

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Электроснабжения и электротехники»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры электроснабжения и электротехники

Протокол №12 от 18 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЭНЕРГОАУДИТ СЭС»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Энергоэффективность, энергоаудит и управление энергохозяйством

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Пузина Елена Юрьевна Дата подписания: 08.06.2025
--

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил: Шакиров Владислав Альбертович Дата подписания: 18.06.2025
--

Документ подписан простой электронной подписью Согласовал: Сулов Константин Витальевич Дата подписания: 09.06.2025
--

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Энергоаудит СЭС» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-4 Способен применять знания, умения, навыки управления проектами при эксплуатации и ремонте электрического оборудования	ПК-4.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-4.2	Находит нестандартные решения профессиональных задач, применяет современные методы и средства исследования	Знать современные естественнонаучные и прикладные задачи электроэнергетики и электротехники, методы и средства их решения в научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической деятельности; технологии и средства обработки информации и оценки результатов применительно к решению профессиональных задач; Уметь находить нестандартные решения профессиональных задач применять современные методы и средства исследования проектирования, технологической подготовки производства и эксплуатации электроэнергетических и электротехнических объектов; Владеть современными измерительными и компьютерными системами и технологиями, навыками оформления представления и защиты результатов решения.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Энергоаудит СЭС» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Энергосберегающие технологии», «Управление энергохозяйством», «Приборное обеспечение энергоаудита»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	26	26
лекции	13	13
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	13	13
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	46	46
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Раздел 1. Объекты энергоаудита	1	3			1	2	1, 2	15	Устный опрос
2	Раздел 2. Задачи энергоаудитора	2	2			2, 3	4	1	7	Устный опрос
3	Раздел 3. Документальная информация, необходимая для проведения энергоаудита	3	4			4	2	1	7	Устный опрос
4	Раздел 4. Контролируемые параметры при проведении энергообследован ия электрических сетей	4	2			5	2	1	7	Устный опрос
5	Раздел 5. Функции энергоаудитора	5	2			6	3	1	10	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		13				13		82	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Раздел 1. Объекты энергоаудита	Тема 1.1 Главные понижающие подстанции, распределительные устройства Тема 1.2 Трансформаторные подстанции Тема 1.3 Электрические сети напряжением до 1000 В и выше Тема 1.4 Режимы электропотребления Тема 1.5 Система учета электрической энергии
2	Раздел 2. Задачи энергоаудитора	Тема 2.1 Определение потерь в элементах системы электроснабжения Тема 2.2 Определение плановой величины электропотребления Тема 2.3 Определение технологической и аварийной защит Тема 2.4 Составление баланса электропотребления по технологиям, по подразделениям и объектам в целом с учетом видов нагрузки (освещение, силовые и электротехнологические потребители до 1000 В и выше) Тема 2.5 Оценка эффективности электропотребления Тема 2.6 Определение потенциала энергосбережения Тема 2.7 Разработка рекомендации по внедрению энергосберегающих мероприятий
3	Раздел 3. Документальная информация, необходимая для проведения энергоаудита	Тема 3.1 Проектные решения на понижающих подстанциях и электрических сетях объекта, перспективы развития Тема 3.2 Отчетная документация Тема 3.3 Однолинейная схема подстанции с указанием параметров трансформаторов, коммутационной аппаратуры, устройств компенсации реактивной мощности и приборов учета электроэнергии Тема 3.4 Однолинейная схема распределения электроэнергии по объекту, что потребляет ТЭР, с указанием на ней параметров линий питания (тип, сечение, длина, способ прокладки). Тема 3.5 Суточные графики активного и реактивного режима электрической нагрузки Тема 3.6 График коэффициента мощности. Тема 3.7 Кабельные журналы Тема 3.8 Эксплуатационная документация Тема 3.9 Документация на контрольно-измерительную аппаратуру подстанций и цехов
4	Раздел 4. Контролируемые параметры при	Тема 4.1 Напряжение, ток, сопротивление, частота, активная и реактивная мощность, расходы активной и реактивной энергии за определенный

	проведении энергообследования электрических сетей	период, коэффициент мощности, показатели качества электроэнергии
5	Раздел 5. Функции энергоаудитора	Тема 5.1 Внешний осмотр системы электроснабжения

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Выбор сечения проводов воздушных линий электропередач	2
2	Графики электрических нагрузок	2
3	Схемы замещения линий электропередачи, трансформаторов и автотрансформаторов	2
4	Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях	2
5	Падение напряжения в элементах электрических сетей	2
6	Регулирование напряжения изменением коэффициента трансформации трансформаторов	3

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	38
2	Проработка разделов теоретического материала	8

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Задания и требования к отчетным материалам для всех тем и разделов практических занятий лабораторных работ (практических занятий) аналогичен. Студентам заранее назначается соответствующая тема и её раздел (разделы), которые они должны изучить на основе лекционного материала. Они должны приготовить краткие тезисы по данной теме. По итогам практического занятия, которое проводится в форме: семинара в диалоговом

режиме или в форме групповой дискуссии, или разбора конкретной ситуации, студенты готовят краткий реферат по изученной теме (разделу). Рекомендуется привлекать дополнительный материал на основе информации, полученной из ИНТЕРНЕТ ресурсов.

- Изучение некоторых терминов и определений, принятых в электроэнергетике на конкретных примерах. (тема: Принципы государственного регулирования тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации (с позиций энергосбытовой деятельности), раздел Терминология).

Цель занятия: Изучить такие термины и определения, как:

- ценообразование в электроэнергетике, тарифы на электрическую и тепловую энергию, рыночная (свободная цена), регулируемая деятельность в электроэнергетике, энергоснабжающая организация (ЭСО), РАО «ЕЭС России», Оптовый рынок электрической энергии и мощности;

Ход занятия: проходит в форме семинара в диалоговом режиме или в форме групповой дискуссии, или разбора конкретной ситуации.

Основные рекомендации по выполнению заданий. Студенты должны особо обратить внимание на:

- понятие «оплачиваемые услуги в электроэнергетике»;
- понятие «энергоснабжающая организация» при любых формах собственности;
- структуру субъектов ОРЭМ.
- Изучение конкретных статей и положений Федеральных законов № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»; №41-ФЗ «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» (тема: Нормативно-правовая база, регулирующая взаимоотношения энергоснабжающих организаций и потребителей, раздел: Законы).

Цель занятия: Изучить основные концептуальные положения данных Федеральных законов, составляющих основу построения и функционирования электроэнергетики России.

Ход занятия: проходит в форме семинара в диалоговом режиме или в форме групповой дискуссии.

Основные рекомендации по выполнению заданий. Студенты должны особо обратить внимание на:

- термины и определения, на которые опираются данные законы;
- структуру управления электроэнергетикой;
- роль, права и обязанности субъектов отношений в электроэнергетике;
- где и как разграничены отношения: регулируемая деятельность и конкуренция;
- что происходит в настоящее время в сфере законодательства по электроэнергетике.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа выполняется с целью закрепления теоретического материала дисциплины. В процессе выполнения работы студент самостоятельно работает с технической и справочной литературой, углубляет теоретические знания, овладевает навыками выполнения инженерных расчетов.

Задание на самостоятельную работу (по вариантам):

- составить баланс электропотребления по технологиям, по подразделениям и объекта в целом с учетом видов нагрузки (освещение, силовые и электротехнологические потребители до 1000 В и выше);
- оценить эффективность электропотребления;
- определить потенциал энергосбережения;
- разработать рекомендации по внедрению энергосберегающих мероприятий.

В системы электроснабжения входят понижающие трансформаторы и электрические сети напряжением 0.4 кВ или 10 кВ.

Задачи энергетического обследования:

- составить баланс электропотребления как по всем подразделениям, так и по видам нагрузки;

- провести анализ электропотребления и предложить энергосберегающие мероприятия.

Необходимые действия:

Составить схему электроснабжения предприятия. Схема составляется от точки раздела с энергосистемой до энергоприемников. На схеме электроснабжения намечаются точки, в которых нужно проводить инструментальное исследование.

Для составления баланса электроэнергии и получения общей картины энергопотребления проводятся обследования каждой из подстанций и наиболее крупных потребителей с использованием анализатора электропотребления и измерительных микропроцессорных клещей.

Необходимо помнить, что при составлении баланса всегда нужно сопоставлять величины, полученные суммированием по отдельным подстанциям и потребителям, с общим электропотреблением, снятым со счетчиков на вводах (как правило коммерческих).

Это подтвердит корректность полученных данных и позволит убедиться, что вся основная нагрузка была учтена.

Измеряемые параметры:

Для понижающих трансформаторов записываются показания счетчиков активной и реактивной энергии через каждый час в течение суток и показатели качества напряжения (отклонения колебания несимметрию и несинусоидальность) в течение суток.

Для сетей до и выше 1000 В определяются их параметры (тип, сечение, длина, способ прокладки) и записываются графики изменения тока в период максимума нагрузки в течение часа.

Измеряются суточные и недельные графики напряжении токов активной и реактивной мощности по отдельным трансформаторам и фидерам, температуры контактов и проводников.

Анализируется пиковая мощность коэффициент загрузки трансформаторов и кабелей, несимметрия фаз, $\cos \phi$, нестабильность напряжения гармонические искажения.

Возможные рекомендации по энергосбережению:

Выравнивание графика нагрузки, более полная загрузка трансформаторов, установка фильтров, стабилизаторов и компенсаторов реактивной мощности, установка диспетчерских систем, симметрирование фаз.

Перевод внешних и внутренних сетей на повышенное напряжение и реконструкция сетей.

Включение под нагрузку резервных линий электропередачи.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

выборочный устный опрос во время занятий

Критерии оценивания.

1) полнота и правильность ответа;

2) степень осознанности, понимания изученного;

При ответе в полном объеме, студент оценивается как «хорошо», при частичном (50% ответа) – «удовлетворительно», при отсутствии правильных ответов – «неудовлетворительно».

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-4.2	знание: научных методов оценки энергоэффективности, экономической целесообразности, технологической состоятельности при проведении экспертизы предлагаемых проект-но-конструкторских решений и новых технологических решений в разных отраслях; - владение современными методами оценки энергетического совершенства новых технологий и определения возможного теоретического потенциала и резервов экономии энергии;	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практического задания

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в форме устного опроса по билетам (вопросам) или без билетов, с предварительной подготовкой. Экзаменатор вправе задавать вопросы сверх билета, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи по программе данного курса.

Пример задания:

Понятие энергетического аудита.

2. Нормативно-правовая база.
3. Основные этапы энергетического аудита.
4. Методология энергетического аудита.
5. Простой энергоаудит.
6. Комплексный энергоаудит.
7. Профиль использования энергии.

8. Расчет потребленного топлива.
9. Интегрирование показателей переносных измерителей.
10. Регрессионный анализ.
11. Проверочный тест.
12. Анализ потоков энергии.
13. Системы вентиляции и кондиционирования.
14. Системы охлаждения.
15. Парогенерирующие котлы.
16. Теплообменники.
17. Оценка потребления энергоресурсов.
18. Освещение.
19. Перекрестная проверка данных.
20. Входной/выходной топливно-энергетический баланс.
21. Эффективность использования энергии.
22. Баланс массы пара и конденсата.
23. Сравнение с показателями работы.
24. Отчет по энергоаудиту.
25. Приборы и методы проведения инструментальных обследований при энергоаудите.
26. Общие положения.
27. Инструментальное исследование графиков нагрузки.
28. Инструментальное обследование показателей качества электроэнергии.
29. Инструментальное обследование систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования зданий.
30. Инструментальное обследование котельных.
31. Инструментальное обследование систем освещения.
32. Тепловой контроль.
33. Общие положения.
34. Средства теплового контроля.
35. Порядок проведения теплового контроля.
36. Концепция построения энергоаудиторской лаборатории.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения.	достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и владения.	приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и владения.	результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям

7 Основная учебная литература

1. Котомкин В. Н. Энергоаудит. Разработка энергосберегающих проектов для зданий : учебное пособие для вузов / В. Н. Котомкин, 2023. - 288.
2. Солонина Н. Н. Приборное обеспечение энергоаудита : электронный курс / Н. Н. Солонина, З. В. Солонина, 2023

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Кожевников Н. Н. Практические рекомендации по использованию методов оценки экономической эффективности инвестиций в энергосбережение : пособие для вузов / Н. Н. Кожевников, Н. С. Чинакаева, Е. В. Чернова, 2000. - 129.
2. Половнева С. И. Методические указания для лабораторных работ по дисциплине "Приборы энергоаудита" / С. И. Половнева, 2017. - 39.
3. Арутюнян А. А. Основы энергосбережения: методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект / А. А. Арутюнян, 2007. - 593.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор ViewSonic PJ5134 (Разрешение 1024*768; Мощность лампы 190Вт; Расстояние проекционное 1-12м; Размер проекции по диагонали 0,6-7,6 м)