Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной деятельности
Дата подписания: 02.09.2022 15:24:12
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
К.И. Лушин
«___» _____ 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Вопросы энергоэффективности силовых установок»

Направление подготовки

13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль

Автоматизированные энергетические установки

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Москва

2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Вопросы энергоэффективности силовых установок» следует отнести:

- ознакомление обучающихся с автономными энергоустановками и системами применительно к энергоснабжению автономных объектов, использующих привозное и получаемое на месте органическое топливо;
- получение студентами базовых знаний в области рационального использования энергоресурсов, развития у студентов комплексного восприятия экономических, правовых, социальных и экологических проблем ресурсосбережения.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Вопросы энергоэффективности силовых установок» следует отнести:

- формирование знаний и практических навыков по рациональному использованию энергетических ресурсов, выявлению и устранению непроизводительных расходов энергоресурсов;
- ознакомление студентов с порядком проведения энергетических обследований организаций, изучение показателей энергоэффективности силовых установок;
- формирование знаний и практических навыков по разработке программ энергосбережения, оценке экономической эффективности мероприятий по энергосбережению, составлению энергетического паспорта установок.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «**Вопросы энергоэффективности силовых установок**» входит в вариативную часть цикла профессиональных дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров, по профилю «Автоматизированные энергетические установки» направления **13.03.03 Энергетическое машиностроение.**

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах и практиках ООП:

- «Цифровая грамотность»;
- «Электротехника и электроника»;
- «Гибридные силовые энергоустановки»;
- «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике».

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
ПК-2	Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения	**знать:** – основные виды энергоустановок, принципы их работы и характеристики; – методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методам и инструментам для исследования их характеристик; – основные элементы технологий водородной и электрохимической энергетики, их основные характеристики и специальную терминологию; – материалы, применяемые в технологиях электрохимической и водородной энергетики, их назначение и характеристики; **уметь:** – использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнического оборудования при оптимизации энергопотребления силовых установок; – проводить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем энергосбережения силовых установок; – анализировать информацию о новых видах энергосбережения силовых установок. **владеть:** – навыками поиска информации о принципах создания систем энергосбережения силовых установок; – информацией о технических решениях в области энергосбережения силовых установок; – навыками применения полученной

		информации при проектировании при проектировании систем энергосбережениям

4. Структура и содержание дисциплины

Разделы дисциплины «Вопросы энергоэффективности силовых установок» изучаются на четвертом курсе в **седьмом** семестре. Общая трудоемкость изучения дисциплины составляет **5** зачетных единиц (**180** часов). Аудиторные часы – **72**, в том числе лекции - **36**, практические занятия – **36**, самостоятельная подготовка – **108** часов.

Форма контроля: экзамен

Структура и содержание дисциплины «Вопросы энергоэффективности силовых установок» отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины. Седьмой семестр

Раздел 1 - Потребители и их классификация. Классификация потребителей. Место автономных энергетических систем в энергосистеме региона и страны. Графики потребления тепловой и электрической энергии в зависимости от типа потребителя и региона. Характеристика основных потребителей тепловой и электрической энергии. Суточный и годовой график потребления в зависимости от региона и времени года. Аккумулирование энергии. Возможности энергосбережения.

Раздел 2 - Энергоустановки. Их классификация. Основные характеристики. Преимущества и недостатки.Критерии выбора энергоустановки для автономного энергоснабжения. Электрохимические энергоустановки. Классификация. Аккумуляторные батареи.

Раздел 3 - Вспомогательные элементы Контроллеры согласования и управления. Зарядные устройства. Инверторы. Гидробаки. Насосы. Теплообменники. Бойлеры. Нагреватели. Котлы. Арматура

Раздел 4 - Энергоустановки на органическом топливе Идеальный термодинамический цикл (цикл Карно). Теоремы Карно Зависимость к.п.д. от мощности. Энергоустановки на основе внутреннего сгорания топлива. Бензогенераторы (БГ). Рабочий цикл. Индикаторная диаграмма. Дизельгенераторы (ДГ). Газопоршненые агрегеты (ГПА) на природном газе, биогазе и синтезгазе

Раздел 5 – Микротурбины. Тепловые насосы. Схемы энергоснабжения. Микротурбины на природном и синтезируемом газе. Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики. Схемы тепло-электроснабжения.

Раздел 6 – Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей. Распределение сумм солнечной радиации и скорости ветра в течение года для различных регионов. Оценка потенциала возобновляемых источников энергии для различных регионов.

Раздел 7 – Электрохимические энергоустановки на топливных элементах. Основные закономерности работы и характеристики. Классификация типов топливных элементов. Основные закономерности работы и характеристики. Системы хранения реагентов. Водородные накопители энергии. Вспомогательные элементы. Сравнительные характеристики. Экономический аспект.

Раздел 8 – Электрохимические энергоустановки. Методы расчета и оптимизации применительно к системам автономного энергоснабжения.Схемы тепло-электроснабжения автономного объекта с использованием газового котла и твердооксидного топливного элемента. Графики нагрузки в зависимости от времени года и климатических условий региона. Особенности использования привозного или получаемого на месте потребления газа.

Раздел 9 – Автономные и резервные электростанции на основе аккумуляторных батарей. Схемы энергоснабжения на основе традиционных энергоустановок и возобновляемых источников энергии. Сравнительные характеристики.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины **«Вопросы энергоэффективности силовых установок»** 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;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования и (или) компьютерного тестирования;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины **«Вопросы энергоэффективности силовых установок»** и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия практического типа составляют 60% от объема аудиторных занятий.

Изучение дисциплины ориентировано на применение технологий контролируемой самостоятельной работы и проектного обучения. В рамках контролируемой самостоятельной работы планируется выполнение и защита индивидуальных заданий по основным темам дисциплины, задание для курсового проекта предполагает самостоятельную разработку функционально законченного микропроцессорного устройства управления.
Для проведения аудиторных занятий используется:

- при чтении лекций – компьютерная и проекционная техника;
- при проведении практических– интерактивная доска, пакет прикладных программ моделирования электронных схем Multisim, расчетный пакет Matlab; программная среда инженерного проектирования LabView.

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:

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Вопросы энергоэффективности силовых установок» (индивидуально для каждого обучающегося);

- выполнение рефератов по индивидуальному заданию для каждого обучающегося в соответствии с темами:

- Эффективные способы снижения потерь в энергоустановках. Оптимизация работы насосного и тягодутьевого оборудования.
- Инфракрасные излучатели, их область применения.

- Практика использования вторичных энергоресурсов.
- Утилизация попутного нефтяного, коксового и доменного газов.
- Использование тепла отходящих газов теплогенерирующих установок.
- Использование энергии ветра. Малые ветрогидрокомплексы.
- Солнечные коллекторы. Фотоэлектрические модули
- Тепловые насосы.

Задание для выполнения реферата выбирается студентом самостоятельно в зависимости от характера его основной работы или научных интересов и утверждается преподавателем

Реферат включает в себя: титульный лист; исходные данные; введение, обоснование актуальности темы; основную (расчетную) часть; выводы; библиографический список; приложения (если необходимо).

Текст реферата – (12–15 с.) представляется на бумажном носителе формата А-4.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения разделов дисциплины. Образцы тестовых заданий, 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
ПК-2	Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения

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

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).

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**
ПК – 2. Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения				
Знать: основные виды энергоустановок, принципы их работы и характеристики; методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методам и инструментам для исследования их характеристик; основные элементы технологий водородной и электрохимической энергетики, их основные	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнического оборудования при создании микропроцессорных и компьютерных систем информационно-управляющих комплексов для транспортных средств	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: проводить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики; анализировать информацию о новых видах микропроцессорной и цифровой техники, языках и пакетах . Допускаются значительные	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: обеспечивать бесперебойную работу, правильную эксплуатацию, ремонт и модернизацию энергетического оборудования, средств автоматизации и защиты, электрических и тепловых сетей, воздухопроводов и газопроводов . Умения освоены, но	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнического оборудования при создании микропроцессорных и компьютерных систем информационно-управляющих комплексов для транспортных средств

характеристики и специальную терминологию; материалы, применяемые в технологиях электрохимической и водородной энергетики, их назначение и характеристики **Уметь:** использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнического оборудования при оптимизации энергопотребления силовых установок; проводить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем энергосбережения силовых установок; анализировать информацию о новых видах энергосбережения силовых установок.		ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	
владеть: навыками поиска информации о принципах создания систем	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: навыками применения полученной	Обучающийся не полностью владеет навыками применения полученной информации	Обучающийся частично владеет навыками применения полученной информации	Обучающийся в полном объеме владеет навыками применения полученной информации

энергосбережения силовых установок ; информацией о технических решениях в области энергосбережения силовых установок; навыками применения полученной информации при проектировании при проектировании систем энергосбережениям.	информации при проектировании информационно-управляющих микропроцессорных систем, методами разработки алгоритмов и программ на ассемблере, современными интегрированными средами разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, проектирования систем автоматизации	при проектировании информационно-управляющих микропроцессорных систем, методами разработки алгоритмов и программ на ассемблере, современными интегрированными средами разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, проектирования систем автоматизации Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	при проектировании микропроцессорных систем,методами разработки алгоритмов и программ на ассемблере, современными интегрированными средами разработки программного обеспечения для микроконтро л- леров, проектирования систем автоматизации освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	при проектировании информационно-управляющих микропроцессорных систем,методами разработки алгоритмов и программ на ассемблере, современными интегрированными средами разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, проектирования систем автоматизации свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

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 дисциплины «Вопросы энергоэффективности силовых установок» (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

Основная литература

1. Митрофанов, С.В. Энергосбережение в энергетике: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.В. Митрофанов, О.И. Кильметьева. — Электрон. дан. — Оренбург : ОГУ, 2015. — 126 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/97991. — Загл. с экрана.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

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

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

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, самостоятельной работы. АВ2402, АВ2403, АВ2414. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

АВ2404. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса. Проектор, интерактивная доска, ПК.

АВ2406. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

Маркерная доска. Ноутбук.

Лабораторные установки:

- «Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Лабораторная установка («Valtec») «Модель системы отопления и теплоснабжения индивидуального жилого дома».

Элементы теплоэнергетического оборудования и систем.
АВ2415. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.
Лабораторные установки:
- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)».
Комплект образцов технических средств измерений теплотехнологических параметров.
Проектор, маркерная доска, ПК, экран
Модель паровой котельной установки с механическим приводом.
Теплотехнические средства измерения для учебного процесса.
Элементы теплоэнергетического оборудования и систем.
Операционная система, Windows 7 (или ниже) – MicrosoftOpenLicense
Лицензия № 61984214, 61984216, 61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215
Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) – MicrosoftOpenLicense
Лицензия № 61984042
Антивирусное ПО, KasperskyEndpointSecurity для бизнеса – Стандартный
Лицензии № 175216111706015696016 4.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов.

По специальности можно рекомендовать следующие научные журналы на английском языке и интернет порталы: International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Power Sources,http://www.portalnano.ru/, базы данных зарубежных научных журналов с использованием портала . Сайт Центра коллективного пользования «Водородная и электрохимические технологии» / Сайт Международного Симпозиума «Водородная и электрохимические технологии» http://H3-symposium.ru/

10. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины базируется на компетентностном, практико-ориентированном подходе. Методика преподавания дисциплины направлена на организацию систематической планомерной работы студента в течение семестра независимо от формы его обучения. В связи с этим следует обратить внимание на особую значимость организаторской составляющей профессиональной деятельности преподавателя.

Основная работа со студентами очной формы обучения проводится на аудиторных лекциях и лабораторных и практических занятиях. Лекционный курс включает установочные, проблемные, обзорные лекции. Интерактивность лекционного курса обеспечивается оперативным опросом или тестированием в конце занятия. Широко применяются методы диалога, собеседований и дискуссий в ходе лекции. Проблемное обучение базируется на примерах конкретных предприятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» и профилю «Автоматизированные энергетические установки»

Авторы

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

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

Согласовано:

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

Руководитель ООП И.Л. Савельев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Вопросы энергоэффективности силовых установок»
по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение
Автоматизированные энергетические установки
(бакалавр)

	Раздел	Семест	Неделя семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Форма аттестации	
	Восьмой семестр	**7**		**Л**	**П/С**	**ЛБ**	**СРС**	**КСР**	**К.Р.**	**К.П.**	**РГР**	Реферат	Т	Э	З
Тема 1	**Автономные энергосистемы. Потребители и их классификация.** Классификация потребителей. Место автономных энергетических систем в энергосистеме региона и страны. Графики потребления тепловой и электрической энергии в зависимости от типа потребителя. Аккумулирование энергии. Возможности энергосбережения	**7**	**1**	**4**			**6**								
	Семинарское занятие Определения. Классификация энергоустановок. Энергоустановки на органическом топливе.	**7**	**2**		**3**		**2**								
	Семинарское занятие Классификация потребителей. Место автономных энергетических систем в энергосистеме региона и страны.	**7**	**2**		**3**		**2**								

Тема 2	**Элементы автономных энергетических систем. Энергоустановки.** Их классификация. Основные характеристики. Преимущества и недостатки. Критерии выбора энергоустановки для автономного энергоснабжения. Электрохимические энергоустановки. Классификация. Аккумуляторные батареи.	**7**	**3**	**4**			**6**								
	Семинарское занятие Критерии выбора энергоустановки для автономного энергоснабжения. Электрохимические энергоустановки. Классификация. Аккумуляторные батареи.	**7**	**4**		**2**		**2**								
	Семинарское занятие Контроллеры согласования и управления. Зарядные устройства. Инверторы.	**7**	**4**		**4**		**2**								
Тема 3	**Элементы автономных энергетических систем. Вспомогательные элементы** Контроллеры согласования и управления. Зарядные устройства. Инверторы. Гидробаки. Насосы. Теплообменники. Бойлеры. Нагреватели. Котлы.	**7**	**5**	**4**			**6**								
	Семинарское занятие Идеальный термодинамический цикл (цикл Карно). Теоремы Карно Зависимость к.п.д. от мощности.	**7**	**6**		**2**		**2**								

	Семинарское занятие Энергоустановки на основе внутреннего сгорания топлива. Бензогенераторы (БГ). Рабочий цикл. Индикаторная диаграмма.	**7**	**6**		**4**		**2**								
Тема 4	**Раздел 4 - Энергоустановки на органическом топливе** Идеальный термодинамический цикл (цикл Карно). Теоремы Карно Зависимость к.п.д. от мощности. Энергоустановки на основе внутреннего сгорания топлива. Бензогенераторы (БГ). Рабочий цикл. Индикаторная диаграмма. Дизельгенераторы (ДГ). Газопоршненые агрегеты (ГПА) на природном газе, биогазе и синтезгазе	**7**	**7**	**4**			**6**								
	Семинарское занятие Дизельгенераторы (ДГ). Газопоршненые агрегеты (ГПА) на природном газе, биогазе и синтезгазе.	**7**	**8**		**2**		**2**								
	Семинарское занятие Микротурбины на природном и синтезируемом газе. Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики.	**7**	**8**		**4**		**2**								
Тема 5	**Раздел5 – Микротурбины. Тепловые насосы. Схемы энергоснабжения.** Микротурбины на природном и синтезируемом газе. Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики. Схемы тепло-электроснабжен	**7**	**9**	**4**			**6**								

	Семинарское занятие Тепловые насосы (ТН). Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики.	**7**	**10**	**2**	**3**		**2**								
	Семинарское занятие Способы переработки и использования различных видов топлив для автономного энергоснабжения	**7**	**10**	**4**	**3**		**2**								
Тема 6	**Раздел 6 – Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей.** Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей. Распределение сумм солнечной радиации и скорости ветра в течение года для различных регионов. Оценка потенциала возобновляемых источников энергии для различных регионов.	**7**	**11**	**4**			**6**								
	Семинарское занятие Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей.	**7**	**12**		**2**		**2**								
	Семинарское занятие Солнечные вакуумные коллекторы (СВК). Принцип работы и основные характеристики	**7**	**12**		**4**		**2**								

Тема 7	**Раздел 7 – Электрохимические энергоустановки на топливных элементах. Основные закономерности работы и характеристики.** Классификация типов топливных элементов. Основные закономерности работы и характеристики. Системы хранения реагентов. Водородные накопители энергии. Вспомогательные элементы. Сравнительные характеристики. Экономический аспект.	**7**	**13**	**4**			**6**								
	Семинарское занятие Классификация типов топливных элементов. Основные закономерности работы и характеристики.	**7**	**14**		**2**		**2**								
	Семинарское занятие Методы расчета и оптимизации применительно к системам автономного энергоснабжения.	**7**	**14**		**4**		**2**								
Тема 8	**Раздел 8 –Методы расчета и оптимизации применительно к системам автономного энергоснабжения.**Схемы тепло-электроснабжения автономного объекта с использованием газового котла и твердооксидного топливного элемента. Графики нагрузки в зависимости от времени года и климатических условий региона. Особенности использования привозного или получаемого на месте потребления газа.	**7**	**15**	**4**			**6**								

	Семинарское занятие Схемы тепло-электроснабжения автономного объекта с использованием газового котла и твердооксидного топливного элемента.	**7**	**16**		**2**		**2**								
	Семинарское занятие Автономные электростанции и системы теплоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо: дизельные, бензиновые, газотурбинные, газодизельные, газопоршневые, парогазовые	**7**	**16**		**4**		**2**								
Тема 9	**Раздел 9 – Автономные и резервные электростанции на основе аккумуляторных батарей.** Схемы энергоснабжения на основе традиционных энергоустановок и возобновляемых источников энергии. Сравнительные характеристики.	**7**	**17**	**4**			**6**								
	Семинарское занятие Схемы энергоснабжения на основе традиционных энергоустановок и возобновляемых источников энергии. Сравнительные характеристики.	**7**	**18**		**2**		**2**								
	Семинарское занятие Основные элементы и схемы энергоснабжения. Энергетические и экономические характеристики.	**7**	**18**		**4**		**2**								
	Форма аттестации													**Э**	
	Всего часов по дисциплине в восьмом семестре		**180**	**36**	**54**	**0**	**90**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.03 **«Энергетическое машиностроение»**

ОП (профиль): «**Автоматизированные энергетические установки**»

Форма обучения: очная

Кафедра: **«Промышленная теплоэнергетика»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Вопросы энергоэффекивности силовых установок»

Москва
2022

Таблица 1

к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Вопросы энергоэффекивности силовых установок					
ФГОС ВО 13.0303 Энергетическое машиностроение					
Компетенции		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
Индекс	Формулировка				
ПК-2	Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения	**Знать**: Основные технические и организационные мероприятия, позволяющие экономить энергию в быту и промышленности. **Уметь**: Оценивать потенциал возобновляемых источников энергии применительно к конкретному региону и конкретным условиям, проводить экономическую оценку применения того или иного схемного решения для решения задач автономного энергоснабжения **Владеть**: навыками в составлении энергетических паспортов предприятий и разработке программ энергосбережения; методами составления энергобаланса	Лекция-беседа СРС	Собеседование Отзыв-характеристика Отчетные материалы по практике	Базовый уровень: способен обеспечивать разработку мероприятий по совершенствованию технологии производства в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен обеспечивать разработку мероприятий по совершенствованию технологии производства 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	Реферат «Эффективные способы снижения потерь в энергоустановках. Оптимизация работы насосного и тягодутьевого оборудования»	Практическая работа направлена на формирование умений и навыков по расчету энергоустановок.	Результатом работы является разработка аппаратных, программных и схемных решений, реализующих способы снижения потерь

Контроль знаний студентов осуществляется с помощью тестов, примеры которых приведены ниже:

1. **Источниками тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения являются:**

A- ТЭЦ и котельные
B- ГРЭС
C- индивидуальные котлы
D- КЭС
E- АЭС

2. **Теплофикацией называется:**

A- выработка электроэнергии
B- централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепловой и электрической энергии
C- выработка тепловой энергии
D- передача электроэнергии на большие расстояния
E- потребление тепловой энергии

3. **Виды тепловых нагрузок :**

A- сезонные и круглогодовые
B- на отопление и вентиляцию
C- технологические
D-горячее водоснабжение и вентиляция
E- электрические и технологические

4. **К сезонным тепловым нагрузкам относятся:**

A- горячее водоснабжение
B- отопление и вентиляция
C – технологическая
D- электроснабжение
E- канализация

5. **Коэффициент инфильтрации учитывает:**

A- теплопроводность стен
B- теплопередачу стен, окон, полов и потолков
C- долю расхода тепла на подогрев наружного воздуха, поступающего через неплотности
D- теплопередачу изоляционного слоя
E- количество теплоты, теряемого через неплотности ограждений

6. **В зависимости от источника приготовления тепла различают системы теплоснабжения:**

A- централизованные и децентрализованные
B- однотрубные и многотрубные водяные
C- многоступенчатые и одноступенчатые
D- водяные и паровые
E- водяные, пароые и газовые

7. **Водяные системы по способу подачи воды на горячее водоснабжение делят на :**

A- многоступенчатые и одноступенчатые
B- открытые и закрытые
C- централизованные и децентрализованные
D- водяные и паровые
E- однотрубные и многотрубные

8. **Схемы присоединения местных систем отопления различаются:**

A- зависимые и независимые
B- одноступенчатые и многоступенчатые
C- паровые и водяные
D- однотрубные и многотрубные водяные
E- однотрубные и многотрубные паровые

9. **В зависимых схемах присоединения теплоноситель поступает** :

A- непосредственно из тепловых сетей в отопительные приборы
B- из тепловой сети в подогреватель
C- из подогревателя в тепловую сеть
D- непосредственно из тепловых сетей в аккумулятор
E- непосредственно из тепловых сетей в смесительный узел

10. **Системы горячего водоснабжения по месту расположения источника разделяются на:**

A- с естественной циркуляцией и с принудительной циркуляцией
B- централизованные и децентрализованные
C- с аккумулятором и без аккумулятора
D- однотрубные и многотрубные
E- водяные и паровые

11. **Регулирование тепловой нагрузки по месту регулирования различают** :

A- центральное, групповое, местное
B- количественное и качественное
C- автоматическое и ручное
D- пневматическое и гидравлическое
E- прямоточное и с рециркуляцией

12.**Качественное регулирование тепловой нагрузки осуществляется:**

A- изменением температуры теплоносителя при постоянном расходе

B- изменением расхода теплоносителя при постоянной температуре

C- пропусками подачи теплоносителя

D- изменением диаметра труб

E- изменением давления теплоносителя

13.**Грязевики, элеваторы, насосы, подогреватели являются оборудованием:**

A- ЦТП

B- МТП

C- тепловых камер

D- ТЭЦ

E- котельной установки

14.**Задачей гидравлического расчета тепловых сетей является:**

A- определение потерь теплоты

B- определение диаметра труб и потерь давления

C- определение скорости движения теплоносителя

D- определение потерь расхода теплоносителя

E- расчет тепловой нагрузки

15.**Потери давления при движении теплоносителя по трубам складывается из :**

A- потерь давления на трение и местные сопротивления

B- потерь напора на турбулентность движения

C- потерь теплоты при трении

D- потерь теплоты через изоляционный слой

E- потерь теплоносителя

16.**Пьезометрический график позволяет определить:**

A- предельно допустимые напоры

B- давление или напор в любой точке тепловой сети

C- статический напор

D- потери теплоты при движении теплоносителя

E- диаметр трубопровод

17.**Компенсация температурных удлинений труб производится:**

A- подвижными опорами

B- неподвижными опорами

C- компенсаторами

D- запорной арматурой

E- подпиточными насосами

18.**Тепловые перемещения теплопроводов обусловлены:**

A- линейным удлинением труб при нагревании

B- скольжением опор при охлаждении

C- трением теплопроводов по опоре

D- статическим напором

E- потерями теплоты при движении теплоносителя

19.**Проходные каналы относятся к следующему типу прокладок:**

A- надземной

B- подземной бесканальной

C- подземной канальной

D- воздушной на мачтах

E- подводной

20.**Канальные прокладки теплопроводов предназначены для:**

A- защиты теплопроводов от воздействия грунта и коррозионного влияния почвы

B- защиты теплопроводов от воздействия атмосферных осадков

C- защиты теплопроводов от потерь теплоты

D- компенсации температурных удлинений труб

E- циркуляции теплоносителя

21.**При прокладке в одном направлении не менее 5 труб применяются:**

A- непроходные каналы

B- проходные каналы

C- полупроходные каналы

D- стальные трубы

E- пластмассовые каналы

22.**По принципу работы высокие стойки подразделяются на:**

A- жесткие, гибкие и качающиеся

B- вертикальные, горизонтальные

C- одноветвевые, двухветвевые

D- водяные и паровые

E- однотрубные и многотрубные

23.**Назначение тепловой изоляции:**

A- защита от воздействия грунта

B- уменьшение тепловых потерь

C- поддержание гидравлического режима тепловой сети

D- компенсация температурных удлинений труб

E- защиты теплопроводов от воздействия атмосферных осадков

24.**Теплоизоляционные материалы должны обладать:**

A- высокими теплозащитными свойствами
B- высоким коэффициентом теплопроводности
C- коррозионно- агрессивными свойствами
D- низкими теплозащитными свойствами
E- высокими механическими свойствами

25. **Антикоррозионную обработку наружной поверхности труб при температуре теплоносителя до 150□ С производят:**

A- битумной грунтовкой
B- бензином
C- органическими растворителями
D- минеральной ватой
E- любым теплоизоляционным материалом

26. **Тепловые потери в тепловых сетях бывают:**

A- линейные и местные
B- в окружающую среду через теплоизоляцию
C- гидравлические и статические
D- аварийные и базовые
E- непрерывные и периодические

27. **К основному оборудованию ТЭЦ относятся :**

A- насосы и подогреватели
B- теплопроводы и РОУ
C- котел и турбина
D- ЦТП и МТП
E- тепловые узлы и абонентские вводы

28. **Водоподготовка для тепловых сетей включает следующие операции**:

A-механическое фильтрование
B- осветление, умягчение, деаэрация
C- регенерация ионитов
D-взрыхление и отмывка ионитов
E- регенерация и отмывка ионитов

29. **Испытания тепловых сетей бывают**:

A- первичные и плановые
B- наладочные и аварийные
C- пусковые и эксплутационные
D- непрерывные и периодические
E- летние и зимние

30. **Задачей наладки тепловых сетей является:**

А- обеспечение расчетного распределения теплоносителя у всех потребителей

В- определение плотности и прочности трубопроводов

С- определение потерь тепла

D- компенсация температурных удлинений труб

Е- обеспечение безаварийной эксплуатации тепловых сетей

31.Для теплоснабжения потребителей используются теплоносители:

А- вода и водяной пар

В- дымовые газы

С- инертные газы

D- перегретый пар

Е- горячий воздух

33. Длительность отопительного сезона зависит от:

А- мощности станции

В- климатических условий

С- температуры воздуха в помещениях

D- температуры теплоносителя

Е- потерь теплоты теплоносителя

34.К вторичным энергоресурсам относится

А. Электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях.

Б. Пар, вырабатываемый в котельной.

В. Пар, вырабатываемый на ТЭЦ.

Г.Пар, получаемый в виде отходов при мокром тушении кокса.

35.Потери электроэнергии в трехфазных сетях

А. $\Delta P = 3I^2 \cdot R$

Б. $\Delta P = I^2 \cdot R$

В. $\Delta P = I \cdot U \cos \varphi$

Г. $\Delta P = 3I \cdot U \cos \varphi$

36. Закон об «Энергосбережении …» - это

А. № 261 – ФЗ

Б. СНиП 23-05-95

В. ПУЭ 2002

Г. № 35 - Ф

37. tg φ на границе раздела с энергосистемой на шинах 10 кВ не должен превышать

А. 0,2

Б. 0,4

В. 0,5

Г. 1,1

Вопросы для самоконтроля.

1. Виды преобразования электрической энергии.
2. Силовые вентили. Основные характеристики и параметры.
3. Трансформаторы. Реакторы. Конденсаторы. Разновидности и области применения.
4. Выпрямители. Основные характеристики. Классификация.
5. Однофазные схемы выпрямления.
6. Трехфазные схемы выпрямления.
7. Коммутации токов в схемах выпрямления. Особенности коммутации в трехфазных схемах.
8. Комбинированные схемы выпрямления.
9. Коэффициент мощности и КПД выпрямителей.
10. Пути улучшения энергетических показателей выпрямителей.
11. Особенности работы выпрямителей на емкостную нагрузку и противо-ЭДС.
12. Инверторы, ведомые сетью. Переход от выпрямительного к инверторному режиму.
13. Импульсные преобразователи постоянного тока. Искусственная коммутация тиристоров.
14. Базовые структуры импульсных преобразователей на транзисторах.
15. Автономные инверторы. Основные определения. Способы коммутации тиристоров.
16. Автономные инверторы напряжения (АИН) на транзисторах и запираемых тиристорах.
17. Характеристики АИН с ШИМ-модуляцией.
18. Многоуровневые АИН.
19. Преобразователи частоты на основе неуправляемого выпрямителя и АИН с ШИМ-
модуляцией.
20. Непосредственные преобразователи частоты. Формирование кривой выходного напряжения.

Примеры решения контрольных заданий.

А1. В первом баллоне находится 2 моль гелия, а во втором 2 моль кислорода. В каком из баллонов находится большее количество молекул? Молярная масса гелия 4 г/моль, молярная масса кислорода 32 г/моль.

1) в первом 2) во втором 3) одинаково 4)определить нельзя

Решение: по определению количества вещества:

$$\nu = N/N_A,\ N = \nu\ N_A.$$

Так как количества вещества одинаковы, то количества молекул тоже одинаковы.

Ответ: 3

А2. В сосуде под поршнем находится идеальный газ. При неизменной температуре поршень опускают до тех пор, пока концентрация молекул газа не увеличилась в 2 раза. Как при этом изменились давление и объем газа?

1) объем и давление увеличились в 2 раза,
2) объем и давление уменьшились в 2 раза,
3) объем увеличился в 2 раза, а давление уменьшилось в 2 раза,
4) объем уменьшился в 2 раза, а давление увеличилось в 2 раза

Решение: по определению концентрации молекул:

$$n = N/V,\ V = N/n.$$

Так как концентрация молекул увеличилась в 2 раза, то объем при этом в 2 раза уменьшился. Так как процесс протекал при постоянной температуре, то давление газа в 2 раза увеличилось по закону Бойля – Мариотта.

Ответ: 4

А3. Как называется процесс, в ходе которого вся подведенная к газу теплота идет на совершение газом работы?

1) изотермический 2) изохорный 3) изобарный 4) адиабатный

Решение: по 1-му закону термодинамики:

$$Q = \Delta U + A.$$

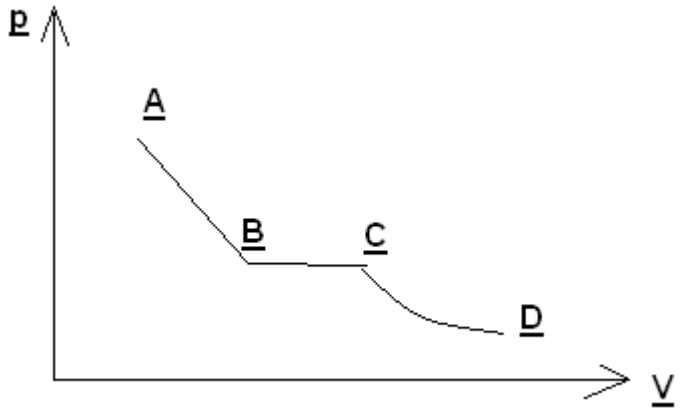
По условию задачи: $Q = A$, $\Delta U = 0$. По определению внутренней энергии:

$$U = 3/2\ \nu RT.$$

Так как внутренняя энергия не изменялась, то температура газа тоже была постоянной, такой процесс называется изотермическим.

Ответ: 1

А4. На графике показан процесс расширения газа, который сопровождался уменьшением давления. На каком из участков графика работа газа была наибольшей?



1) AB 2) BC 3) CD 4) одинаково

Решение: на графике зависимости давления газа от его объема работа газа численно равна площади фигуры под графиком. Максимальная площадь будет под участком AB.

Ответ: 1

A5. Аргон, находящийся в сосуде объемом 5 л, нагревают так, что его давление возрастает с 100 кПа до 300 кПа. Какое количество теплоты получил газ?

1) 1 кДж 2) 1,5 кДж 3) 2 кДж 4) 2,5 кДж

Решение: по первому закону термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

Так как процесс в закрытом сосуде является изохорным, то A = 0.

$$Q = \Delta U = 3/2(p_2V - p_1V)$$

Переводя в систему СИ 100 кПа = 10^5 Па, 300 кПа = $3 \cdot 10^5$ Па, 5 л = $5 \cdot 10^{-3}$ м3 и подставляя численные значения в формулу, получаем Q = 1500 Дж = 1,5 кДж.

Ответ: 2

A6. В каком из описанных ниже случаев скорость диффузии будет наименьшей?

1) кусочек сахара опускают в стакан с горячим чаем,
2) свинцовую и золотую отполированные пластины кладут под пресс.
3) воду наливают в сосуд с медным купоросом,
4) распыляют в воздухе одеколон.

Решение: скорость диффузии будет наименьшей в твердых телах, так как в твердом состоянии скорость движения молекул наименьшая.

Ответ: 2

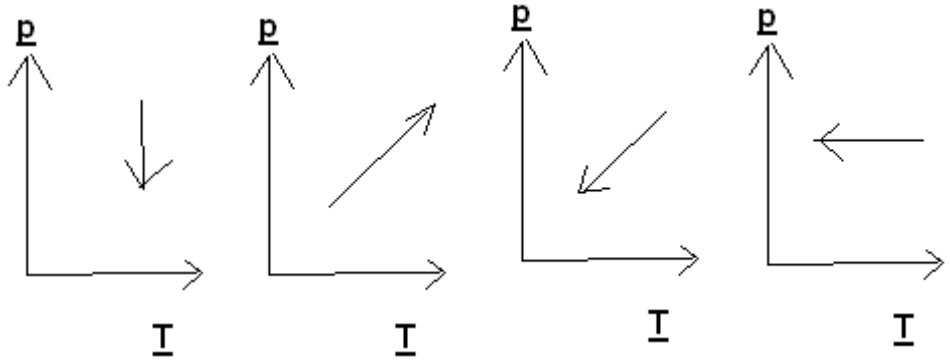
A7. В сосуде под поршнем находится кислород. Его нагревают так, что абсолютная температура увеличивается в 1,5 раза. Как при этом изменится давление газа?

1) увеличится в 1,5 раза 2) уменьшится в 1,5 раза
3) увеличится менее, чем в 1,5 раза 4) не изменится

Решение: процесс, протекающий с газом под поршнем, будет изобарным, так как по условию равновесия поршня сила тяжести, действующая на него, уравновешивается силой разности давлений газа под поршнем и атмосферного воздуха. Так как масса поршня и атмосферное давление не

меняются, то давление газа тоже не изменится, он будет изобарно расширяться.
Ответ: 4

А8. На каком из графиков показан процесс изохорного охлаждения газа?
1) 2) 3) 4)



Решение: изохорный процесс – это процесс, протекающий при постоянном объеме. Изохорное охлаждение предполагает уменьшение температуры газа, что соответствует графику 3.
Ответ: 3
А9. Газ получил количество теплоты, равное 1 кДж, и его сжали, совершив при этом работу 600 Дж. Как при этом изменилась внутренняя энергия газа?
1) увеличилась на 1600 Дж 2) увеличилась на 400 Дж
3) уменьшилась на 400 Дж 4) не изменилась
Решение: по 1-му закону термодинамики:

$$Q = \Delta U + A,$$
$$\Delta U = Q - A.$$

Так как газ сжимают, то работа газа будет отрицательной: – 600 Дж. Подставляя численные значения в формулу и переводя 1 кДж = 1000 Дж, получаем:

$$\Delta U = 1600 \text{ Дж}.$$

Ответ: 1

Экзаменационные вопросы

1. Общие сведения о тепловом насосе.
2. Источники теплоты для тепловых насосов.
3. Схема и принцип работы компрессионного теплового насоса.
4. Парокомпрессионный теплонасосный цикл с всасыванием сухого насыщенного пара.
5. Способы утилизации воды непрерывной продувки барабанных котлов.
6. Схема и принцип работы абсорбционного теплового насоса.
7. Системы теплоснабжения с использованием солнечной энергии.
8. Гелиоприемник.
9. Конструктивная схема гелиоприемника.
10. Схемы и принципы работы пассивной и активной систем гелиоотопления.
11. Схема и принцип работы системы отопления с тепловым насосом компрессионного типа.
12. Схема и принцип работы системы теплонасосного гелиоотопления.
13. Методика теплового расчета вращающихся РВП.
14. Виды потерь энергии и ресурсов в тепловых сетях.
15. Потери тепловой энергии через изоляцию трубопроводов.
16. Потери теплоты с утечками теплоносителя.
17. Затраты электрической энергии на прокачку теплоносителя.
18. Потери, связанные с неоптимальными и гидравлическими режимами тепловой сети.
19. Меры по сокращению потерь теплоты с поверхности трубопроводов.
20. Меры по снижению утечек теплоносителя.
21. Меры по снижению затрат на перекачивание теплоносителя.
22. Меры по оптимизации теплового и гидравлического режимов тепловой сети.
23. Одноходовой двухпоточный вращающийся РВП.
24. Двухходовой двухпоточный вращающийся РВП.
25. Однопоточный РВП в форме усеченного прямого конуса с нижним расположением основания конуса.
26. Однопоточный РВП в форме усеченного прямого конуса с верхним расположением основания конуса.
27. Расчет объема набивки стандартного цилиндрического РВП и набивки РВП в форме усеченного прямого конуса.

28. Энергосберегающие мероприятия в выпарных установках.
29. Энергосбережение в ректификационных установках
30. Назначение электрических машин и трансформаторов.
31. Назначение, устройство и принцип действия однофахных трансформаторов.
32. Уравнения напряжений трансформатора.
33. Назначение, устройство и принцип действия трехфазных трансформаторов.
34. Физические процессы, протекающие в трансформаторе в режиме холостого хода.
35. Уравнения ЭДС И МДС трансформатора.
36. Опытное определение параметров схемы замещения трансформаторов.
37. Внешняя характеристика трансформатора.
38. Потери и КПД трансформатора.
39. Принцип регулирования напряжения трансформатора.
40. Группы соединения обмоток трансформаторов. Назначение и условия включения трансформаторов на параллельную работу. Трехобмоточные трансформаторы.
41. Принцип работы автотрансформаторов.
42. Трансформаторы специального назначения.
43. Электрические машины как электромеханические преобразователи энергии.
44. Классификация электрических машин.
45. Назначение и принцип действия синхронного генератора.
46. Принцип действия асинхронного двигателя.
47. Основные типы обмоток статора безколлекторных машин.
48. Режимы работы асинхронной машины.
49. Устройство асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.
50. Устройство асинхронных двигателей с фазным ротором.
51. Магнитная цепь асинхронной машины.
52. Рабочий процесс трехфазного асинхронного двигателя.
53. Потери и КПД асинхронного двигателя. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя.
54. Электромагнитный момент и механические характеристики асинхронного двигателя.
55. Механические характеристики асинхронного двигателя при изменении напряжения сети.