

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.02.01 «МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ И СИСТЕМ»**

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль программы «Электроэнергетические системы»

Автор(ы): канд. техн. наук, доцент, В.И. Зеленцов
доцент

Одобрена на заседании кафедры энергетики и транспорта. Протокол от «10» ноября 2022 г. №4.

Рекомендована к использованию в образовательной деятельности научно-методической комиссией института ИПО РГППУ. Протокол от «14» ноября 2022 г. №3.

Екатеринбург
2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Методы исследования электроэнергетических сетей и систем»: формирование устойчивых знаний по основам энергетической эффективности энергоустановок, знакомство с методами обеспечения измерений различных видов производимой и потребляемой энергии, освоение методов анализа показателей энергоэффективности в структуре энергоменеджмента, формирование методических умений, направленных на разработку средств и способов составления и анализа энергетических балансов предприятия, изучение методов планирования и проведения первичных, периодических (энергоаудит) и постоянных, базовых (энергомониторинг) энергетических обследований, получение сведений о правовых, нормативных и технологических условиях энергосбережения;

Задачи:

- содействовать формированию профильно-специализированных компетенций при стимулировании у магистранта осознания значимости будущей профессии;
- содействовать развитию способностей для выполнения проведения эффективных энергетических обследований, развитию способностей к анализу и применению различных методов расчета энергоэффективности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Методы исследования электроэнергетических сетей и систем» относится к обязательной части учебного плана.

Для изучения учебной дисциплины необходимы знания, умения и владения, формируемые следующими дисциплинами:

1. Методология научного исследования.
2. Цифровые системы автоматизации и управления.

Перечень учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и владения, формируемые данной учебной дисциплиной:

1. Оперативное диспетчерское управление и надежность электроэнергетических систем.
2. Современные электроэнергетические системы.
3. Управление качеством электроэнергии.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:



- ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки;
- ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;
- ПК-1 Способен проводить научные исследования объектов профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

31. Основные цели учета потребления энергетических ресурсов;
32. Основные правовые документы РФ, регулирующие деятельность по учету топливно-энергетических ресурсов;
33. Состав приборов, определяющих измерительный комплекс учета отдельных видов энергоносителей (электроэнергия, природные газы, тепловая энергия), классы точности, виды использования;
34. Основные способы измерения температуры, давления расходов энергоносителей, классификации приборов;
35. Назначение, классификация, схемы и принципы построения автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС);
36. Основные этапы анализа энергопотребления;
37. Назначение, классификация и последовательность анализа энергетических балансов предприятий и организаций;
38. Назначение, этапы проведения и основные нормативно-технические документы первичных и периодических энергетических обследований предприятий и организаций (энергоаудит);
39. Принципы организации постоянных энергетических обследований на предприятиях (энергомониторинг) на базе локальных систем АСКУЭ и территориальных информационных систем АИИС в рамках бухгалтерского, статистического учета;
310. Понятие норм расхода энергоресурса, виды энергоресурсов, подлежащих нормированию, основные нормативные показатели эффективности энергоиспользования;
311. Основные цели энергоменеджмента; система критериев планирования повышения энергоэффективности; обязанности энергетического менеджера;
312. Способы проектирования комплекса учебно-профессиональных целей, задач в ходе подготовки образовательного процесса по освоению методов энергетических исследований.

Уметь:

- У1. Определять совокупность, параметры и характеристики приборов, составляющих измерительный комплекс учета электроэнергии переменного тока по выбранной схеме;



У2. Определять совокупность, параметры и характеристики приборов, составляющих измерительный комплекс учета тепловой энергии по заданному значению и виду тепловой нагрузки;

У3. Выбрать оптимальную совокупность приборов транспортного уровня для построения локальной АИИС по заданному набору каналов связи;

У4. Определять состав первичной информации по разработке и анализу энергетических балансов предприятий и организаций;

У5. Провести анализ данных, полученных по результатам энергетического обследования (энергоаудита) предприятия;

У6. Проектировать комплекс учебно-профессиональных целей, задач по освоению методов энергетических исследований.

Владеть:

В1. Составлять план энергетического обследования (энергоаудита) учебно-образовательного учреждения;

В2. Проводить анализ энергопотребления системы централизованного теплоснабжения на основании заданной схемы и показаний узлов АСКУЭ и АСТУЭ.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 час.), семестр изучения – 2, распределение по видам работ представлено в табл. № 1.

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

| Вид работы | Форма обучения |
|-------------------------------------------------|------------------|
| | очная |
| | Семестр изучения |
| | 2 сем. |
| Кол-во часов | |
| Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану | 108 |
| Контактная работа, в том числе: | 32 |
| Практические занятия | 32 |
| Самостоятельная работа студента | 76 |
| Промежуточная аттестация, в том числе: | |
| Зачет | 2 сем. |

**Распределение трудоемкости по видам контактной работы для заочной формы обучения (при наличии) корректируется в соответствии с учебным планом заочной формы обучения.*



4.2 Содержание и тематическое планирование дисциплины

Таблица 2. Тематический план дисциплины

| Наименование разделов и тем дисциплины (модуля) | Сем. | Всего, час. | Вид контактной работы, час. | | | СРС |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|-----------------------------|----------------|-------------|-----|
| | | | Лекции | Практ. занятия | Лаб. работы | |
| 1. Топливо-энергетические ресурсы и необходимость измерения и учета ТЭР | 2 | 15 | - | 4 | - | 11 |
| 2. Приборный учет энергетических ресурсов | 2 | 15 | - | 4 | - | 11 |
| 3. Анализ фактического энергопотребления ТЭР | 2 | 15 | - | 4 | - | 11 |
| 4. Энергетические балансы | 2 | 17 | - | 6 | - | 11 |
| 5. Энергоаудит | 2 | 15 | - | 4 | - | 11 |
| 6. Мониторинг энергоэффективности. Автоматические информационно-измерительные системы | 2 | 17 | - | 6 | - | 11 |
| 7. Энергетический менеджмент | 2 | 14 | - | 4 | - | 10 |

**Распределение часов по разделам (темам) дисциплины для заочной формы обучения осуществляется научно-педагогическим работником, ведущим дисциплину.*

4.3 Содержание разделов (тем) дисциплин

Раздел 1. Топливо-энергетические ресурсы и необходимость измерения и учета ТЭР

1.1. Виды учета энергии и энергоносителей. Цели и задачи дисциплины «Методы энергетических обследований». Понятие учета расхода энергии и энергоносителей. Виды учета в системе документирования деятельности предприятий – оперативный, статистический, бухгалтерский. Натуральные измерители энергии (энергоносителей). Техничко-экономические показатели хозяйственной деятельности предприятий и организаций. Необходимость измерения и учета ТЭР.

1.2. Основные понятия, термины и определения: энергоснабжающая организация, потребитель энергии, средства учета, средства измерения, приборы учета, граница балансовой принадлежности, узел учета, тарифы, энергоноситель, энергоустановка, теплоустановка, электроустановка, топливо-энергетические ресурсы (ТЭР), первичные ТЭР, вторичные ТЭР, непродуцируемый расход ТЭР, рациональное использование ТЭР, топливо-энергетический баланс, показатель



энергетической эффективности, коэффициент полезного действия, коэффициент полезного использования, измерение, единство измерений.

Раздел 2. Приборный учет энергетических ресурсов

2.1. Общие требования к организации приборного учета энергоносителей. Средства измерения. Датчики. Измерительные преобразователи. Первичные и вторичные преобразователи физических величин в электрические сигналы. Нормированные электрические выходы преобразователей – токовые, потенциальные, специальные. Нормированные статические характеристики НСХ измерительных преобразователей. Вычислители.

2.2. Погрешность средств измерения. Абсолютная, относительная и приведенная погрешность и их взаимосвязь. Вычисления погрешности косвенных измерений на примере погрешности измерения тепловой энергии теплосчетчиком. Обеспечение единства средств измерения. Первичная поверка приборов. Межповерочный интервал.

2.3. Коммерческий и технический учет энергетических ресурсов. Виды узлов учета. Автоматизированные узлы учета, АСКУЭ, АСТУЭ. Измерительные комплексы. Процедура создания узлов коммерческого учета. Технические условия и техническое задание на проектирование. Проект узла учета. Допуск узла учета в техническую эксплуатацию.

2.4. Учет электрической энергии. Средства учета электрической энергии. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Электросчетчики. Общие требования к измерительным комплексам учета электрической энергии. Правила учета электрической энергии. Метрологические требования и поверка приборов учета. Многотарифный учет. Качество электроэнергии.

2.5. Учет тепловой энергии. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя. Классификация теплосчетчиков. Измерения температуры. Измерения давления. Измерения расхода и количества среды. Виды средств измерения расхода воды и водяного пара. Тахометрические расходомеры. Расходомеры переменного перепада давления. Вихревые расходомеры. Электромагнитные расходомеры. Ультразвуковые расходомеры. Вторичные средства измерения тепловой энергии и их классификация. Тепловычислители (контроллеры). Метрологические требования к узлам учета тепловой энергии.

2.6. Учет природных и технических газов. Правила учета природного газа. Метрологические требования к узлам коммерческого учета природного газа. Измерения температуры. Измерения давления. Измерения расхода и количества газа. Методы безопасного измерения горючих газов. Искробезопасные электрические цепи. Взрывозащищенные исполнения приборов.

Раздел 3. Анализ фактического энергопотребления ТЭР

3.1. Анализ потребления по данным приборного учета. Отчетные показатели УКУ. Журнал регистрации параметров на узле учета. Структура и состав карточки учета. Порядок составления карточек учета на узле коммерческого учета тепловой энергии. Основные методы анализа карточек учета. Метод теплового баланса.



Метод парных сравнений. Метод приведения. Особенности составления и анализа карточек учета узла природного газа.

3.2. Анализ фактического потребления энергоресурсов по данным УКУ, АСКУЭ и АСТУЭ. Расчетный способ учета показателей. Задачи расчета теплоэнергетических величин в точках слияния и разветвления потоков. Сводный баланс расчетных и измеренных энергопоказателей на основе норм расходов энергоносителей. Норма расхода энергии (топлива). Основные методологические положения по нормированию расхода ТЭР. Состав норм расхода.

3.3. Анализ энергоэкономических показателей предприятия. Натуральные энергоэкономические показатели. Приведенные натуральные показатели – удельное топливо, нефтяной эквивалент. Удельные показатели: энерговооруженность труда, электровооруженность труда по энергии, электровооруженность труда по мощности, энергоемкость основных производственных фондов, электроемкость основных производственных фондов, теплоэлектрический коэффициент, электротопливный коэффициент. Степень эффективности использования энергоресурсов.

Раздел 4. Энергетические балансы

Назначение энергобаланса. Классификация энергетических балансов. Частные (частичные) энергобалансы – тепловые и электрические. Энергобалансы по времени и стадии разработки – отчетные, текущие, перспективные, проектные. Энергобалансы по стадиям энергетического потока. Энергобалансы по качественным показателям – фактические, нормализованные, рациональные, оптимальные, идеальные. Приходные и расходные части энергобаланса. Сводный топливно-энергетический баланс. Составление топливно-энергетического баланса при определении потребности в различных видах топлива. Структура частей энергетического баланса. Энергофинансовые балансы.

Раздел 5. Энергоаудит

5.1. Нормативно-правовое обеспечение энергетических обследований. Федеральный закон ФЗ-261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности». Организация периодических энергетических обследований. Объекты и субъекты энергоаудита. Виды энергетических аудитов: предпусковой, первичный, периодический, внеочередной, локальный, экспресс-аудит. Требования к обследуемым потребителям ТЭР.

5.2. Методологическое обеспечение энергетического аудита. Приборное и инструментальное оснащение. Виды переносных расходомеров. Пирометры. Тепловизоры и программное обеспечение. Переносные приборы контроля качества электрической энергии.

5.3. Оформление результатов энергетического обследования. Отчет (акт) о проведенном энергоаудите установленной формы. Энергетический паспорт предприятия. Инструментально подтвержденный топливно-энергетический баланс. Рекомендации по повышению эффективности использования ТЭР. Оценка эффективности использования ТЭР на предприятии, организации.



Раздел 6. Мониторинг энергоэффективности. Автоматические информационно-измерительные системы

6.1. Мониторинг энергоэффективности производства и потребления топливно-энергетических ресурсов. Цели и задачи мониторинга. Инструментальные и аналитические методы организации мониторинга. Разработка функциональной структуры мониторинга энергоэффективности. Разработка фоновых задач и задач реального времени для системы управления мониторингом. Выделение объектов мониторинга. Разработка алгоритма функционирования мониторинга. Выбор технических средств системы управления мониторингом. Разработка документов, регламентирующих внедрение мониторинга энергоэффективности. Этапы внедрения энергомониторинга.

6.2. Автоматические информационно-измерительные системы. Назначение энергетических информационно-измерительных систем (АИИС). Автоматизированные системы коммерческого учета энергоносителей (АСКУЭ). Автоматизированные системы технического учета энергоносителей (АСТУЭ). Цели, задачи и функции АИИС. Схемы построения АИИС. Объекты низшего уровня. Транспортный уровень АИИС. Каналы связи: выделенные физические линии, коммутируемые каналы АТС, УКВ-радиоканалы, высокочастотные каналы связи по линиям электропередач, оптоволоконные каналы, линии GSM-связи. Принципы подхода к созданию АИИС промышленных предприятий.

Раздел 7. Энергетический менеджмент

7.1. Управление процессами энергоиспользования. Основные функции энергоменеджмента. Планирование энергопотребления предприятия. Этапы энергоменеджмента. Анализ текущей ситуации энергетических издержек предприятия. Внешние и внутренние воздействия. Анализ стратегии. Анализ структуры управления. Анализ кадрового потенциала. Анализ теплоэнергетических систем. Планирование улучшений. Формирование целевой области повышения энергоэффективности. Реализация системы энергоменеджмента. Комплексная целевая программа управления энергоиспользования. Функция организационно-управленческих и технических улучшений. Функция планирования инвестиций. Блок информационного и финансового обеспечения. Основные обязанности энергетического менеджера. Разработка стратегии программно-ориентированного управления. Система контроля энергоэффективности.

7.2. Потенциал энергосбережения, мероприятия по повышению энергетической эффективности. Понятие потенциала энергосбережения. Способ выбора идеального аналога. Расчет энергетического КПД. Теоретический потенциал энергосбережения. Суммарный резерв экономии энергии. Классификация мер по экономии энергии. Планирование энергосберегающих мероприятий. Категории энергосберегающих мероприятий. Стратегические мероприятия энергосбережения. Методы стимулирования энергосбережения. Нормативно-правовые аспекты энергосбережения.



5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для изучения дисциплины используются различные образовательные технологии:

1. Технологии проведения занятий в форме диалогового общения, которые переводят образовательный процесс в плоскость активного взаимодействия обучающегося и педагога. Обучающийся занимает активную позицию и престает быть просто слушателем семинаров или лекций. Технологии представлены: групповыми дискуссиями, конструктивный совместный поиск решения проблемы, тренинг (микрообучение и др.), ролевые игры (деловые, организационно-деятельностные, инновационные, коммуникативные и др.).

2. Для организации процесса обучения и самостоятельной работы используются информационно-коммуникационные образовательные технологии, представленные в виде педагогических программных средств и электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС). Технологии расширяют возможности образовательной среды, как разнообразными программными средствами, так и методами развития креативности обучаемых. К числу таких программных средств относятся моделирующие программы, поисковые, интеллектуальные обучающие, экспертные системы, программы для проведения деловых игр.

3. Кейс-технологии применяются как способ обучать решению практико-ориентированных неструктурированных образовательных научных или профессиональных проблем. Применяется как при чтении лекций, так и при проведении семинарских, практических и лабораторных занятий.

4. При реализации образовательной программы с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения:

- состав видов контактной работы по дисциплине (модулю), при необходимости, может быть откорректирован в направлении снижения доли занятий лекционного типа и соответствующего увеличения доли консультаций (групповых или индивидуальных) или иных видов контактной работы;

- информационной основой проведения учебных занятий, а также организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) являются представленные в электронном виде методические, оценочные и иные материалы, размещенные в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета, в электронных библиотечных системах и открытых Интернет-ресурсах;

- взаимодействие обучающихся и педагогических работников осуществляется с применением ЭИОС университета и других информационно-коммуникационных технологий (видеоконференцсвязь, облачные технологии и сервисы, др.);

- соотношение контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю) может быть изменено в сторону увеличения последней, в том числе самостоятельного изучения теоретического материала.



6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1 Основная литература

1. Стрельников Н. А. Энергосбережение : учебник. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. - 174 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47729>.

2. Максимчук О. В., Першина Т. А. Управление энергоэффективностью : учебник. - Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. - 94 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73619>.

3. Лыкин А. В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях : учебное пособие. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. - 115 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45212>.

4. Шахнин, В. А. Энергетическое обследование. Энергоаудит : курс лекций / В. А. Шахнин. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ) ; Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 144 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79732.html>.

5. Вострокнутов Н. Н. Устройство, свойства погрешности и поверка современных счетчиков электрической энергии : учебное пособие. - Москва : Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. - 108 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64349>.

6.2 Дополнительная литература

1. Данилов Н. И. Управление энергоэффективностью в экономике : учебное пособие : в 2 т. Т. 1. : Теоретические основы энергоэффективности / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков ; под общ. ред. д-ра. экон. н. проф. Н. И. Данилова. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – 304 с. - Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/36071>.

2. Данилов Н. И. Управление энергоэффективностью в экономике : учебное пособие : в 2 т. Т. 2. : Практика управления энергоэффективностью / Н. И. Данилов, В. Ю. Балдин, Я. М. Щелоков ; под общ. ред. д-ра. экон. н. проф. Н. И. Данилова. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – 388 с. - Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/36072>.

3. Хорольский, В.Я. Экономия электроэнергии в сельских электроустановках [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, А.В. Ефанов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93707>. — Загл. с экрана.

4. Максимчук О. В., Першина Т. А., Голикова Г. А., Борисова Н. И., Ивашова С. И. Концепция управления энергосбережением в жилищно-коммунальном хозяйстве: системный подход : монография. - Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. - 285 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73612>.



5. Васильченко В. И., Виноградов А. А., Гриб О. Г., Довгалюк О. Н., Килин С. В., Манов И. А., Михайлова М. Ю., Нестеров М. Н., Рожков П. П., Сапрыка А. В., Сендерович Г. А. Контроль и учет электроэнергии в современных системах электроснабжения : учебное пособие. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет, 2011. - 243 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28351>.

6. Коновалов, Б.И. Основы преобразовательной техники [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Б.И. Коновалов, В.С. Мишуров, В.Д. Семенов. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2006. — 97 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11528>. — Загл. с экрана.

7. Кобзев, А.В. Энергетическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Кобзев, В.Д. Семенов, Б.И. Коновалов. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2010. — 164 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10934>. — Загл. с экрана.

6.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы:

1. Научная электронная библиотека. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Публичная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.plib.ru/>
3. Электронная библиотека. Режим доступа: <http://stratum.pstu.as.ru>

Программное обеспечение:

1. Операционная система Windows.
2. Офисная система Office Professional Plus.

Информационные системы и платформы:

1. Система дистанционного обучения «Moodle».
2. Информационная система «Таймлайн».
3. Платформа для организации и проведения вебинаров «Mirapolis Virtual Room».

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического обеспечения для реализации образовательного процесса по дисциплине:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа.
2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского (практического) типа, проведения групповых и индивидуальных консультаций, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.
3. Лаборатория проектирования энергосистем



Учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

4. Помещения для самостоятельной работы.

