документацией , свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, выполнять проектные расчеты	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами сбора и анализа исходных данных для	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами сбора и анализа исходных	Обучающийся владеет методами сбора и анализа исходных данных для	Обучающийся частично владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования	Обучающийся в полном объеме владеет методами

проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-1 - Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации объектов профессиональной деятельности (ОПД)				
знать: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирован	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использовани ем	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического оборудования с использовани

ия в соответствии с техническим заданием	заданием	стандартных средств автоматизации и проектирования в соответствии с техническим заданием. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	в соответствии с техническим заданием, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	ем стандартных средств автоматизации и проектирования в соответствии с техническим заданием, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации и проектирования в соответствии с техническим	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять расчеты технологического оборудования по типовым методикам; проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств

заданием		проектирования в соответствии с техническим заданием. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	заданием. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Обучающийся владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием в неполном объеме,	Обучающийся частично владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки,	Обучающийся в полном объеме владеет навыками проведения расчетов энергооборудования по типовым методикам; способностью проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии

		допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	с техническим заданием, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-2 - Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства				
знать: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, свободно оперирует приобретенными знаниями.

		при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		
уметь: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять и планировать выполнение плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками проведения плановых испытаний и ремонтов технологичес	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками проведения плановых	Обучающийся владеет навыками проведения плановых испытаний и ремонтов	Обучающийся частично владеет навыками проведения плановых испытаний и	Обучающийся в полном объеме владеет навыками проведения плановых

кого оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-3 - Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов				
знать: методы обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части; правила подготовки технической документации на ремонт	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части; правила подготовки технической документации на ремонт	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части; правила подготовки технической документации на ремонт. Допускаются значительные ошибки,	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование,	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части; правила подготовки технической документации на ремонт, свободно оперирует

		проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	запасные части; правила подготовки технической документации на ремонт, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	приобретенными знаниями.
уметь: выполнять и планировать выполнение обслуживания технологического оборудования; составлять заявки на оборудование, запасные части; подготавливать техническую документацию на ремонт	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять и планировать выполнение обслуживания технологического оборудования; составлять заявки на оборудование, запасные части; подготавливать техническую документацию на ремонт	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять и планировать выполнение обслуживания технологического оборудования; составлять заявки на оборудование, запасные части; подготавливать техническую документацию на ремонт. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять и планировать выполнение обслуживания технологического оборудования; составлять заявки на оборудование, запасные части; подготавливать техническую документац	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять и планировать выполнение обслуживания технологического оборудования; составлять заявки на оборудование, запасные части; подготавливать техническую документацию на ремонт. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

		умениями при их переносе на новые ситуации.	ию на ремонт. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	
владеть: навыками обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части	Обучающийся владеет навыками обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе	Обучающийся в полном объеме владеет навыками обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

			умений на новые, нестандартные ситуации.	

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем заданий на семинарских занятиях, выступили с докладом на семинарском занятии)

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Удовлетворительно	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки,

	проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Соколов Е.Я., Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. — 472 с.

2. Круглов Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 208 с.

3. Теплотехника. Практический курс [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.А. Круглов [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 192 с.

4. Лебедев В.М. Источники и системы теплоснабжения предприятий [Электронный ресурс]: учеб. / В.М. Лебедев, С.В. Приходько. — Электрон. дан. — Москва: УМЦ ЖДТ, 2013. — 354 с.

б) дополнительная литература:

1. Матиящук С.В. Комментарий к Федеральному закону от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении» (постатейный) [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: Юстицинформ, 2011. — 160 с.

2. Королев А.Т. Организация проектирования объектов теплоснабжения: курс лекций [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2010. — 160 с.

3. Михайлишин Е.В. Теплоснабжение жилых районов: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Е.В. Михайлишин, Ю.И. Толстова. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2012. — 100 с.

4. Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем центрального теплоснабжения. Утверждена Минэнерго России 20.02.2004 г [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2004. — 56 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://mospolytech.ru/ в разделе «Библиотека».

Варианты контрольных заданий по дисциплине представлены на сайтах: https://online.mospolytech.ru/

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_nr=50&p_rubr=2.2.75.27.7&p_page=3;

http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-laboratornoy-ustanovki-po-spetsialnosti-promyshlennaya-teploenergetika.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная учебная лаборатория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2406, оснащенная лабораторными установками:

- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)»;
- «Определение коэффициента теплопередачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Мультимедийная аудитория кафедры «Промышленная теплоэнергетика», оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.), экспериментальная котельная на базе ОАО ВТИ (на основании Договора о сотрудничестве) с системой КИП и автоматики.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

1. Марюшин Л.А., Сенникова О.Б., Савельев И.Л. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы». – М.: Изд-во Московского политеха, - 46 с.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» имеет своей целью ознакомить студентов с достижениями в области прикладной теплоэнергетики, добиться уяснения ими основных правил расчета, проектирования и эксплуатации источников и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ, порядка их применения, привить им практические навыки использования этих знаний к конкретным жизненным ситуациям.

Преподавание дисциплины осуществляется в соответствии с ФГОС ВО.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности теоретических и практических занятий вследствие более четкой их организации преподавателем, создания целевых установок по каждой теме, систематизации материала по курсу, взаимосвязи тем курса, полного материального и методического обеспечения образовательного процесса.

Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

− рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

− методические указания и пособия;

− контрольные задания для закрепления теоретического материала;

− электронные версии федеральных законов, учебников и методических указаний для выполнения практических работ и самостоятельной работы магистров.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется изложение лекционного материала с элементами обсуждения.

В качестве методики проведения практических занятий можно предложить

1. Семинар – обсуждение существующих точек зрения на проблему и пути ее решения.

2. Тематические доклады, позволяющие вырабатывать навыки публичных выступлений.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется проведение письменного опроса (тестирование) магистров по материалам лекций и практических работ. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию магистров при конспектировании лекционного материала.

Для освоения навыков поисковой и исследовательской деятельности бакалавр пишет контрольную работу или реферат по выбранной (свободной) теме.

Лекции проводятся в основном посредством метода устного изложения с элементами проблемного подхода и беседы.

Семинарские занятия могут иметь разные формы (работа с исследовательской литературой, анализ данных нормативной и справочной литературы, слушание докладов и др.), выбираемые преподавателем в зависимости от интересов бакалавров и конкретной темы.

Самостоятельная работа бакалавров включает в себя элементы реферирования и конспектирования научно-исследовательской литературы, подготовки и написания научных текстов, отработку навыков устных публичных выступлений.

Проверка качества усвоения знаний в течение семестра осуществляется в устной форме, путем обсуждения проблем, выводимых на семинарах и письменной, путем выполнения бакалаврами разных по форме и содержанию

работ и заданий, связанных с практическим освоением содержания дисциплины. Бакалавры демонстрируют в ходе проверки умение анализировать значимость и выявлять специфику различных проблем и тем в рамках изучаемой дисциплины и ее компонентов, знание научной и учебно-методической литературы. Текущая проверка знаний и умений бакалавров также осуществляется через проведение ряда промежуточных тестирований. Итоговая аттестация по дисциплине предполагает устный зачет или экзамен, на которых проверяется усвоение материала, усвоение базовых понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и профилю «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы»

Авторы

Старший преподаватель
кафедры «Промышленная теплоэнергетика» И.Л. Савельев

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП Е.А. Чугаев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ» по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (бакалавр)

	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реф.	К/р	Э	З
	Восьмой семестр														
Тема 1	**Лекция. Введение**	8	1	1			2								
	Семинарское занятие				2										
Тема 2	**Лекция. Расчет теплового потребления**	8	1	1			8								
	Семинарское занятие. Выдача задания на курсовую работу				6				+						
Тема 3	**Лекция. Регулирование тепловой нагрузки**	8	2-3	1			8								
	Семинарское занятие				4								+		
Тема 4	**Лекция. Источники теплоснабжения**	8	3-4	1			6								
	Семинарское занятие				4										
Тема 5	**Лекция. Расчет тепловых схем котельных и ТЭЦ**	8	5-6	2			8								
	Семинарское занятие				4								+		
Тема 6	**Лекция. Водоподготовка**	8	7-8	2			8								
	Семинарское занятие				4							+			
Тема 7	**Лекция. Гидравлический расчет тепловых сетей**	8	9-10	2			8								
	Семинарское занятие				4										
Тема 8	**Лекция. Оборудование тепловых сетей**	8	11-12	2			8								

	Семинарское занятие				4								+		
Тема 9	**Лекция. Тепловой расчет трубопроводов**	8	13-14	2			8								
	Семинарское занятие. Защита курсовой работы				6										
Тема 10	**Лекция. Рациональная структура тепловых сетей**	8	15-16	2			8								
	Семинарское занятие				4										
Тема 11	**Лекция. Использование вторичных энергоресурсов в системах теплоснабжения**	8	17-18	2			8								
	Семинарское занятие				4										
	Форма аттестации	8	19											Э	
	Всего часов по дисциплине в четвертом семестре			18	46		80								

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ОП (профиль): «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы»
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ»

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ					
ФГОС ВО **13.03.01 Теплотехника и теплоэнергетика**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	Знать: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом
ПК-1	Способность планировать и осуществлять контроль деятельности персонала по эксплуатации объектов профессиональной деятельности (ОПД)	Знать: методы выполнения расчетов технологического оборудования по типовым методикам; методы проектирования технологического	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств

		оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием			автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства	Знать: методы выполнения плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: готов участвовать в типовых, плановых испытаниях и ремонтах технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работах в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: готов участвовать в типовых, плановых испытаниях и ремонтах технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работах в нестандартных

					производственных ситуациях с их последующим анализом
ПК-3	Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД при использовании типовых методов	Знать: методы обслуживания технологического оборудования, составления заявок на оборудование, запасные части; правила подготовки технической документации на ремонт	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	Базовый уровень: способен к обслуживанию технологического оборудования, составлению заявок на оборудование, запасные части, к подготовке технической документации на ремонт в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен к обслуживанию технологического оборудования, составлению заявок на оборудование, запасные части, к подготовке технической документации на ремонт в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом

Приложение 3

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Перечень практических работ по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Расчетная работа. «Теплоснабжение района жилой застройки»	Практическая работа направлена на формирование умений и навыков по расчету параметров системы теплоснабжения жилого района, трассировки трубопроводов, подбору оборудования ЦТП и ИТП.	Результатом работы являются определение типа прокладки тепловой сети, построение графика нагрузок, пьезометрического графика, выбора метода регулирования тепловой нагрузки.

Темы практических занятий

1. Расчет параметров теплообменного аппарата для системы теплоснабжения.
2. Расчет графика сезонной нагрузки потребителя.
3. Построение графика регулирования тепловой нагрузки потребителя.
4. Расчет тепловой схемы водогрейной котельной.
5. Расчет тепловой схемы паровой котельной.
6. Расчет параметров водоподготовительной установки.
7. Гидравлический расчет тепловой сети района жилой застройки.
8. Трассировка трубопровода тепловой сети. Выбор опор.
9. Тепловой расчет тепловой сети района жилой застройки.
10. Выбор оборудования ЦТП, ИТП. Учет тепловой энергии.
11. Расчет энергоустановки с контуром использования ВЭР.

Приложение 4

Примеры задач для семинарских занятий

ПРИМЕР 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^2 /чел.

Решение:

Расчет производим для квартала №1:

1. По формуле (3) определим количество жителей в квартале:

$$m = PF_{кв} = 250 \cdot 15 = 3750 \text{ чел}$$

2. Общую площадь жилых зданий найдем по формуле:

$$A = f_{общ} m = 20 \cdot 3750 = 75000 \text{ м}^2$$

3. Максимальный тепловой поток на отопление рассчитаем по формуле:

$$Q_{omax} = q_o A(1 + K_1) = 87 \cdot 75000\ (1 + 0{,}25) = 8{,}16 \text{ МВт}$$

4. Максимальный тепловой поток на вентиляцию рассчитаем по формуле:

$$Q_{вmax} = q_o K_1 K_2 A = 87 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}6 \cdot 75000 = 0{,}98 \text{ МВт}$$

5. Средний тепловой поток на горячее водоснабжение определим по формуле:

$$Q_{гвс}^{ср} = q_г m = 407 \cdot 3750 = 1{,}53 \text{МВт}$$

6. Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение рассчитаем по формуле:

$$Q_{гвс}^{max} = 2{,}4 \cdot Q_{гвс}^{ср} = 2{,}4 \cdot 1{,}53 = 3{,}67 \text{ МВт}$$

7. Суммарный тепловой поток по кварталам найдем по формуле:

$$Q_{сум} = 1{,}05\left(Q_{omax} + Q_{вmax} + Q_{гвс}^{ср}\right) = 1{,}05(8{,}16 + 0{,}98 + 1{,}53) = 11{,}2 \text{ МВт}$$

Аналогичные расчеты произведем и для второго квартала, и результаты занесем в табл. 1:

Таблица 1

Расчетные тепловые потоки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение двух кварталов района города

№	Площадь квартала, $F_{кв}$, га	Плотность населения P, чел/га	Количество жителей m	Общая площадь A, м^2	Тепловой поток, МВт			
					Q_{omax}	$Q_{вmax}$	$Q_{гвс}^{ср}$	$Q_{сум}$
1	15	250	3750	75000	8,16	0,98	1,53	10,67
2	25	250	6250	125000	13,59	1,63	2,54	17,76
				Итого:	21,75	2,61	4,07	28,43
С учётом потерь теплоты теплопроводами в размере 5% от *Q* расчётные расходы теплоты составляют:					22,84	2,74	4,27	29,85

ПРИМЕР 2. Для климатических условий города Екатеринбурга выполнить расчет и построение графиков часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, а также годовых графиков теплопотребления по продолжительности тепловой нагрузки и по месяцам.

Расчетные тепловые потоки взять из примера 2.

Решение:

1. Используя формулы пересчета (11) и (12), определим часовые расходы на отопление и вентиляцию при температуре наружного воздуха $t_{\text{н}} = +8^{o}C$:

$$Q_{\text{о}}^{\text{от}} = Q_{\text{о max}}\left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}}\right) = 22{,}84\left(\frac{20-8}{20+35}\right) = 4{,}98 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{в}}^{\text{от}} = Q_{\text{в max}}\left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}}\right) = 2{,}74\left(\frac{20-8}{20+35}\right) = 0{,}6 \text{ МВт}$$

2. Часовой расход на горячее водоснабжение в неотопительный период найдем по формуле (13):

$$Q_{\text{гвс.л}}^{\text{ср}} = \beta\, Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}}\left(\frac{55 - t_{\text{х}}^{\text{л}}}{55 - t_{\text{х}}}\right) = 0{,}8 \cdot 4{,}27\left(\frac{55-15}{55-5}\right) = 2{,}73 \text{ МВт}$$

3. На графике (рисунок 1) откладываем значения $Q_{\text{о}}^{\text{от}}$, $Q_{\text{в}}^{\text{от}}$ при температуре $t_{\text{н}} = +8^{\text{o}}\text{C}$ а также значения $Q_{\text{о max}}, Q_{\text{в max}}$ при $t_{\text{н}} = t_{\text{нро}} = -35^{\text{o}}\text{C}$ и соединив их прямой, получим графики $Q_{\text{о}} = f(t_{\text{н}})$ и $Q_{\text{в}} = f(t_{\text{н}})$. График среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение не зависит от температуры наружного воздуха и будет представлять собой прямую, параллельную оси абсцисс с ординатой 4,27 МВт для отопительного периода и с ординатой 2,73 для неотопительного периода. График суммарного часового расхода теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение $Q_{\text{сум}} = f(t_{\text{н}})$ строим путем сложения соответствующих ординат при $t_{\text{н}} = +8^{\text{o}}\text{C}$ и $t_{\text{нро}} = -35^{\text{o}}\text{C}$.

4. График по продолжительности тепловой нагрузки (рис. 1, б) строится на основании суммарного часового графика. Из точек на оси температур (+8÷-35) восстанавливаем перпендикуляры до пересечения с линией суммарного часового графика и из точек пересечения проводим горизонтальные прямые до пересечения с перпендикулярами, восстановленными из точек на оси продолжительности, соответствующих данным температурам. Соединив найденные точки плавной кривой, получим график по продолжительности тепловой нагрузки за отопительный период в течение 5472 часов. Затем проведём прямую, параллельную оси абсцисс с ординатой равной 2,73 МВт до расчетной продолжительности работы системы теплоснабжения в году равной 8400 часов и получим график по продолжительности тепловой нагрузки для неотопительного периода. По оси абсцисс графика продолжительности сезонной тепловой нагрузки построим равновеликий прямоугольник abcd, его высота будет равна среднему расходу теплоты за отопительный сезон, $Q_{\text{с}}^{\text{ср}}$. По графику (рис. 1) Значение $Q_{\text{с}}^{\text{ср}}$ будет составлять 19,7 МВт.

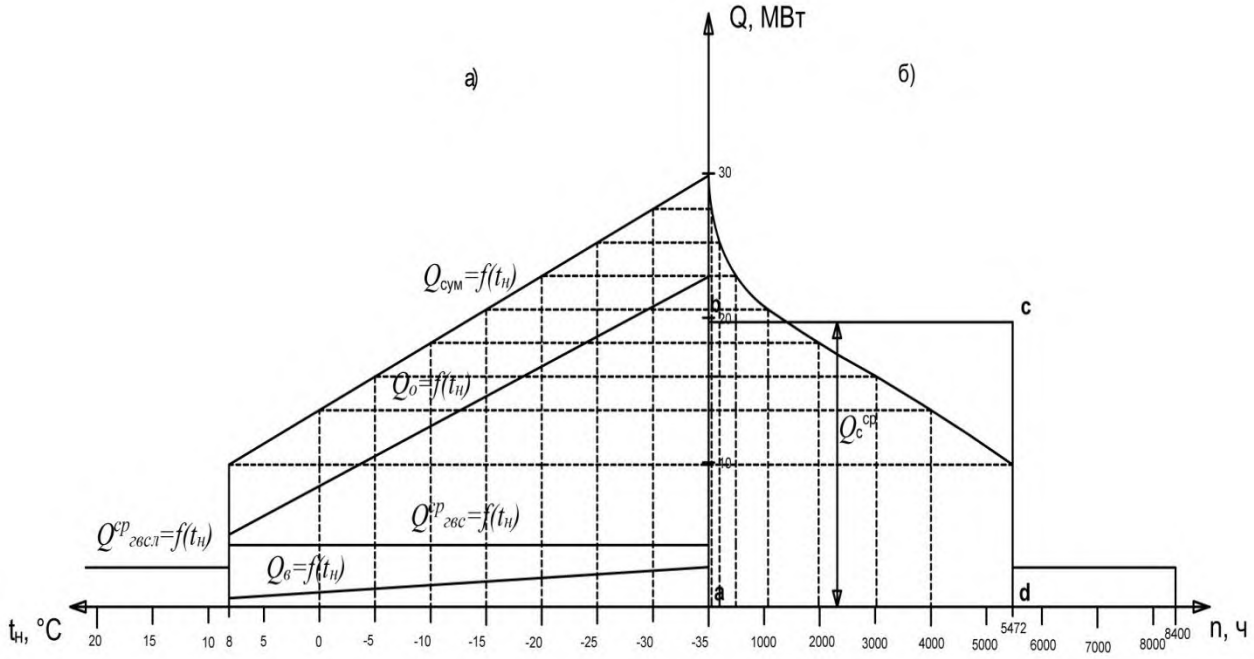


Рис. 1. Графики теплового потребления:
а) часовые графики теплового потребления; б) годовой график по продолжительности тепловой нагрузки

5. Для построения годового графика теплового потребления по месяцам находим [3] среднемесячные температуры наружного воздуха. Затем определим часовые расходы теплоты на отопление и вентиляцию для каждого месяца со среднемесячной температурой ниже +8 ºС. Определим суммарные расходы теплоты для месяцев отопительного периода как сумму часовых расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Для месяцев неотопительного периода суммарный расход теплоты будет равен среднечасовому расходу теплоты на горячее водоснабжение $Q^{\text{ср}}_{\text{гвс.л}} = 2{,}73$ МВт. Часовые расходы на отопление и вентиляцию для января составят:

$$Q^{\text{я}}_{\text{о}} = Q_{\text{omax}}\left(\frac{t_{\text{вн}} - t^{\text{я}}_{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}}\right) = 22{,}84\left(\frac{20 + 15{,}5}{20 + 35}\right) = 14{,}74 \text{ МВт}$$

$$Q^{\text{я}}_{\text{в}} = Q_{\text{вmax}}\left(\frac{t_{\text{вн}} - t^{\text{я}}_{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нро}}}\right) = 2{,}74\left(\frac{20 + 15{,}5}{20 + 35}\right) = 1{,}77 \text{ МВт}$$

$$Q^{\text{я}}_{\text{сум}} = Q^{\text{я}}_{\text{о}} + Q^{\text{я}}_{\text{в}} + Q^{\text{я.ср}}_{\text{гвс}} = 14{,}74 + 1{,}77 + 4{,}27 = 20{,}78 \text{ МВт}$$

Аналогичные расчеты произведем и для других месяцев, и результаты сведем в табл. 2.

Таблица 2

Среднечасовые расходы теплоты по месяцам года

Среднечасовые расходы по месяцам, МВт	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
	-15,5	-13,6	-6,9	2,7	10,0	15,1	17,2	14,9	9,2	1,2	-6,8	-13,1
$Q_{отах}$	14,74	13,95	11,17	7,18	-	-	-	-	-	7,81	11,13	13,75
$Q_{втах}$	1,77	1,67	1,34	0,86	-	-	-	-	-	0,94	1,34	1,65
$Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}}, Q_{\text{гвс}}^{\text{ср.л}}$	4,27	4,27	4,27	4,27	2,73	2,73	2,73	2,73	2,73	4,27	4,27	4,27
$Q_{\text{сум}}$	20,78	19,89	16,78	12,31	2,73	2,73	2,73	2,73	2,73	13,02	16,74	19,67

По полученным данным, строим годовой график теплового потребления по месяцам (рис. 2).

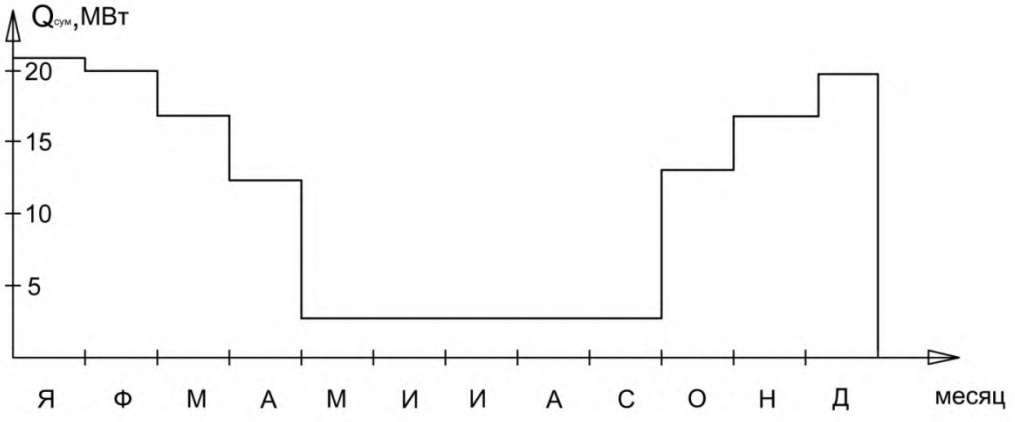


Рис. 2. Годовой график теплового потребления по месяцам

ПРИМЕР 3. Построить график центрального качественного регулирования отпуска теплоты по отопительной нагрузке. Водоподогреватели присоединены к тепловой сети по двухступенчатой схеме. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления и вентиляции $t_{\text{нро}} = -35^{o}C$. Температура воздуха в отапливаемых помещениях $t_{\text{вн}} = +20^{o}C$. Температура сетевой воды в подающей и обратной магистралях при $t_{\text{нро}}$: $\tau_1 = 150^{\text{o}}\text{C}, \tau_2 = 70^{\text{o}}\text{C}$.

Решение:

1. Расчетный температурный напор нагревательного прибора составит:

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_{\text{вн}} = \frac{90 + 75}{2} - 20 = 62{,}5^{\text{o}}\text{C}$$

2. Расчетный перепад температур сетевой воды в тепловой сети:

$$\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2 = 150 - 70 = 80^{o}C$$

3. Расчетный перепад температур сетевой воды в местной системе отопления равен:

$$\Theta = \tau_3 - \tau_2 = 95 - 70 = 25^{o}C$$

4. Температуру сетевой воды в подающей и обратной магистрали в течение отопительного периода найдем в диапазоне температур (+10÷-35°С).

Выполним расчеты при $t_н$=+10°С:

$$\tau_1 = t_{вн} + \Delta t\left(\frac{t_{вн}-t_н}{t_{вн}-t_{нро}}\right)^{0,8} + (\Delta\tau - 0{,}5\Theta)\left(\frac{t_{вн}-t_н}{t_{вн}-t_{нро}}\right) =$$

$$= 20 + 62{,}5\left(\frac{20-10}{20+35}\right)^{0,8} + (80 - 0{,}5\cdot 25)\left(\frac{20-10}{20+35}\right) =$$

$$= 82{,}5 + 67{,}5 = 48{,}25^oC$$

$$\tau_2 = t_{вн} + \Delta t\left(\frac{t_{вн}-t_н}{t_{вн}-t_{нро}}\right)^{0,8} - 0{,}5\Theta\left(\frac{t_{вн}-t_н}{t_{вн}-t_{нро}}\right) =$$

$$= 20 + 62{,}5\left(\frac{20-10}{20+35}\right)^{0,8} - 0{,}5\cdot 25\left(\frac{20-10}{20+35}\right) = 35{,}98 - 2{,}27 =$$

$$= 33{,}71^oC.$$

Аналогичные расчеты произведем и для других температур наружного воздуха, и результаты сведём в табл. 3.

Таблица 3

Температура сетевой воды в подающем и обратном теплопроводах

	Температура наружного воздуха, °С									
	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
τ_1,°С	48,25	60,51	72,37	83,94	95,3	106,49	117,53	128,46	139,27	150
τ_2, °С	33,71	38,69	43,27	47,58	51,66	55,59	59,35	63	66,55	70

5. По полученным данным строим отопительный график температур воды в тепловой сети (рис. 3):

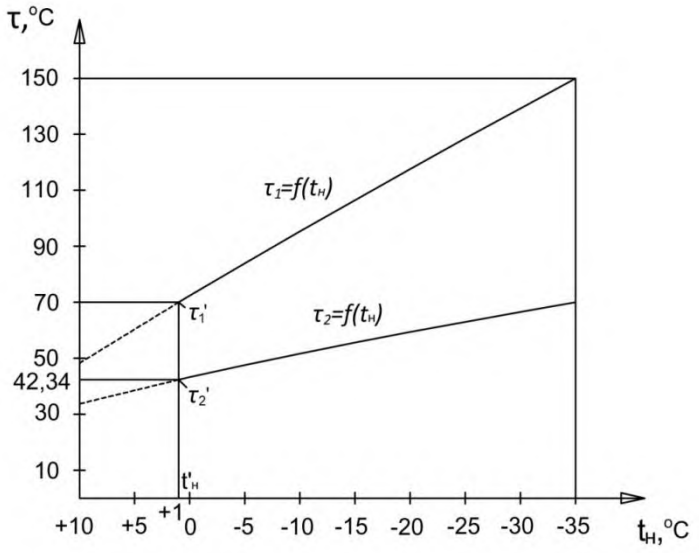


Рис. 3. График температур воды в подающей и обратной магистралях при центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке

ПРИМЕР 4: Определить расчетные и удельные теплопотери через наружные ограждения здания. Здание бесчердачное, двускатное, одноэтажное с размерами: длина L = 72 м, ширина B = 12 м, высота боковых стен h = 2,6 м:

высота конька $h_К$ = 6 м. По торцам здания расположены деревянные ворота с тамбуром с размерами: высота H = 3,0 м, ширина b = 2,8 м.

Полы керамзитобетонные. На продольных стенах расположены двойные окна в деревянных спаренных переплетах. Коэффициент остекления (отношение поверхности окон к общей поверхности вертикальных наружных ограждений) $К_{ос}$ = 0,20. Коэффициенты теплопередачи (Вт/м^2 °С) стен, окон, перекрытия и пола:

$К_{ст}$ = 1,24; $К_{ок}$ = 2,89; $К_{пер}$ = 0,65; $К_{пл}$ = 0,27.

Расчетная температура наружного воздуха $t_н$ = -30 °С, относительная влажность $\varphi_н$ = 85 %; температура внутреннего воздуха $t_в$ = 18 °С (приложение 2) относительная влажность $\varphi_В$ = 75 %. Продольные стороны здания ориентированы: одна – на северо-восток, другая – на юго-запад.

Решение: Площадь поверхности каждой из продольных стен с учетом размещения на них окон:

$F_{ст}^{пр} = L \cdot B\ (1 - К_{ос}) = 72 \cdot 2{,}6 \cdot 0{,}8 = 149{,}76$ м^2.

Площадь поверхности каждой из торцевых стен (площадь прямоугольника без ворот плюс площадь треугольника коньковой части):

$F_т^{ст} = (B \cdot h - b \cdot H) + 0{,}5 \cdot B\ (h_К - h) = 12 \cdot 2{,}6 - 2{,}8 \cdot 3{,}0 + 0{,}5 \cdot 12\ (6 - 2{,}6) = 43{,}2$ м^2.

Площадь покрытия равна сумме площадей двух скатов. Ширина ската $b_{ск}$ – это гипотенуза прямоугольного треугольника основанием $\frac{B}{2}$ и высотой $h_К - h$.

Тогда

1. $F_{ск} = 2 \cdot L \cdot b_{ск} = 2 \cdot L\sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + (h_к - h)^2} =$

$$2 \cdot 72\sqrt{\left(\frac{12}{2}\right)^2 + (6 - 2{,}6)^2} = 993 \text{ м}^2$$

2. Площадь пола:

$F_{пол} = B \cdot L = 12 \cdot 72 = 864$ м^2.

3. Площадь окон на каждой продольной стене:

$F_{ок} = L \cdot h \cdot К_{ос} = 72 \cdot 2{,}6 \cdot 0{,}2 = 37{,}44$ м^2.

4. Площадь ворот на каждом торце здания:

$F_в = b \cdot H = 2{,}8 \cdot 3 = 8{,}4$ м^2

Основные теплопотери через ограждающие конструкции определяем по формулам [2]. Для всех ограждений n = 1 (являются наружными).

Теплопотери через обе продольные стены:

$Q_{пр.ст} = 2 \cdot 149{,}76 \cdot 1{,}24(18 + 30) \cdot 1 = 17827$ Вт

Теплопотери через обе торцевые стены:

$Q_{т.ст} = 2 \cdot 43{,}2 \cdot 1{,}24(18 + 30) \cdot 1 = 5142$ Вт

Потери теплоты через кровлю:

$Q_{ск} = 993{,}0 \cdot 0{,}65(18 + 30) \cdot 1 = 30982$ Вт

Потери теплоты через пол:

$Q_п = 864 \cdot 0{,}27(18 + 30) \cdot 1 = 11197$ Вт

Теплопотери через окна двух стен:

$R_o = 0{,}34 \frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$,

$$Q_{ок} = 2 \cdot \frac{37{,}44}{0{,}34}(18 + 30) = 10571 \text{ Вт}$$

Теплопотери через ворота двух торцевых стен:

($R_в = 0{,}215 \frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$, табл. 2.4 [2])

$$Q_в = 2 \cdot \frac{8{,}4}{0{,}215}(18 + 30) = 3751 \text{ Вт.}$$

Основные теплопотери:

$Q_{осн}$ = 17827 + 5142 + 30982 + 11197 + 10571 + 3751 = 79470 Вт.

Добавочные теплопотери через вертикальные стены, окна, ворота и наклонные скаты перекрытия (вертикальная проекция), обращенные на северо-восток и северо-запад, составляют 10 %, а на юго-восток – 5 % основных теплопотерь через эти ограждения.

Добавочные теплопотери через вертикальные ограждения:

$Q_д = 0{,}1 \cdot (0{,}5Q_{пр.ст} + 0{,}5Q_{ок} + 0{,}5Q_{т.ст} + 0{,}5Q_в) + 0{,}05 \cdot (0{,}5Q_{т.ст} + 0{,}5Q_в) =$

$= 01 \cdot (0{,}5 \cdot 17827 + 0{,}5 \cdot 10571 + 0{,}5 \cdot 5142 + 0{,}5 \cdot 3751) + 0{,}05 \cdot (0{,}5 \cdot 5142 +$

$+ 0{,}5 \cdot 3751) = 2086$ Вт

Добавочные теплопотери через наклонный северо-восточный скат (вертикальную проекцию) крыши:

$Q_{д.н.} = 0{,}1 \cdot К_{пер} \cdot L\ (h_к - h) \cdot (t_в - t_н) = 0{,}1 \cdot 0{,}65 \cdot 72\ (6 – 2{,}6) \cdot (18 + 30) =$

$= 764$ Вт.

Добавочные теплопотери через наружные ворота с тамбуром:

$Q_{д.в} = 1 \cdot Q_в = 3751$ Вт

Здание имеет более двух наружных стен, поэтому нужно добавить еще 10 % основных потерь теплоты через стены, окна и ворота

$Q_д = 0{,}1 \cdot (17827 + 5142 + 10571 + 3751) = 3729$ Вт.

Теплопотери через ограждающие конструкции:

$Q_{огр} = 79470 + 2086 + 764 + 3751 + 3729 = 89800$ Вт.

Дополнительные теплопотери на инфильтрацию принимаем в размере 30 % основных теплопотерь через все ограждения

$Q_и = 0{,}3 \cdot Q_{осн} = 0{,}3 \cdot 79470 = 23841$ Вт.

Суммарные теплопотери через наружные ограждения составляют

$Q_т = 89800 + 23841 = 113641$ Вт.

Приложение 5

Примеры экзаменационных вопросов

1. Место систем теплоснабженияв структуре энергетического комплекса предприятия и ЖКХ;
2. Принципы эффективного использования тепловой энергии в системах теплоснабжения;
3. Сезонная нагрузка. Расчет отпуска тепла на отопление;
4. Определение расхода тепла на отопление по площади застройки;
5. Расчет отпуска тепла на вентиляцию;
6. Круглогодичная нагрузка. Расчет годового отпуска тепла. График продолжительности тепловой нагрузки;
7. Водяные системы теплоснабжения;
8. Качественное регулирование однородной нагрузки;
9. Качественное регулирование разнородной нагрузки;
10. Качественное регулирование по отопительной нагрузке;
11. Графики расхода воды и температуры на ГВС;
12. Центральное регулирование по совмещенной нагрузке отопления и ГВС;
13. Центральное регулирование по совмещенной нагрузке закрытых систем теплоснабжения;
14. Качественное регулирование по совмещенной нагрузке в открытых системах;
15. Качественно-количественное регулирование;
16. Тепловая схема водогрейной котельной;
17. Тепловая схема паровой котельной;
18. Тепловая схема пароводогрейной котельной;
19. Тепловая схема ТЭЦ;
20. Общие положения расчета тепловых схем котельных. Особенности расчета тепловых схем водогрейных котельных;
21. Расчет тепловой схемы паровой котельной;
22. Схемы отпуска тепла от ТЭЦ;
23. Промышленная водоподготовка. Очистка воды для ЖКХ;
24. Подготовка воды для котельных;
25. Установки умягчения периодического действия. Установки умягчения непрерывного действия;
26. Установки обезжелезивания и фильтрации;
27. Сорбционные установки. Установки обратного осмоса;
28. Схемы и конфигурации тепловых сетей;
29. Порядок гидравлического расчета тепловых сетей. Основные расчетные зависимости;
30. Пьезометрический график тепловой сети;
31. Особенности гидравлического расчета паропроводов. Особенности расчета конденсатопроводов;

32. Режим давления в сети и выбор схемы абонентского ввода;
33. Гидравлический режим тепловых сетей. Сопротивление сети;
34. Включение насосных подстанций;
35. Работа сети с двумя источниками питания;
36. Кольцевая тепловая сеть;
37. Включение насосных подстанций в сети с двумя источниками питания;
38. Гидравлический режим открытых систем теплоснабжения;
39. Прокладка трубопроводов. Опоры трубопроводов;
40. Компенсация температурных деформаций трубопроводов. Особенности температурной компенсации при бесканальной прокладке. Радиальная компенсация;
41. Наземная прокладка трубопроводов;
42. Подземная прокладка трубопроводов;
43. Подземная бесканальная однотрубная прокладка;
44. Подземная бесканальная двухтрубная прокладка;
45. Подземная канальная прокладка;
46. Тепловые потери трубопровода. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей. Требования, предъявляемые к теплоизоляционным материалам и их свойства;
47. Теплоизоляционные материалы, изделия и конструкции при надземной и подземной прокладках тепловых сетей;
48. Теплоизоляционные материалы и конструкции бесканальных прокладок;
49. Дефекты предизолированных трубопроводов в системе теплоснабжения;
50. Основные недостатки современных тепловых сетей;
51. Гидравлическая устойчивость сети. Нейтральные точки;
52. Выбор схем подключения абонентских установок;
53. Назначение и оборудование тепловых пунктов;
54. Центральный тепловой пункт (ЦТП);
55. Присоединение систем отопления к тепловым сетям в ИТП;
56. Присоединение систем горячего водоснабжения к тепловым сетям в ИТП;
57. Автоматизированные тепловые пункты;
58. Потенциальные запасы вторичных энергетических ресурсов (ВЭР);
59. Вторичные энергоресурсы промпредприятий, используемые для генерации теплоты. Их количество, параметры, доля полезного использования в системах теплоснабжения;
60. Проект использования ВЭР для системы транспорта тепловой энергии;
61. Проект использования ВЭР для оборотных и прямоточных систем технического водоснабжения тепловых электрических станций.