

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

по учебной работе

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

О.И.Родькин



2022 г.

Регистрационный № УД-114/22 уч.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-43 01 06 Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент

2022 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-43 01 06-2021 от _____ 2021 г. и учебных планов учреждения образования рег. № 133-21/уч. от 14.05.2021 г. и № 136-21/ уч.инт.з. от 14.05.2021 г. по специальности 1-43 01 06 Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В. А. Пашинский, заведующий кафедрой энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 30.10.2022 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 31 10.2022 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Использование энергоресурсов в различных отраслях экономики объективно для всех стран и сохранится в XXI веке. Валовый внутренний продукт и комфортность жизни корреляционно определяются энергопотреблением, производительность труда – энерговооруженностью. Рациональное потребление энергоресурсов на душу населения актуально для Республики Беларусь, где годовое их вдвое ниже, чем в США.

Уровень же удельных и общих расходов энергоресурсов недопустимо высок практически на все виды выпускаемой продукции (ВВП). Энергоемкость национального дохода в 1,6–2,0 раза выше, чем в развитых странах. За последние 15 лет энергоемкость ВВП в РБ уменьшилась на 55–60 %.

Эффективность использования энергоресурсов — важнейшая часть обеспечения энергетической безопасности страны. Энергетической стратегией Республики Беларусь на период до 2020 г. предусмотрено инновационное и опережающее развитие отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК), обеспечивающее производство конкурентоспособной продукции на уровне мировых стандартов при безусловном надежном и эффективном энергообеспечении всех отраслей экономики и населения.

Одной из важнейших задач ближайшего периода является создание новых организационных основ для эффективного развития и функционирования энергетики в условиях рыночных отношений. При этом снижение удельного расхода топлива на производство электроэнергии должно составить 25 – 30 г у.т./кВт·ч, тепловой энергии 15-20 кг у.т./Гкал.

Дисциплина "Эффективность энергетических систем" является неотъемлемым звеном подготовки, специалистов в области энергоэффективных технологий. Полученные знания в дальнейшем используются при выполнении дипломного проекта и решении проблем энергоэффективности систем энергоснабжения предприятий.

Цель дисциплины – формирование профессиональных знаний, умений и практических навыков в области эффективного производства, транспорта и потребления электрической и тепловой энергии.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование и развитие у студента социально-профессиональной компетенции, позволяющей сочетать академические, профессиональные, социально-личностные компетенции для решения задач в сфере профессиональной и социальной деятельности;

- формирование профессиональных компетенций для работы в области эффективного использования топливно-энергетических ресурсов в народном хозяйстве Республики Беларусь.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких специальных дисциплин как: «Техническая термодинамика», «Теплопередача», «Электротехника и промышленная электроника», «Энергопотребление в зданиях и сооружениях», «Производство, транспорт и потребление тепловой энергии», «Производство, транспорт и потребление

электрической энергии», «Энергетический аудит и менеджмент», а также других дисциплин изучаемых студентом в соответствии с учебным планом его профессиональной подготовки.

Подготовка специалиста в рамках дисциплины «Эффективность энергетических систем» должна обеспечить формирование следующих групп академических компетенций:

- овладение базовыми научно-теоретическими знаниями, а также умением применять их для решения теоретических и практических задач в области энергетики;

- владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

- быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

- проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

- быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

- понимать и разрабатывать пути повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве и других отраслях;

- выполнять анализ энергетических балансов технологических процессов для создания и внедрения нового энергоэффективного оборудования и технологий;

- применять энергоэффективные технологии и устройства с использованием возобновляемых и вторичных энергетических ресурсов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- законодательные, нормативные документы и стандарты Республики Беларусь регламентирующие контроль, оценку эффективности использования ТЭР в комплексах взаимосвязанных энергетических систем предприятий и установок получения, преобразования, транспорта энергии в системах энергоснабжения;

- систему и формы государственной статистической отчётности по использованию предприятиями ТЭР;

- основы территориального энергоснабжения;

- основные методы системного подхода, принципы планирования и прогнозирования нагрузок по видам энергоносителей и учётом их динамики в технологических производствах энергетических систем генерирующих предприятий и технологических производствах систем энергоснабжения установок, систем преобразования и транспорта энергии;

уметь:

- определить и оценить потенциал энергосбережения в экономике энергетических систем предприятий и основные направления реализации

резервов энергосбережения, определить и оценить принципы и вероятность использования местных видов топлива и энергии, получаемой от возобновляемых источников энергии;

- разрабатывать энергетические балансы источников энергии и систем энергоснабжения предприятий, разработать и предложить технические решения по достижению эффективности использования энергии в системах энергоснабжения производств;

владеть:

- аналитическими методами определения энергетических нагрузок, по видам энергоносителей, источников энергии, систем энергоснабжения и энергопотребляющим оборудованием в технологических процессах организаций в базовом варианте;

- методами разработки и анализа энергетических балансов, по видам энергоносителей, источников энергии, систем энергоснабжения и энергопотребляющим оборудованием в технологических процессах организаций в базовом варианте;

- методами разработки и анализа энергетических балансов, по видам энергоносителей, источников энергии, систем энергоснабжения и энергопотребляющим оборудованием в технологических процессах организаций в предлагаемом проектном варианте при разработке технических решений, по достижению эффективности использования энергии в системах энергоснабжения производственных процессов организации;

- методами сравнительного анализа и оценки эффективности использования энергии в системах энергоснабжения предприятий в проектном варианте, относительно базового варианта;

- методами выполнения укрупнённых расчётов по обоснованию инвестиций в реализацию технических решений, предлагаемых в результате оценки эффективности использования энергии в системах энергоснабжения предприятий.

В соответствии со стандартом специальности и учебным планом дисциплина «Эффективность энергетических систем» изучается в объеме 144 часов, в т. ч. 80 аудиторных часов – очная форма обучения и 16 аудиторных часов – заочная форма обучения. Из них для очной формы обучения 40 часа лекций и 40 часов практических занятий, для заочной формы обучения 8 часов лекций и 8 часов практических занятий.

Студенты выполняют курсовую работу по дисциплине на тему «Повышение класса энергоэффективности жилого здания». На выполнение курсовой работы отводится 40 часов. Задание на проектирование для студентов заочной формы образования выдается на установочной сессии. Выбор варианта проектирования производится по учебно-методическому пособию к выполнению курсовой работы по дисциплине «Производство, транспорт и потребление электроэнергии» для студентов специальности 1-43 01 06 Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент. Цель

выполнения курсовой работы – формирование профессиональных знаний и практических навыков в области эффективного использования энергоресурсов.

Форма получения высшего образования – очная и заочная.

Форма текущей аттестации – экзамен в 7 семестре (очная форма получения высшего образования), в 9 семестре – заочная. Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, а курсовой работы 1 зачетная единица.

Содержание учебного материала

Раздел 1. Эффективность систем теплоснабжения

1 Критерии эффективности источников энергии

Структура энергетических систем, ТЭЖ. Источники энергии и их структура. Топливо – первичный энергетический ресурс. Критерии эффективности источников энергии и энергетических систем. Виды, классификация и расчётные характеристики топлив.

2 Оптимальный режим эксплуатации котельных установок

Определение потерь тепла, коэффициента полезного действия котельного агрегата при производстве тепла с рабочим телом водяной пар, или сетевая вода.

Эффективная эксплуатация топочных устройств. Мероприятия для повышения коэффициента полезного действия котельного агрегата. Снижение потерь тепла в окружающую среду нагретыми поверхностями.

Оптимальный режим работы котельных установок (общие замечания). Экономичное распределение нагрузок между котельными агрегатами. Поддержание оптимальных параметров вырабатываемых теплоносителей. Экономические вопросы, возникающие в котельных установках при их переводе на топливо не предусмотренные в проекте.

Использование и схемы использования тепла непрерывной продувки котельных агрегатов. Сокращение потерь и снижение не обоснованного невозврата источнику конденсата водяного пара.

Учёт расхода топлива и выработки тепла, автоматизация, теплотехнический контроль в котельных установках. Экономия топлива при автоматизации котельных установок.

3 Экономия топлива при рациональном устройстве и эксплуатации котельных установок

Общие требования к устройству и эксплуатации складов топлива. Экономия топлива при рациональном устройстве эксплуатации складов твёрдого и жидкого топлива.

4 Паротурбинные установки

Влияние параметров водяного пара на их экономичность. Тепловые характеристики турбин, некоторые режимные мероприятия, схемы

регенерации, расширение использования водяного пара из отборов турбин, перевод конденсационных турбин на режим ухудшенного вакуума. Оснащение турбин приборами контроля и автоматикой.

5 Системы транспорта водяного пара и сетевой воды

Устранение технически не оправданных гидравлических сопротивлений в системах транспорта рабочих тел (водяной пар и сетевая вода). Тепловая изоляция трубопроводов систем теплоснабжения, расчёты и выбор.

6 Расчёты экономической эффективности мероприятий по экономии топлива

Общие вопросы. Экономическая эффективность устройств: возврата конденсата водяного пара, использования тепла продувочной воды, автоматизации регулирования процессов горения топлива и других тепловых процессов. Экономическая эффективность выбора варианта модернизации котельного агрегата.

Себестоимость энергии. Коэффициенты полезного действия источников энергии. Определение рентабельности и окупаемости технических решений, принимаемых в направлении эффективной работы источников энергии.

7 Эффективность энергетических систем как один из факторов, обеспечивающих снижения экологической нагрузки на окружающую среду

Взаимная связь и влияние эффективности энергетических систем на снижение экологической нагрузки окружающей среды. Эффективность потребления традиционного котельно – печного топлива, как первичного энергоресурса, за счёт использования ВЭР. Снижение потребления традиционного котельно – печного топлива, как первичного энергоресурса, при производстве тепла и электрической энергии оборудованием, работающим от возобновляемых источников энергии.

Раздел 2. Эффективность систем электроснабжения

8 Основные термины и определения

Общая характеристика систем электроснабжения. Основные группы потребителей электроэнергии. Основные задачи и условия функционирования систем электроснабжения.

Основные термины и определения. Классификация электрооборудования. Электроэнергетические системы.

9 Энергоэффективность производства электроэнергии

Традиционная энергетика и её характеристики. Базовая электроэнергетика. Резервная электроэнергетика. Атомная электроэнергетика. Основные факторы, эффективность производства электроэнергии в РБ.

Сравнительная характеристика различных способов производства электроэнергии.

Показатели качества электрической энергии. Нормы качества электрической энергии (КЭ) в системах электроснабжения общего назначения. Оценка соответствия показателей КЭ установленным нормам в условиях эксплуатации. Требования к погрешности измерений показателей КЭ. Способы расчета и методики определения показателей КЭ и вспомогательных параметров. Контроль КЭ и основные требования к цифровым средствам измерений. Влияние качества электроэнергии на функционирование электроприемников.

10 Энергоэффективность транспортировки электрической энергии

Режимы работы электроэнергетических систем. Классификация режимов ЭЭС. Переходные режимы и процессы. Регулирование напряжения в электрических сетях. Регулирование частоты и мощности в энергосистеме.

Электрические схемы электростанций и подстанций. Основные требования, предъявляемые к схемам распределительных устройств электроустановок. Схемы применяемые на среднем и высшем напряжениях. Электроснабжение собственных нужд электростанций и подстанций. Механизм потерь в силовых трансформаторах. Механизм потерь в электрических сетях.

11 Энергоэффективность потребления электрической энергии

Энергосбережение в осветительных установках. Пути экономии электрической энергии в осветительных установках. Определение расхода электрической энергии осветительными установками. Сравнительная оценка эффективности осветительных установок. Мероприятия по повышению коэффициента мощности осветительных установок. Мероприятия по экономии электрической энергии в проектируемых осветительных установках включая организационные и технические.

Энергосбережение в электроприводе. Оценка энергетических показателей асинхронных электродвигателей (АД). Определение оптимального коэффициента нагрузки АД. Энергосбережение при ограничении холостого хода АД и регулировании подачи центробежных машин путем изменения скорости вращения ротора электропривода. Энергосбережение при переходных процессах в электроприводе и замене нерегулируемого электропривода вентилятора с дросселированием потока на нерегулируемый с трехскоростным электродвигателем.

Энергосбережение в термическом оборудовании. Классификация электротехнологических установок. Тепловой расчет электротермического оборудования. Повышение эффективности электропотребления электротермического оборудования.

Учебно-методическая карта дисциплины (для очной формы получения высшего образования)

Номер раздела темы	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля занятий
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия	Иное		
Раздел 1. Эффективность систем теплоснабжения								
1	Критерии эффективности источников энергии	2	2					Защита отчетов
2	Оптимальный режим эксплуатации котельных установок	4	4					Защита отчетов
3	Экономия топлива при рациональном устройстве и эксплуатации котельных установок	4	4					Защита отчетов
4	Паротурбинные установки	2	2					Защита отчетов
5	Системы транспорта водяного пара и сетевой воды	2	2					Защита отчетов
6	Расчёты экономической эффективности мероприятий по экономии топлива	2	2					Защита отчетов
7	Эффективность энергетических систем как один из факторов, обеспечивающих снижения экологической нагрузки на окружающую среду	4	4					Защита отчетов
Раздел 2. Эффективность систем электроснабжения								
8	Основные термины и определения	4						Защита отчетов
9	Энергоэффективность производства электроэнергии	4	6					Защита отчетов
10	Энергоэффективность транспортировки электрической энергии	4	6					Защита отчетов
11	Энергоэффективность потребления электрической энергии	8	8					Защита отчетов
	В с е г о	40	40					Экзамен

Учебно-методическая карта дисциплины (для заочной форма получения высшего образования)

Номер раздела темы	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля занятий
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия	Иное		
Раздел 1. Эффективность систем теплоснабжения								
2	Оптимальный режим эксплуатации котельных установок	2	2					Защита отчетов
6	Расчёты экономической эффективности мероприятий по экономии топлива	2	2					Защита отчетов
	Итого по разделу 1. Эффективность систем теплоснабжения	4	4					Защита отчетов
Раздел 2. Эффективность систем электроснабжения								
10	Энергоэффективность транспортировки электрической энергии							Защита отчетов
11	Энергоэффективность потребления электрической энергии							Защита отчетов
	Итого по разделу 2. «Эффективность систем электроснабжения»	4	4					Защита отчетов
	В С Е Г О по дисциплине	8	8					Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО – МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Инновационные подходы и методы преподавания дисциплины

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие инженерной культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Перечень методических средств (наглядных и других пособий, методических указаний, специального программного обеспечения и т. п.)

№ п.п.	Наименование или назначение	Вид
1	NEC	Компьютерная мультимедийная проекционная система
2	Microsoft Windows	Операционная система
3	Microsoft и Novell	Сетевое программное обеспечение
4	Microsoft Office	Прикладное программное обеспечение
5	SolidWorks	
6	Microsoft Visio	Прикладное программное обеспечение
7	AutoCAD	Система автоматизированного проектирования

Практические занятия по разделу «Эффективности систем теплоснабжения»

Порядковый № темы в курсе	НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМЫ
1	Критерии эффективности источников энергии и энергетических систем
2	Определение потерь тепла, коэффициента полезного действия котельного агрегата при производстве тепла с рабочим телом водяной пар, или сетевая вода
3	Экономичное распределение нагрузок между котельными агрегатами.

4	Сокращение потерь и снижение не обоснованного невозврата источнику конденсата водяного пара
5	Экономия топлива при рациональном устройстве эксплуатации складов твёрдого и жидкого топлива
6	Влияние параметров водяного пара на их экономичность
7	Щих устройств
7	Экономическая эффективность устройств: возврата конденсата водяного пара, использования тепла продувочной воды, автоматизации регулирования процессов горения топлива и других тепловых процессов
7	Себестоимость энергии. Коэффициенты полезного действия источников энергии

Практические занятия по разделу «Эффективности систем электроснабжения»

Порядковый № темы в курсе	НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМЫ
10	Минимизация потерь в силовых трансформаторах при изменении режима нагрузки
10	Расчет и выбор компенсирующих устройств
11	Энергосбережение при переходных процессах в электроприводе
11	Расчет энергетических показателей асинхронного электродвигателя
11	Определение оптимального коэффициента нагрузки асинхронного электродвигателя, целесообразность замены его меньшей мощностью
11	Оценка энергосбережения при ограничении холостого хода АД и при увеличении коэффициента загрузки рабочих машин
11	Оценка энергосбережения при регулировании подачи центробежных машин путем изменения скорости вращения ротора АД

Литература

Основная

1. Головатый, С. Е. Охрана окружающей среды и энергосбережение : учеб. пособие / С. Е. Головатый, В. А. Пашинский / Под общей редакцией С.Е.Головатого – Минск: РИПО, 2021. – 304 с.
2. Проектирование объектов возобновляемой энергетики : учеб. пособие / А. Н. Баран [и др.]. – Минск : РИВШ, 2020. – 440 с.
3. Закон Республики Беларусь об энергосбережении, принят Палатой представителей 11 декабря 2014 г., одобрен Советом Республики 18 декабря 2014 г.
4. СТБ П 1774-2007 Энергетический паспорт потребителя топливно-энергетических ресурсов. Госстандарт, г. Минск.
5. Энергопотребление в зданиях и сооружениях: учеб.-метод. пособие к выполнению практических занятий для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент». В 2-х ч. Ч. 1. / сост. В. А. Пашинский, А. Н. Баран, А. А. Бутько. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 137 с.
6. Энергопотребление в зданиях и сооружениях: учеб.-метод. пособие к выполнению практических занятий для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент». В 2-х ч. Ч. 2. / сост. В. А. Пашинский, А. Н. Баран, А. А. Бутько. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020 – 141 с.

Дополнительная

7. Директива Президента Республики Беларусь № 3 от 14.06.2007 г. «Экономия и бережливость – факторы экономической безопасности государства».
8. СТБ 1770 – 2009. Энергосбережение. Основные требования и определения. Госстандарт, г. Минск.
9. СТБ П 1771-2007 Энергосбережение. Энергопотребляющее оборудование. Классификация. Показатели энергоэффективности. Госстандарт, г. Минск.
10. СТБ П 1772-2007 Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергоэффективности энергопотребляющей продукции установленным значениям. Госстандарт, г. Минск.
11. СТБ П 1773-2007 Энергосбережение. Показатели энергоэффективности. Порядок внесения в техническую документацию. Госстандарт, г. Минск.

12. СТБ П 1774-2007 Энергетический паспорт потребителя топливно-энергетических ресурсов. Госстандарт, г. Минск.
13. СТБ П 1775-2007 Энергосбережение. Классификация показателей. Общие положения. Госстандарт, г. Минск.
14. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь. Утверждено постановлением Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь 19 ноября 2002г. № 9.
15. Инструкция о нормировании расходов топливно – энергетических ресурсов для котельных номинальной производительностью 0,5 Гкал/ч и выше. Утверждено Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь 12 июня 2002 г. № 34.
16. Методические рекомендации по составлению технико – экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь, г. Минск, 2017.
17. ТКП 45 – 4. 02 – 182 – 2009 (02250) «Тепловые сети. Строительные нормы проектирования». Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Минск, 2009.
18. ТКП 45 – 4. 02 – 183 – 2009 (02250) «Тепловые пункты. Правила проектирования». Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Минск 2010
19. ТКП 45 – 2. 04 – 43 – 2006 (02250). Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Минск 2007
20. ТКП 45 – 2. 04 – 153 – 2009 (02250). Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования». Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Минск 2010.
21. Аракелов А.Е., Крамер А.И. Методические вопросы экономии энергоресурсов. М.: Энергоатомиздат,199.
22. Падалко Л.П. Экономика и управление в энергетике: Справ. пособие, Мн.:Высш. школа, 1987.
23. Шишов А. Н., Бухаринов Н.Г., Таратин В.А., Шнеерова Г.В.; Под ред. А. Н. Шишова Экономика энергетики М.: Высш. шк., 1986-352 с.: ил.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
Электротехника	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 2 от 30.09.2022 г.
Энергопотребление в зданиях и сооружениях	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 2 от 30.09.2022 г.
Производство, транспорт и потребление тепловой энергии	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 2 от 30.09.2022 г.
Производство, транспорт и потребление электрической энергии	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 2 от 30.09.2022 г.
Энергопреобразующие машины	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 2 от 30.09.2022 г.
Теплопередача	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 2 от 30.09.2022 г.

Согласовано:

Зав. кафедрой энергоэффективных технологий

В.А.Пашинский