

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

«21» июня 2022 г.

Регистрационный № УД-1161 уч.

## ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

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:**

А. А. Бутько, старший преподаватель кафедры энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой энергоэффективных технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 27.05.2022 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 21.06.2022 г.)

## Пояснительная записка

Дисциплина «Вторичные энергетические ресурсы» является неотъемлемым звеном подготовки специалистов в области энергоэффективных технологий.

Эффективное использование вторичных энергоресурсов, требует высококвалифицированных кадров, подготовка которых ведется в рамках специальности «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент». Содержание курса включает вопросы использования вторичных энергоресурсов в различных отраслях промышленности, подхода к постановке и решению проблем эффективного их применения, и принципах функционирования, достоинствах и недостатках в практическом применении.

**Цель учебной дисциплины** – формирование профессиональных знаний, умений и практических навыков в области использования вторичных энергетических ресурсов.

### **Задачи учебной дисциплины:**

- изучить организацию использования вторичных энергоресурсов в промышленности;
- изучить состояние и перспективы использования вторичных энергоресурсов в промышленности;
- изучить схемы утилизации и конструкцию утилизационного оборудования;
- изучить рациональные направления использования вторичных энергоресурсов и оценки эффективность капиталовложений.

В итоге освоения учебной дисциплины студент должен

### **знать:**

- состояние использования вторичных энергоресурсов в промышленности;
- эксплуатационные особенности установок для внешнего и внутреннего энергетического использования вторичных энергоресурсов;
- методы планирования использования вторичных энергоресурсов в топливно-энергетическом балансе промышленного предприятия;

### **уметь:**

- рассчитывать базовые процессы и устройства для утилизации вторичных энергоресурсов;
- оценивать экономическую эффективность различных направлений использования вторичных энергоресурсов;

### **владеть:**

- методами оценки выхода и возможного использования вторичных энергоресурсов в основных технологических процессах;
- методами определения экономии топлива за счет использования вторичных энергоресурсов;

При освоении учебной дисциплины студент должен обладать **компетенциями:**

- работать в команде, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные, культурные и иные различия;
- проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;
- применять навыки для проведения расчетов оценки выхода вторичных энергетических ресурсов, оптимизации процессов их утилизации и экономически целесообразного включения ВЭР структуру топливно-энергетического баланса предприятия;
- понимать и разрабатывать пути повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве.

В соответствии со стандартом специальности и учебным планом дисциплина «Вторичные энергетические ресурсы» изучается в объеме 104 ч, в том числе для очной формы обучения 62 ч аудиторных, из них 30 ч – лекции, 32 ч – практические занятия. Для заочной формы обучения 16 ч аудиторных, из них 8 ч – лекции, 8 ч – практические занятия.

Форма получения высшего образования – очная и заочная.

Форма текущей аттестации – зачет в 7 семестре (очная форма получения высшего образования), в 7 семестре – заочная. Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Студенты заочной формы обучения выполняют контрольное задание, выдаваемое на установочной лекции. Выбор контрольного задания производится по учебно-методическому пособию к выполнению практических занятий по дисциплине Вторичные энергетические ресурсы 1-43 01 06 Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент. Цель выполнения контрольного задания – формирование профессиональных знаний и практических навыков в области утилизации высокопотенциальных вторичных энергетических ресурсов.

## **Содержание учебного материала**

### **Тема 1. Общие сведения. Основные положения и понятия о вторичных энергетических ресурсах**

Введение. Общие положения о классификации энергетических отходах и вторичных энергоресурсов по видам энергии: (горючие (топливные) вторичные энергетические ресурсы, тепловые вторичные энергетические ресурсы, вторичные энергетические ресурсы избыточного давления). Определение выхода и возможного использования вторичных энергоресурсов. Определение экономии топлива за счет использования вторичных энергоресурсов.

### **Тема 2. Состояние использования вторичных энергоресурсов в промышленности**

Роль вторичных энергоресурсов в топливо- и теплоснабжении отраслей промышленности и отдельных предприятий. Источники образования, виды, параметры и возможности утилизации вторичных энергоресурсов. Характеристика выхода и использования вторичных энергоресурсов в процессах промышленного производства. Влияние энергетических и технологических факторов на выход и возможное использование вторичных энергоресурсов. Причины недостаточного уровня использования вторичных энергоресурсов и экономия топлива за счет их утилизации.

### **Тема 3. Энергетические и эксергетические характеристики производственных высокотемпературных процессов и агрегатов**

Энергетический и эксергетический балансы высокотемпературных производственных агрегатов. Термодинамическая эффективность технологических агрегатов. Эффективность комбинированных теплоиспользующих установок. Эксергетический метод распределения расхода топлива в комбинированных установках.

### **Тема 4. Основы теории использования тепла отходящих газов**

Использование вторичных энергоресурсов в замкнутых схемах теплоиспользования (регенеративное теплоиспользование). Использование тепла отходящих продуктов сгорания в разомкнутых схемах теплоиспользования для выработки пара в парогенераторах (энергетическое теплоиспользование). Сравнительная оценка эффективности замкнутой и разомкнутой схем. Экономия топлива при комбинированном использовании тепла отходящих продуктов сгорания.

### **Тема 5. Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок**

Состав и характеристика отходящих газов. Физико-химические свойства технологического уноса. Образование загрязняющих отложений и их воздействие на поверхности нагрева теплоиспользующих установок. Влияние загрязнений на работу теплоиспользующих установок. Способы очистки поверхностей нагрева теплообменных устройств от загрязнений.

### **Тема 6. Установки для внешнего энергетического использования тепла отходящих газов**

Классификация и конструкции котлов утилизаторов. Теплотехнические и конструктивные особенности конвективных и радиационно-конвективных КУ. Энерготехнологические агрегаты в промышленности.

### **Тема 7. Энерготехнологическое теплоиспользование и энерготехнологические агрегаты**

Особенности и эффективность энерготехнологического теплоиспользования. Энерготехнологические агрегаты промышленности.

### **Тема 8. Расчеты котлов-утилизаторов и энерготехнологических агрегатов**

Особенности расчетов КУ и ЭТА. Эффективность теплоиспользования. Последовательность выполнения тепловых конструктивных расчетов.

### **Тема 9. Охлаждение конструктивных элементов высокотемпературных установок**

Системы принудительного охлаждения и особенности теплообмена в них. Методы использования тепла охлаждения элементов высокотемпературных установок.

**Тема 10. *Использование низкопотенциальных вторичных энергоресурсов для получения тепла и искусственного холода***

Характеристики и показатели работы холодильных и теплонасосных установок. Комплексные схемы тепло-хладоснабжения предприятий.

**Тема 11. *Использование низкотемпературных продуктов сгорания в промышленности и энергетике***

Задачи, методы и эффективность глубокого охлаждения дымовых газов. Контактные и контактно-поверхностные экономайзеры, схемы включения и основы расчета.

**Тема 12. *Использование отработавшего и вторичного пара, тепла производственной воды. Организация сбора и возврата конденсата***

Общие положения. Определение отработавшего пара. Схемы использования отработавшего пара. Процессы получения и организация использования вторичного пара. Схемы использования тепла производственной воды. Потери тепла с невозвращенным конденсатом. Увеличение количества возвращаемого конденсата. Схемы сбора и возврата конденсата.

**Тема 13. *Использование вторичных энергетических ресурсов в системах газоснабжения***

Основные виды вторичных энергоресурсов на магистральных газопроводах и направления их утилизации. Детандер-генераторные агрегаты, типы, схемы включения и основы расчета.

**Тема 14. *Планирование вторичных энергетических ресурсов. Экономика использования вторичных энергоресурсов***

Методические вопросы планирования вторичных энергоресурсов на различных уровнях планирования. Топливо-энергетический баланс промышленного предприятия и планирование вторичных энергоресурсов. Совершенствование и организация системы учета и отчетности по вторичным энергоресурсам промышленности.

Экономическая эффективность использования различных видов вторичных энергоресурсов. Эффективность капиталовложений и экономические направления использования вторичных энергоресурсов.

**Учебно-методическая карта дисциплины (дневная форма получения высшего образования)**

Номер темы	Наименование темы и (или) содержание	Количество аудиторных часов				Номер методического средства	Учебно-методические материалы	Номер формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Семестр 7</b>								
1	<i>Общие сведения. Основные положения и понятия о вторичных энергетических ресурсах</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
2	<i>Состояние использования вторичных энергоресурсов в промышленности</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
3	<i>Энергетические и эксергетические характеристики производственных высокотемпературных процессов и агрегатов</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
4	<i>Основы теории использования тепла отходящих газов</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
5	<i>Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
6	<i>Установки для внешнего энергетического использования тепла отходящих газов</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
7	<i>Энерготехнологическое теплоиспользование и энерготехнологические агрегаты</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	<i>Расчеты котлов-утилизаторов и энерготехнологических агрегатов</i>	4	10	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса, защита отчетов
9	<i>Охлаждение конструктивных элементов высокотемпературных установок</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
10	<i>Использование низкопотенциальных вторичных энергоресурсов для получения тепла и искусственного холода</i>	2	12	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса, защита отчетов
11	<i>Использование низкотемпературных продуктов сгорания в промышленности и энергетике</i>	2	6	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса, защита отчетов
12	<i>Использование отработавшего и вторичного пара, тепла производственной воды. Организация сбора и возврата конденсата</i>	2	2	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса, защита отчетов
13	<i>Использование вторичных энергетических ресурсов в системах газоснабжения</i>	2	2	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса, защита отчетов
14	<i>Планирование вторичных энергетических ресурсов. Экономика использования вторичных энергоресурсов</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
	<b>ИТОГО</b>	30	32	–	–			



**Учебно-методическая карта дисциплины (заочная форма получения высшего образования)**

Номер темы	Наименование темы и (или) содержание	Количество аудиторных часов				Номер методического средства	Учебно-методические материалы	Номер формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа			
<b>Семестр 7</b>								
1	<i>Общие сведения. Основные положения и понятия о вторичных энергетических ресурсах</i>	2		–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
8	<i>Расчеты котлов-утилизаторов и энерготехнологических агрегатов</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса, контрольная работа
11	<i>Использование низкотемпературных продуктов сгорания в промышленности и энергетике</i>	2	8	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса, защита отчетов
12	<i>Использование отработавшего и вторичного пара, тепла производственной воды. Организация сбора и возврата конденсата</i>	2	–	–	–	–	[1–19]	Проведение опроса
	<b>ИТОГО</b>	8	8	–	–			

## **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.

### **Рекомендуемая литература**

#### ***Основная***

1. Аполлонский, С. М. Энергосберегающие технологии в энергетике. Том 1. Энергосбережение в энергетике: учебник для вузов / С. М. Аполлонский. – М.: Лань, 2022. – 436 с.
2. Аполлонский, С. М. Энергосберегающие технологии в энергетике. Том 2. Инновационные технологии энергосбережения и энергоменеджмент/ С. М. Аполлонский. – М.: Лань, 2022. – 320 с.
3. Бирюков, А. Б. Вторичные энергоресурсы и энергосберегающие технологии в промышленности / А. Б. Бирюков, Ю. Л. Курбатов, П. А. Гнитиев, Т. Г. Олешкевич. – М.: Инфра-Инженерия, 2022. – 196 с.
4. Парамонов, А. М. Системы воздухообеспечения предприятий: учебное пособие учреждений высшего образования по специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика» и 140106 «Энергообеспечение предприятий» / А. М. Парамонов, А. П. Стариков.. – Омск.: Омский гос. ун-т путей сообщения., 2018. – 196 с.
5. Полулях, Л. А. Вторичные энергоресурсы и энергосбережение: курс лекций для магистерской программы «Логистика технологических процессов и производств» / Л. А. Полулях, А. Ю.. – М.: МИСиС, 2020. – 84 с.
6. Цветков, О. Б. Энерго- и экологически эффективные технологии генерации холода и теплоты / О. Б. Цветков, А. В. Бараненко, Ю. А. Лаптев. – СПб.: Страта, 2018. – 292 с.

#### ***Дополнительная***

7. Аронов, И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И. З. Аронов. – Лн.: Недра 1990. – 280 с.
8. ГОСТ 31188-2003. Энергосбережение. Ресурсы энергетические вторичные. Методика определения показателей выхода и использования. – Мн.: Госстандарт РБ, 2005. – 36 с.
9. Данилов, О. Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / О. Л. Данилов. – М.: МЭИ (Технический университет), 2010. – 226 с.
10. ИТС 48-2017. Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 165 с.
11. Краснов, Ю. С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям, наладке / Ю. С. Краснов, А. П. Борисоглебская, А. В. Антипов. – М.: Термокул, 2004. – 373 с.
12. Кудинов, А. А., Зиганшина, С. К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А. А. Кудинов, С. К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с.
13. Морозюк, Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов / Т. В. Морозюк. – Одесса Негоциант, 2006. – 712 с.

14. Сухоцкий, А. Б. Вторичные энергетические ресурсы: учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» / А. Б. Сухоцкий. – Мн.: БГТУ, 2014. – 174 с.

15. Трухний А. Д., Петрунин С.В. Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа: Методическое пособие по курсу «Энергетические установки». – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 24 с.

16. Фрей, Д. А. Оценка экономической эффективности энергосбережения: теория и практика / Д. А Фрей. – М.: МЭИ, 2015. – 400 с.

17. Экономика энергетики: учеб. пособие для вузов / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др. ; под ред. Н.Д. Рогалёва. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 288 с.

18. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пособие. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.

19. Dinc Ibrahim. Refrigeration systems and applications. – John Wiley & Sons, Ltd., 2010 – 484 p.

**Перечень заданий для самостоятельных работ**

<b>№ п.п.</b>	<b>Тема</b>	<b>Содержание</b>	<b>Объем (часы)</b>	<b>Форма отчетн.</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	<b><i>Состояние использования вторичных энергоресурсов в промышленности</i></b>	Поиск и изучение дополнительного к содержанию лекции учебного и иллюстративного материала в сети Интернет	4	Презентация
2	<b><i>Установки для внешнего энергетического использования тепла отходящих газов</i></b>	Поиск и изучение дополнительного к содержанию лекции учебного и иллюстративного материала в сети Интернет	4	Презентация
3	<b><i>Энерготехнологическое теплоиспользование и энерготехнологические агрегаты</i></b>	Поиск и изучение дополнительного к содержанию лекции учебного и иллюстративного материала в сети Интернет	4	Презентация
4	<b><i>Расчеты котлоутилизаторов и энерготехнологических агрегатов</i></b>	Поиск и изучение дополнительного к содержанию лекции учебного и иллюстративного материала в сети Интернет	4	Презентация
5	<b><i>Использование низкопотенциальных вторичных энергоресурсов для получения тепла и искусственного холода</i></b>	Поиск и изучение дополнительного к содержанию лекции учебного и иллюстративного материала в сети Интернет	4	Презентация

1	2	3	4	5
6	<i>Использование низкотемпературных продуктов сгорания в промышленности и энергетике</i>	Поиск и изучение дополнительного к содержанию лекции учебного и иллюстративного материала в сети Интернет	4	Презентация
7	<i>Использование отработавшего и вторичного пара, тепла производственной воды. Организация сбора и возврата конденсата</i>	Поиск и изучение дополнительного к содержанию лекции учебного и иллюстративного материала в сети Интернет	4	Презентация
	<b>ИТОГО</b>		28	

*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	Microsoft Visio	Прикладное программное обеспечение
6	AutoCAD	Система автоматизированного проектирования

*Практические занятия, их содержание*

Порядковый № темы в курсе	Наименование темы
8	Тепловой расчет котла-утилизатора
8	Расчет ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором
10	Расчет одноступенчатого парокompрессионного теплового насоса
10	Расчет абсорбционной бромистолитиевой холодильной установки
11	Расчет контактного экономайзера
11	Расчет рекуператора с промежуточным теплоносителем
13	Расчет детандер-генераторной установки

*Тематика контрольной работы*

Порядковый № темы в курсе	Наименование темы

**Протокол согласования рабочей программы с другими дисциплинами специальности**

<b>Название дисциплины, изучение которой связано с дисциплиной рабочей программы</b>	<b>Кафедра, обеспечивающая изучение этой дисциплины</b>	<b>Предложения кафедры об изменениях в содержании рабочей программы</b>	<b>Решение кафедры, разработавшей рабочую программу (с указанием даты и номера протокола)</b>
Теплопередача	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 9 от 31.03.2022 г.
Механика жидкости и газа	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 9 от 31.03.2022 г.
Энергопреобразующие машины	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 9 от 31.03.2022 г.
Термодинамика	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 9 от 31.03.2022 г.
Электротехника	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 9 от 31.03.2022 г.
Информационные технологии	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 9 от 31.03.2022 г.
Электротехника и промышленная электроника	Кафедра энергоэффективных технологий	Программа согласована	протокол № 9 от 31.03.2022 г.

Согласовано:  
Зав. кафедрой  
энергоэффективных технологий

В.А.Пашинский