

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор института заочного образования

канд. пед. наук, доц.  Спесивцева С.Е.

« 19 » 05 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института ЭИТУС

канд. техн. наук, доц.  Белосов А.В.

« 20 » 05 2021 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины (модуля)

### **Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергетика теплотехнологии**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**заочная**

Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составители: старший преподаватель



(В.В. Носатов)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики  
теплотехнологии

« 22 » 04 20 21 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой  
Энергетики теплотехнологии  
канд. техн. наук, доцент



(Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель  
канд. техн. наук, доцент



(А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные	ПК-7. Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности	<p>ПК-7.1. Выявляет резервы энерго- и ресурсосбережению на основании анализа нормативных документов, а также технологии производства продукции на объектах профессиональной деятельности.</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен  <b>Знать:</b> основные нормативные документы по энергосбережению, методику и приборное оснащение проведения энергетического обследования на промышленных предприятиях и объектах ЖКХ.  <b>Уметь:</b> проводить инфракрасную диагностику электротехнического и тепломеханического оборудования, по результатам диагностики выявлять места тепловых потерь.  <b>Владеть:</b> навыками оценки тепловых потерь по результатам инфракрасной диагностики и способах по их устранению.</p>
		<p>ПК-7.2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности.</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен  <b>Знать:</b> основные типы применяемого энергосберегающего теплоутилизационного; типовые энергосберегающие мероприятия.  <b>Уметь:</b> производить конструктивный и поверочный тепловые расчеты энергосберегающего теплоутилизационного оборудования и определять его показатели эффективности.  <b>Владеть:</b> навыками оценки теплоутилизационного оборудования по показателям эффективности, предлагать типовые энергосберегающие мероприятия.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-7.** Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии
2	Утилизация вторичных энергетических ресурсов
3	Энерготехнологическая обработка газов
4	Производственная технологическая практика
5	Производственная преддипломная практика
6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 5 зач. единиц

Форма промежуточной аттестации

**экзамен**

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 10
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	12	12
лекции	4	4
лабораторные	2	2
практические	4	4
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	168	168
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	114	114
Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 5 Семестр 10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Актуальность энергосбережения в России и в мире.</b>					
	Структура мирового энергопотребления. Динамика роста энергопотребления в мире и в России. Факторы, обуславливающие актуальность энергосбережения. Стоимость основных видов энергетических ресурсов в России и за рубежом. Динамика роста цен на энергоносители, тепловую и электрическую энергию. Обобщенные показатели использования ТЭР. Стратегические направления развития энергетики и эффективности использования энергии в мире, энергосбережение – как важнейший источник удовлетворения энергетических потребностей.	0,2	0	0	4
<b>2. Государственная политика в области энергосбережения. Управление энергосбережением в России. Нормативная база энергосбережения</b>					
	Государственная энергетическая политика России. Распоряжение Правительства РФ «Об энергетической стратегии на период до 2020г», основные положения. Федеральный закон «Об энергосбережении». Основные направления научно-технического прогресса в энергосбережении на федеральном уровне. Федеральный уровень управления энергосбережением. Государственные органы координации работ в области энергосбережения. Типовые структуры региональных органов управления энергосбережением. Региональные программы энергосбережения: структура, задачи, методы их решения. Управление энергосбережением в промышленно развитых странах. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения.	0,2	0	0	4
<b>3. Интенсивное энергосбережение в теплотехнологии</b>					
	Интенсивное и экстенсивное энергосбережение. Этапы концепции интенсивного энергосбережения. Безотходная технология, энергосберегающие источники энергии и тепловые схемы, безотходные теплотехнологические	0,3	0	0	15

	установки – как база интенсивного энергосбережения в теплотехнологии. Основные положения.				
4. Методы и критерии оценки эффективности энергосбережения					
	Балансовые соотношения для анализа энергопотребления. Тепловые и материальные балансы. Энергобалансы промышленных предприятий. Оценка эффективности использования энергии на региональном, отраслевом уровнях и в теплотехнологических установках. Натуральные теплотехнические, экономические критерии эффективности использования энергии.	0,5	0,5	0	15
5. Основы энергоаудита объектов промышленной теплоэнергетики и жилищно-коммунального хозяйства					
	Методика и организация проведения энергоаудита. Виды энергоаудита, основные этапы организации и проведения работ по экспресс-аудиту и углубленному обследованию энергохозяйств предприятий и организаций, экспресс-аудит. Методика экспресс-аудита. Основные цели и задачи. Методика сбора информации о потреблении энергоресурсов и основном энергопотребляющем оборудовании. Анализ энергетических показателей энергоиспользования организаций и его отдельных подразделений, углубленные энергетические обследования. Методика углубленного обследования энергохозяйства организаций. Основные цели и задачи углубленного обследования. Организация учёта котельно-печного топлива, тепловой и электрической энергии, воды и сжатого воздуха. Приборное обеспечение энергоаудита. Типовые объекты, задачи и специфика диагностических измерений в организациях. Методы и средства измерений. Выбор средств измерений для оценки параметров тепловых и электрических систем, расхода жидкостей, скорости потоков воздуха, температуры, освещенности и др. Энергетический паспорт промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунального хозяйства. Содержание расчетно-пояснительной записки и форм паспорта.	0,3	0	0	15
6. Энергосбережение при производстве и распределении тепловой и электрической энергии					
	Оптимизация энергетического баланса. Использование вторичных энергетических ресурсов. Энергосбережение в промышленных котельных. Методика разработки баланса котельно-печного топлива на основе расчетных и расчетно-опытных методов. Анализ расходной части баланса. Рациональное энергоиспользование в системах производства и распределения энергоносителей. Особенности энергосбережения в высокотемпературных технологиях. Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, сушильных, выпарных, ректификационных установках; использование тепла конденсата, выбор оптимального диаметра и теплоизоляция трубопроводов, применение теплообменников-утилизаторов, использование тепла конденсата, тепла готового продукта. Энергосбережение при электроснабжении промышленных предприятий,	1,5	3	2	45

	объектов аграрно-промышленного комплекса, жилищно-коммунального хозяйства; энергосбережение в системах освещения. Качество электрической энергии. Анализ расходной части баланса. Энергосберегающие мероприятия при использовании электрической энергии.				
<b>7. Типовые энергосберегающие мероприятия в промышленности</b>					
	Эффективность использования энергии и типовые энергосберегающие приёмы. Эффективность использования энергии в отраслях ТЭК, энергоёмких отраслях промышленности, в том числе в, промышленности строительных материалов, типовые энергосберегающие мероприятия. Энергосберегающие приёмы и проекты.	0,5	0,5	0	12
<b>8. Типовые энергосберегающие мероприятия на объектах жилищно-коммунального хозяйства</b>					
	Эффективность использования и типовые энергосберегающие мероприятия в жилищно-коммунальном хозяйстве. Отличие энергосберегающих мероприятий и проектов в промышленности и коммунальном хозяйстве.	0,5	0	0	4
	<b>ВСЕГО</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>114</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр № 10</b>				
1	Методы и критерии оценки эффективности энергосбережения	Тепловые и материальные балансы промышленных предприятий	0,5	8
2	Энергосбережение при производстве и распределении тепловой и электрической энергии	Тепловой конструктивный, тепловой поверочный, аэродинамический и гидравлический расчеты энергоэффективных теплоутилизационных установок	3	24
3	Типовые энергосберегающие мероприятия в промышленности	Определение показателей эффективности энергоэффективных теплотехнологических установок	0,5	8
<b>ИТОГО:</b>			<b>4</b>	<b>40</b>
<b>ВСЕГО:</b>			<b>4</b>	<b>44</b>

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр № 10</b>				

1	Энергосбережение при производстве и распределении тепловой и электрической энергии	Инфракрасная диагностика тепловой изоляции паропроводов и трубопроводов, определение сверхнормативных тепловых потерь	0,5	5
2	Энергосбережение при производстве и распределении тепловой и электрической энергии	Инфракрасная диагностика обмуровки котельных агрегатов, определение сверхнормативных тепловых потерь	0,5	5
3	Энергосбережение при производстве и распределении тепловой и электрической энергии	Инфракрасная диагностика контактных соединений электрооборудования, определение степени неисправности и тепловых потерь с перегретых контактных соединений	0,5	5
4	Энергосбережение при производстве и распределении тепловой и электрической энергии	Определение критического диаметра тепловой изоляции трубопровода	0.5	5
		ИТОГО:	2	20
			ВСЕГО:	22

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Учебным планом не предусмотрено.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

**Тема расчетно-графического задания:** Расчет энергосберегающей теплоутилизационной установки и ее показателей эффективности

**Цель расчетно-графического задания:** изучение студентами методик и приобретение навыков конструктивного и поверочного тепловых расчетов и гидравлического и аэродинамического расчетов теплоутилизационной установки и расчета ее показателей эффективности.

**Структура и требования к оформлению работы.** Расчетно-графическое задание включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

**Расчетно-пояснительная записка** оформляется на листах формата А4 (с одной стороны листа). Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа;
- задание на выполнение расчетно-графического задания, подписанное студентом и преподавателем;
- материальный баланс горения топлива;
- конструктивный тепловой расчет теплоутилизационной установки;
- поверочный тепловой расчет теплоутилизационной установки;
- гидравлический расчет теплоутилизационной установки;
- аэродинамический расчет теплоутилизационной установки;



– расчет показателей эффективности энергосберегающей теплоутилизационной установки;

– выводы и заключение.

В записке даются краткие указания, обоснования и соответствующие пояснения по выбираемым величинам, помещаются сводные таблицы данных расчета.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий схему утилизатора теплоты.

Отметка о допуске работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки и графической части (согласно заданию на выполнение расчетно-графического задания).

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

#### Типовой вариант задания

##### **Исходные данные**

1. Тип водогрейного котла КВГМ-7,7-95. (задается индивидуально).
2. Состав природного газа и коэффициент избытка воздуха (задается индивидуально).
3. Тип энергосберегающей теплоутилизационной установки: двухступенчатый контактно-рекуперативный теплообменник.
4. Диаметр труб 25x2 и соотношение поперечного и продольного размера плоскооальной трубы  $a/v = 1/3$  (задается индивидуально).
5. Давление в теплообменнике 96 кПа.
6. Температура газа: начальная 130 °С, конечная 40 °С.
7. Температура чистого нагреваемого теплоносителя: начальная 10 °С, конечная  $t_{\text{МТГ}} - 2$  °С, где  $t_{\text{МТГ}}$  – температура мокрого термометра газа.
8. Температура промежуточного теплоносителя: начальная равна  $t_{\text{МТГ}}$  – температуре мокрого термометра газа °С, конечная 40 °С.

За водогрейным котлом уходящие газы направляются в энергосберегающую теплоутилизационную установку в которой нагревается чистый теплоноситель для нужд ГВС.

Произвести расчет горения топлива, конструктивный тепловой расчет теплообменника-утилизатора, поверочный тепловой расчет, аэродинамический расчет, гидравлический расчет теплообменника, определить термодинамические и термоэкономические показатели эффективности теплообменника-утилизатора.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **5.1. Реализация компетенций**

**1 Компетенция** ПК-7. Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
--	----------------------------------

ПК-7.1. Выявляет резервы энерго- и ресурсосбережению на основании анализа нормативных документов, а также технологии производства продукции на объектах профессиональной деятельности.	Экзамен, защита лабораторных работ, решение задач на практических занятиях
ПК-7.2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности.	Экзамен, защита расчетно-графического задания, защита лабораторных работ, решение задач на практических занятиях

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Актуальность энергосбережения в России и в мире (ПК-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Структура мирового энергопотребления</li> <li>– Динамика роста энергопотребления в мире и в России</li> <li>– Мировые запасы минеральных топлив</li> <li>– Структура мирового ТЭБ по годам</li> <li>– Обобщенные показатели эффективности использования ТЭР</li> <li>– Два пути уменьшения потребления энергоресурсов в промышленности</li> <li>– Стратегические направления развития энергетики и повышения эффективности использования энергии в мире</li> <li>– Энергосбережение – как важнейший источник удовлетворения энергетических потребностей</li> <li>– Первоочередные задачи энергосберегающего пути развития экономики</li> </ul>
2	Государственная политика в области энергосбережения. Управление энергосбережением в России. Нормативная база энергосбережения (ПК-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Распоряжение Правительства РФ «Об энергетической стратегии на период до 2020 г». Основные положения</li> <li>– Федеральный закон № 261 (от 23.11.2009 г.) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»</li> <li>– Нормативная база энергосбережения</li> </ul>
3	Интенсивное энергосбережение в теплотехнологии (ПК-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Интенсивное и экстенсивное энергосбережение</li> <li>– Этапы концепции интенсивного энергосбережения</li> <li>– Безотходная технология, энергосберегающие источники энергии и тепловые схемы, безотходные теплотехнологические установки – как база интенсивного энергосбережения в теплотехнологии. Основные положения по каждому направлению</li> </ul>
4	Методы и критерии оценки эффективности энергосбережения (ПК-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Виды энергоресурсов топливноэнергетической системы промышленного предприятия</li> <li>– Энергобалансы промышленных предприятий</li> <li>– Натуральные, теплотехнические, экономические критерии оценки эффективности использования</li> </ul>
5	Основы энергоаудита объектов промышленной теплоэнергетики и жилищно-коммунального хозяйства (ПК-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Виды энергоаудита</li> <li>– Основные цели и задачи энергоаудита</li> <li>– Организации, подлежащие необходимому энергетическому обследованию</li> <li>– Приборное обеспечение энергоаудита</li> <li>– Энергетический паспорт промышленных предприятий и объектов ЖКХ</li> <li>– Содержание расчетно-пояснительной записки к энергопаспорту</li> </ul>
6	Энергосбережение при производстве и	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Виды ВЭР и ВМР</li> <li>– Пути использования различных видов ВЭР и ВМР</li> <li>– Основное оборудование для использования различных ВЭР</li> </ul>

	распределении тепловой и электрической энергии (ПК-7.1; ПК-7.2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные показатели эффективности систем и теплоутилизационного оборудования</li> <li>- Энергосберегающие мероприятия в котельных</li> <li>- Энергосберегающие мероприятия при распределении и использовании электрической энергии</li> <li>- Инфракрасная диагностика тепломеханического и электрического оборудования</li> </ul>
7	Типовые энергосберегающие мероприятия в промышленности (ПК-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Типовые энергосберегающие мероприятия на ТЭЦ и в котельных</li> <li>- Типовые энергосберегающие мероприятия в промышленности строительных материалов</li> </ul>
8	Типовые энергосберегающие мероприятия на объектах жилищно-коммунального хозяйства (ПК-7.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Типовые энергосберегающие мероприятия на объектах ЖКХ</li> </ul>

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты расчетно-графического задания**

#### **Защита расчетно-графического задания**

Отметка о допуске к защите расчетно-графического задания получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки (согласно заданию на выполнение расчетно-графического задания).

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

#### *Типовые задания*

##### Индикатор ПК-7.2

1. Сформулировать цель выполнения расчетно-графического задания.
2. Что называется утилизатором тепла?
3. В чем сложность утилизации низкотемпературных ВЭР ?
4. Какие типы теплообменников используются для утилизации низкотемпературных ВЭР?
5. Какие контактные теплообменники используются для утилизации низкотемпературных ВЭР?
6. Какие контактно-рекуперативные теплообменники используются для утилизации низкотемпературных ВЭР?
7. До какой максимальной температуры можно нагреть теплоноситель контактным способом?
8. Принцип работы КТАНа.
9. Режимы течения двухфазных газожидкостных потоков.
10. Принцип работы КРТ.
11. В чем преимущество КРТ над КТАНом?
12. Почему надо делать КРТ двухступенчатым?

13. Изобразите процессы протекающие в КРТ в I-х диаграмме влажного воздуха.
14. Какие преимущества и недостатки профилированных труб?
15. В чем суть конструктивного теплового расчета?
16. Как выглядит основное уравнение теплопередачи?
17. В чем суть поверочного теплового расчета?
18. На основании каких уравнений выполняется поверочный тепловой расчет?
19. Как производился гидравлический расчет?
20. Как производился аэродинамический расчет?
21. Какие существуют термодинамические показатели эффективности теплообменников-утилизаторов?
22. Какие существуют термоэкономические показатели эффективности теплообменников-утилизаторов?

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

#### **Перечень типовых задач для экзамена**

##### Индикатор ПК-7.1

##### **Задача**

При инфракрасной диагностике высоковольтного электрооборудования обнаружен дефектный контакт с температурой 90 °С. Температура нормального контакта - 25 °С. Определить избыточную температуру.

##### **Задача**

Определить сроки устранения дефектного контактного соединения высоковольтного оборудования если перегрев составляет 50 °С.

##### Индикатор ПК-7.2

##### **Задача**

Определить энтальпию уходящих газов с параметрами: температура 140 °С, влагосодержание 0,12 кг/кг с.ч.

##### **Задача**

Определить до какой максимальной температуры можно нагреть теплоноситель в контактном теплообменнике-утилизаторе, если параметры уходящих газов после котла: температура 140 °С, влагосодержание 0,12 кг/кг с.ч.

##### **Задача**

Определить количество утилизированной теплоты в теплообменнике-утилизаторе, если начальные параметры уходящих газов: температура 140 °С, влагосодержание 0,12 кг/кг с.ч., конечные параметры: температура 40 °С, влагосодержание 0,04 кг/кг с.ч., расход газа по сухой части 1,8 кг/с.

##### **Задача**

Определить площадь поверхности теплообмена теплообменника-утилизатора, если количество утилизированной теплоты 490 кВт, коэффициент

теплопередачи  $1,5 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ , температуры нагреваемой среды: начальная  $10^\circ\text{С}$ , конечная  $55^\circ\text{С}$ .

### Задача

Определить коэффициент использования энергии в теплообменнике-утилизаторе, если количество утилизированной теплоты  $490 \text{ кВт}$ , электрическая мощность, затрачиваемая на прокачку теплоносителей  $3,5 \text{ кВт}$ .

### Задача

Определить коэффициент расхода материала в теплообменнике-утилизаторе, если количество утилизированной теплоты  $490 \text{ кВт}$ , масса материала на изготовление теплообменника  $1,2 \text{ т}$ .

*Типовой вариант экзаменационного билета*  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. Шухова»**

Кафедра энергетики теплотехнологии

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Дисциплина Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

1. Федеральный закон № 261 (от 23.11.2009 г.) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...»
2. Типовые энергосберегающие мероприятия на ТЭЦ и в котельных
3. Задача

Утверждено на заседании кафедры « » \_\_\_\_\_ 201 г., протокол № \_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.В. Васильченко

### Лабораторные занятия

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, для каждой работы указана цель, имеются необходимые теоретические сведения (разобраны основные понятия по теме работы и произведено описание лабораторной установки) и методические указания к порядку выполнения и обработке результатов, приведен перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после допуска к выполнению, выполнения (снятия показаний приборов), обработки результатов, оформления отчета, проверки правильности выполнения задания. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы.

Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Инфракрасная диагностика тепловой изоляции паропроводов и трубопроводов, определение сверхнормативных тепловых потерь (ПК-7.1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества инфракрасной диагностики по отношению к измерению температуры контактным способом.</li> <li>2. Место инфракрасного излучения в шкале электромагнитных волн, окна прозрачности для инфракрасного излучения в атмосфере Земли.</li> <li>3. Законы излучения: закон Планка, закон смещения Вина, закон Стефана-Больцмана. Понятие об абсолютно черном теле.</li> <li>4. Каковы основные качественные показатели тепловой изоляции?</li> <li>5. Каковы причины отличия фактических тепловых потерь от запроектированных?</li> <li>6. Каковы основные цели диагностики тепловой изоляции?</li> <li>7. При какой температуре окружающей среды нормируются тепловые потери с поверхности тепловой изоляции и температура на поверхности тепловой изоляции?</li> <li>8. Как оценивается состояние тепловой изоляции по тепловым потерям?</li> <li>9. Как оценивается состояние тепловой изоляции по температуре на поверхности тепловой изоляции?</li> <li>10. Как проводится инфракрасная диагностика тепловой изоляции паропроводов?</li> <li>11. Почему результаты диагностики приводятся к температуре окружающей среды 25 °С?</li> <li>12. Как определить норматив потерь с поверхности тепловой изоляции трубопроводов?</li> <li>13. Как определить сверхнормативные потери тепла с поверхности тепловой изоляции трубопроводов?</li> </ol>
2.	Лабораторная работа №2. Инфракрасная диагностика обмуровки котельных агрегатов, определение сверхнормативных тепловых потерь (ПК-7.1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества инфракрасной диагностики по отношению к измерению температуры контактным способом.</li> <li>2. Место инфракрасного излучения в шкале электромагнитных волн, окна прозрачности для инфракрасного излучения в атмосфере Земли.</li> <li>3. Законы излучения: закон Планка, закон смещения Вина, закон Стефана-Больцмана. Понятие об абсолютно черном теле.</li> <li>4. Каковы основные качественные показатели тепловой изоляции?</li> <li>5. Каковы причины отличия фактических тепловых потерь от запроектированных?</li> <li>6. Каковы основные цели диагностики тепловой изоляции?</li> <li>7. При какой температуре окружающей среды нормируются тепловые потери с поверхности тепловой изоляции и температура на поверхности тепловой изоляции?</li> <li>8. Как оценивается состояние тепловой изоляции по тепловым потерям?</li> <li>9. Как оценивается состояние тепловой изоляции по температуре на поверхности тепловой изоляции?</li> <li>10. Как проводится инфракрасная диагностика тепловой изоляции обмуровки котельных агрегатов?</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		11. Почему результаты диагностики приводятся к температуре окружающей среды 25 °С? 12. Как определить норматив потерь с поверхности тепловой изоляции обмуровки котельных агрегатов? 13. Как определить сверхнормативные потери тепла с поверхности тепловой изоляции обмуровки котельных агрегатов?
3.	Лабораторная работа №3. Инфракрасная диагностика контактных соединений электрооборудования, определение степени неисправности и тепловых потерь с перегретых контактных соединений (ПК-7.1)	1. Преимущества инфракрасной диагностики над измерением температуры контактным способом. 2. Что такое контакт и контактное соединение высоковольтного электрооборудования? 3. Что такое избыточная температура? 4. Как проводится инфракрасная диагностика контактных соединений высоковольтного электрооборудования? 5. Как оценить состояние контактных соединений высоковольтного электрооборудования по избыточной температуре? 6. Как определить сверхнормативные потери тепла вследствие перегрева контактных соединений?
4.	Лабораторная работа №4. Определение критического диаметра тепловой изоляции трубопровода (ПК-7.2)	1. Приведите закон Фурье в общем виде. Что такое коэффициент теплопроводности? 2. Приведите уравнение теплопроводности для плоской стенки в граничных условиях первого рода. 3. Приведите уравнение теплопроводности для плоской стенки в граничных условиях третьего рода. 4. Приведите уравнение теплопроводности для цилиндрической стенки в граничных условиях третьего рода. 5. Чему равно термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки? 6. Как зависит термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки от наружного диаметра трубопровода? 7. Чему равен критический диаметр трубопровода? 8. Чему равно термическое сопротивление теплопередачи цилиндрической стенки с наложенной на нее тепловой изоляции? 9. Как зависят тепловые потери от толщины изоляции, наложенной на цилиндрическую стенку? 10. Что такое критический и эффективный диаметры изоляции? 11. Чему равен критический диаметр тепловой изоляции трубопровода? 12. Как определялся критический диаметр тепловой изоляции трубопровода в данной работе?

## Практические занятия

*Типовые разноуровневые задачи и задания*

Индикатор ПК-7.1

### **Задача**

При инфракрасной диагностике высоковольтного электрооборудования обнаружен дефектный контакт с температурой 40 °С. Температура нормального контакта - 20 °С. Определить избыточную температуру.

### **Задача**

Определить сроки устранения дефектного контактного соединения высоковольтного оборудования если перегрев составляет 22 °С.

### Индикатор ПК-7.2

### **Задача**

Задан состав природного газа и коэффициент избытка воздуха, используемых в котельной. Определить суммарный выход продуктов сгорания и низшую теплоту сгорания топлива.

### **Задача**

Определить по I-х диаграмме температуру точки росы и температуру мокрого термометра уходящих газов после котельной, если их температура 130 °С, влагосодержание 0,11 кг/кг с.ч.

### **Задача**

Определить количество утилизированной теплоты в теплообменнике-утилизаторе, если начальные параметры уходящих газов: температура 140 °С, влагосодержание 0,12 кг/кг с.ч., конечные параметры: температура 40 °С, влагосодержание 0,04 кг/кг с.ч., расход газа по сухой части 1,8 кг/с.

### **Задача**

Определить массовый расход нагреваемой воды в теплообменнике-утилизаторе, если количество утилизируемой теплоты 490 кВт, начальная температура воды 10 °С, конечная температура воды 55 °С.

### **Задача**

В теплообменнике-утилизаторе используются трубы 25x2. Соотношение сторон профилированных плоскоовальных труб 1/3. Определить продольный и поперечный размер плоскоовальных труб, площадь проходного сечения трубы, эквивалентный диаметр.

### **Задача**

Определить площадь поверхности теплообмена теплообменника-утилизатора, если количество утилизированной теплоты 490 кВт, коэффициент теплопередачи 1,5 кВт/(м<sup>2</sup>·°С), температуры нагреваемой среды: начальная 10°С, конечная 55°С.

### **Задача**

Определить число рядов труб в теплообменнике-утилизаторе если площадь поверхности теплообмена 7,5 м<sup>2</sup>, число труб в ряду 16, длина трубы 0,3 м, труба 25x2.



### Задача

Определить коэффициент термодинамического совершенства теплообменника-утилизатора если водяной эквивалент нагреваемой среды 8 кВт/К, температуры нагреваемой среды: начальная 10 °С, конечная 55 °С; водяной эквивалент нагревающей среды 2 кВт/К, температуры нагревающей среды: начальная 130 °С, конечная 40 °С.

### Задача

Определить коэффициент использования вторичных энергоресурсов теплообменника-утилизатора если его тепловая мощность 490 кВт, общий выход ВЭР 770 кВт.

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-7. Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности ПК-7.1. Выявляет резервы энерго- и ресурсосбережению на основании анализа нормативных документов, а также технологии производства	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы
	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов,	Не знает терминов и	Знает термины и определения, но	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может

определений, понятий	определений	допускает неточности формулировок		корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов инфракрасной диагностики	Знает основные закономерности, соотношения, принципы инфракрасной диагностики	Знает основные закономерности, соотношения, принципы инфракрасной диагностики; их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы инфракрасной диагностики; может самостоятельно их вывести, объяснить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании	Задание выполнено с существенными неточностями,	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок

	общей методики выполнения задания	не носящими принципиальным характер		
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не поддается проверке	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	При применении теоретического материала допущены ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания
Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи при необходимости такого анализа	Анализ результатов, полученных при решении задачи проводится только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы

Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники
------------------------------------	---	--	---	---

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-7. Способен разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности	
ПК-7.2 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы
	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов утилизации тепла	Знает основные закономерности, соотношения, принципы утилизации тепла	Знает основные закономерности, соотношения, принципы утилизации тепла; их	Знает основные закономерности, соотношения, принципы утилизации тепла; может

			интерпретирует и использует	самостоятельно их вывести, объяснить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено с существенными неточностями, не носящими принципиальный характер	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение	Не умеет сравнивать,	Допускает ошибки при	Умеет сравнивать, сопоставлять и	Умеет сравнивать, сопоставлять и

сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	обобщать, а также делает верные выводы
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не поддается проверке	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	При применении теоретического материала допущены ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания
Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи при необходимости такого анализа	Анализ результатов, полученных при решении задачи проводится только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

Помещения для самостоятельной работы: читальный зал библиотеки, учебная аудитория

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, лабораторные стенды и оборудование
	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### **6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов**

#### Основная литература

1. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях(электронный ресурс А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина, Москва, Машиностроение, 2011.
2. Ганжа В.А. Основы) эффективного использования энергоресурсов. Теория и практика энергосбережения. Минск, Белорусская наука, 2007.

#### Дополнительная литература

1. Протасевич А.М. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. (электронный ресурс) : (учебное пособие) А.М. Протасевич. Москва, Новое издание, 2012.
2. Бушуев В.В. Мировая энергетика – 2050. Белая книга (электронный ресурс) : (учебное пособие) Бушуев В.В. Москва, Энергия, 2011.
3. Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования. РД 153-34.0-20.363-00. 2000 г.

### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. <http://www.consultant.ru/>. Система «Консультант плюс», периодичность обновления – 1 раз в неделю.
2. [www.ntb.bstu.ru](http://www.ntb.bstu.ru)
3. <http://elibrary.ru/>
4. <http://e.lanbook.com>