



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ АУДИТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Направление подготовки  
**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Профиль программы  
**Энергообеспечение предприятий**

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения  
Заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Теплотехнических и энергетических систем  
4

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 01.10.2015 № 1081.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем «25» сентября 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Е.Б. Агапитов /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель \_\_\_\_\_ / С.И. Лукьянов /

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ТиЭС, д.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ / Е.Б. Агапитов /

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ ПАО «ММК», к.т.н.

\_\_\_\_\_ / В.Н. Михайловский /



### **1 Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Теплотехнический аудит промышленных предприятий» являются:

- развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль подготовки – Энергообеспечение предприятий;
- изучение структуры и принципов построения теплоэнергетической системы промышленного предприятия, закономерностей и характерных особенностей ее функционирования, а также составление и анализ энергетических и эксергетических балансов различного назначения и вида, с целью качественной и количественной оценки состояния энергетического хозяйства и энергоиспользования.

Задачи дисциплины – усвоение студентами:

- основных разделов предмета;
- неразрывной связи систем энергообеспечения промышленных предприятий с системами производства энергоносителей, режимов потребления, повышения эффективности степени их использования.

### **2 Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Рабочая программа учебной дисциплины Б1.В.ДВ.04.02 «Теплотехнический аудит промышленных предприятий» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированных в результате изучения дисциплин:

Б1.Б.17 «Гидрогазодинамика»;

Б1.В.08 «Нагнетатели и тепловые двигатели»;

Б1.В.10 «Технологические энергоносители предприятий».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при выполнении и защите выпускной квалификационной работы.

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теплотехнический аудит промышленных предприятий» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

<b>Структурный элемент компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>
	ПК – 8 – готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования
Знать	- проблемы метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования - отечественные и зарубежные подходы к организации метрологического обеспечения технологических процессов - разнообразные приемы организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- организовать обсуждение метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- находить эффективные решения при организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- навыками дискуссии при обсуждении метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- методами эффективной организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования</li> </ul>
ПК – 9 – способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные методы соблюдения экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения экозащитного мероприятия</li> <li>- объяснять, выявлять и строить типичные модели решения экологических и энергосберегающих задач</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основными методами решения задач в области энергетики и экозащитных мероприятий, способами совершенствования профессиональных знаний</li> <li>- способами демонстрации и умения анализировать ситуацию</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины «Теплотехнический аудит промышленных предприятий »

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы – 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 13,2 акад. часов;
- аудиторная работа – 10 акад. часов;
- внеаудиторная работа – 3,2 акад. часа;
- самостоятельная работа – 122,1 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 8.7 акад. часов.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Вид самостоятельной работы	Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия <sup>1</sup>	самост. раб.			
Раздел 1. Введение в курс и основы энергобалансов предприятий	4							
Теплоэнергетическая система промышленного предприятия и ее характеристика	4	0,5			13	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины. [ИДЗ№1]	Текущий контроль успеваемости	ПК-8– зув
Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП	4	0,5			13	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины. [ИДЗ№2]	Текущий контроль успеваемости	ПК-8– зув ПК-9-зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Вид самостоятельной работы	Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия	самост. раб.			
ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом	4	1			13	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины. [ИДЗ№3]	Текущий контроль успеваемости	ПК-8– зув ПК-9-зув
Тепловой баланс ПП его классификация и структура	4	1		2/2И	13	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины. [ИДЗ№4]	Текущий контроль успеваемости	ПК-8– зув ПК-9-зув
Методы сведения балансов горючих ВЭР	4	1		2/2И	13	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины. [ИДЗ№5]	Текущий контроль успеваемости	ПК-8– зув ПК-9-зув
Методы сведения балансов производственного пара	4	0,5			13	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины. [ИДЗ№6]	Текущий контроль успеваемости	ПК-8– зув ПК-9-зув
Низкопотенциальные ВЭР	4	0,5			15	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины. [ИДЗ №7]	Текущий контроль успеваемости	ПК -8 зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Вид самостоятельной работы	Формы текущего и промежуточного контроля успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия	самост. раб.			
Утилизационные установки	4	0,5			15	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины.[ИДЗ №8]	Текущий контроль успеваемости	ПК -8 зув
Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР	4	0,5			14,1	Выполнение практических работ (решение задач), предусмотренных рабочей программой дисциплины.[ИДЗ№9]	Текущий контроль успеваемости	ПК -8 зув
<b>Итого по разделу 1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>4/4И</b>	<b>122,1</b>			
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>4/4И</b>	<b>122,1</b>	<b>Промежуточный контроль - экзамен</b>		



## 5 Образовательные и информационные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Теплотехнический аудит промышленных предприятий» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии.

Целями образовательных и информационных технологий являются:

- активизирование мышления обучающихся;
- формирование интереса к изучаемому материалу;
- развитие интеллекта и творческих способностей обучающихся.

Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет). Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. Этапы познавательной деятельности студентов предполагают последовательно постановку интересующей их проблемы, выдвижение гипотез при ее решении, выражение решения гипотезы научным языком, а также реализация продукта в виде публичного выступления, доклада или презентации. Корректировки образовательного процесса проходит с использованием обратной связи между преподавателем и обучающимися на консультациях, а также при текущем и промежуточном контроле.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ)

#### 1. Теплоэнергетическая система промышленного предприятия и ее характеристика

Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП).

Значение ТЭС ПП для эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), их классификация.

Рациональное построение ТЭС ПП, как один из путей экономии энергоресурсов.

ТЭС ПП на примере металлургического комбината с полным технологическим циклом.

Задача оптимального построения ТЭС ПП.

Топливный баланс реального металлургического комбината.

Причины больших значений расходов топлива на выпуск единицы продукции промышленными предприятиями.

Пути экономии ТЭР.

#### 2. Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП

Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет.

Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП.

Особенности использования ВЭР, их энергетический потенциал.

Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы.

Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР.

Энергетическая эффективность использования ВЭР.

Особенности определения экономии топлива, при использовании горючих ВЭР.

Определение экономии топлива при использовании тепловых ВЭР.

Экономическая эффективность использования ВЭР.

Внутренние энергетические ресурсы и ТЭС ПП.

### 3. ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом

Структура теплоэнергетической и энерготехнологической систем комбината. Энергетические характеристики основных производств (коксохимическое, агломерационное, доменное, сталеплавильное, прокатное).

### 4. Тепловой баланс ПП его классификация и структура

Принципы составления теплового баланса.

Структура теплового баланса предприятий, его виды.

Тепловой баланс потребителей теплоты.

Паровой и конденсатный балансы предприятия.

Тепловой баланс предприятия с собственной котельной.

Расходы теплоты на технологические нужды, отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения.

Удельные нормы теплоты на выработку отдельных видов продукции, влияние основных факторов.

Топливо-энергетический и материальный балансы отдельных производств металлургического комбината с полным технологическим циклом и комбината в целом.

Основные понятия эксергетического анализа.

Составление эксергетического баланса.

Примеры составления эксергетического баланса некоторых основных производств металлургического комбината.

### 5. Методы сведения балансов горючих ВЭР

Особенности использования горючих ВЭР.

Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь.

Буферные потребители горючих ВЭР.

Методы использования периодических выходов горючих газов.

Конструкция и особенности работы аккумуляторов газа (газгольдеров).

Схемы использования периодических выходов горючих газов с применением аккумуляторов теплоты.

### 6. Методы сведения балансов производственного пара

Причины возникновения дебалансов пара.

Методы сведения балансов производственного пара.

Использование заводской ТЭЦ в качестве звена, замыкающего баланс производственного пара по заводу.

Аккумуляторы пара.

Выравнивание паропроизводительности утилизационных установок за счет использования подтопки с рециркуляцией газов.

Пиковые паровые котлы.

Использование избытков пара утилизационных установок, в том числе для выработки электроэнергии.

### 7. Низкопотенциальные ВЭР

Низкопотенциальные ВЭР, определение и классификация.

Повышение давления пара в турбокомпрессорах.

Сезонное использование физической теплоты газов с низкой температурой.

Схемы использования теплоты охлаждения конструктивных элементов технологических агрегатов.

Использование низкопотенциальных ВЭР в вентиляционных схемах промышленных предприятий.

#### 8. Утилизационные установки

Утилизационные установки (УУ) в энергосистеме промышленного предприятия.

Общая характеристика УУ.

Оптимальное распределение горючих ВЭР.

Использование избыточного давления газов и жидкостей.

Утилизационные установки, использующие ВЭР в виде физической теплоты газов, горячей продукции, охлаждения элементов конструкций агрегатов и т.д.

Выбор параметров пара утилизационных установок.

Схемы установки котла-утилизатора в газовом тракте технологического агрегата.

#### 9. Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР

Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР, а также избыточного давления газа на примере доменного производства.

Схемы применения газовых утилизационных бескомпрессорных турбин и их особенности.

Использование теплоты доменного газа, уходящих газов доменных воздухоподогревателей,

Использование теплоты пара системы испарительного охлаждения и тепла доменного шлака.

### **Примерные темы практических занятий (ПТЗ)**

1. Расчеты по определению выхода тепловых и горючих ВЭР и их энергетического потенциала.
2. Определение экономии топлива, при использовании горючих ВЭР. Расчет степени сухости и энтальпии влажного пара, получаемого на утилизационных установках с использованием балансовых уравнений.
3. Определение экономии топлива, при использовании тепловых ВЭР для случаев наличия на заводе котельных и ТЭЦ.
4. Расчеты параметров пара утилизационных установок. Выбор оптимальных параметров пара при утилизации тепловых ВЭР.
5. Расчет параметров доменного газа за газовой утилизационной бескомпрессорной турбиной и ее мощности при расширении насыщенного доменного газа.
6. Расчет теплового баланса доменных воздухоподогревателей.
7. Тепловой расчет парового аккумулятора с определением аккумулирующей способности, его водяного и геометрического объема.
8. Определение экономии топлива за счет повышения давления пара низких параметров в компрессорах.
9. Расчет теплового баланса доменного производства.

## 7. Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК –9 – способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве</b>		
Знать	основные методы соблюдения экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия –основные мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве	<p>Основные методы экологической безопасности на следующих производствах, методы расчета энергобалансов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Общая характеристика теплоэнергетической и энерготехнологической систем (ТЭС и ЭТС) промышленных предприятий (ПП).</li> <li>2.Рациональное построение ТЭС ПП, как один из путей экономии энергоресурсов.</li> <li>3.Топливный баланс реального металлургического комбината.</li> <li>4.Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет.</li> </ol> <p>Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5.Особенности использования ВЭР, их энергетический потенциал.</li> <li>6.Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы.</li> <li>7.Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР.</li> </ol> <p>Энергетическая эффективность использования ВЭР.</p> <p>Особенности определения экономии топлива, при использовании горючих ВЭР.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8.Экономическая эффективность использования ВЭР.</li> <li>9.Структура теплоэнергетической и энерготехнологической систем комбината.</li> <li>10.Принципы составления теплового баланса. Структура теплового баланса предприятий, его виды.</li> <li>11.Тепловой баланс потребителей теплоты.</li> <li>12.Паровой и конденсатный балансы предприятия.</li> <li>13.Топливо-энергетический и материальный балансы отдельных производств металлургического комбината с полным технологическим циклом и комбината в целом.</li> <li>14.Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь. Буферные потребители горючих ВЭР.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>15.Схемы использования периодических выходов горючих газов с применением аккумуляторов теплоты.</p> <p>16. Методы сведения балансов производственного пара. Аккумуляторы пара.</p> <p>17.Выравнивание паропроизводительности утилизационных установок за счет использования подтопки с рециркуляцией газов.</p> <p>18.Использование избытков пара утилизационных установок, в том числе для выработки электроэнергии.</p> <p>19.Схемы использования теплоты охлаждения конструктивных элементов технологических агрегатов.</p> <p>20.Утилизационные установки (УУ) в энергосистеме промышленного предприятия.</p> <p>21.Использование избыточного давления газов и жидкостей.</p> <p>22.Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР, а также избыточного давления газа на примере доменного производства.</p> <p>23. Использование теплоты пара системы испарительного охлаждения и тепла</p>
Уметь	обсуждать объяснять, выявлять и строить типичные модели решения экологических и энергесберегающих задач	<p>1. Определить теоретические массу и объем воздуха, необходимого для горения 1 м<sup>3</sup> метана при нормальных условиях.</p> <p>2. Определить объем и массу воздуха, необходимого для горения 1 кг органической массы состава: С – 60 %, Н – 5 %, О – 25 %, N – 5 %, W – 5 % (влажность), если коэффициент избытка воздуха <math>\alpha = 2,5</math>; температура воздуха 305 К, давление 99500 Па.</p> <p>3. Определить объем воздуха, необходимого для горения 5 м<sup>3</sup> смеси газов, состоящих из 20 % СН<sub>4</sub>; 40 % С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub>; 10 % СО; 5 % N<sub>2</sub> и 25 % О<sub>2</sub>, если коэффициент избытка воздуха равен 1,8.</p> <p>4. Определить коэффициент избытка воздуха при горении уксусной кислоты, если на горение 1 кг поступило 3 м<sup>3</sup> воздуха.</p> <p>5. Определить объем воздуха, пошедшего на окисление 1 м<sup>3</sup> аммиака, если в продуктах горения содержание кислорода составило 18%.</p>
Владеть	практическими навыками решения задач в области энергетики и экозащитных мероприятий	<p style="text-align: center;"><i>Пример задания:</i></p> <p>Для нагрева 100 кг/с воды от 20 °С до 150 °С при давлении <math>p = 6</math> атм. Используется метан. Определить объем необходимого газа и коэффициент избытка воздуха, а при необходимости воздуха обогащенного кислородом для термодинамически-эффективного нагрева.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	методами решения практических задач в области энергосбережения	Построить температурно-тепловой график процесса, отметить существенные особенности.
<b>ПК – 8 – готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проблемы метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования</li> <li>- отечественные и зарубежные подходы к организации метрологического обеспечения технологических процессов</li> <li>- разнообразные приемы организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования</li> </ul>	<p>Методы метрологического обеспечения для составления:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Топливный баланс реального металлургического комбината.</li> <li>2.Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет.</li> <li>3.Выход ВЭР, оценка их энергетического потенциала.</li> <li>4.Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы.</li> <li>5.Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР.</li> <li>6.Оценка энергетической эффективности использования ВЭР.</li> <li>7.Оценка определения экономии топлива, при использовании горючих ВЭР.</li> <li>8.Экономическая эффективность использования ВЭР.</li> <li>9.Тепловой баланс потребителей теплоты.</li> <li>10.Паровой и конденсатный балансы предприятия.</li> <li>11.Топливо-энергетический и материальный балансы отдельных производств металлургического комбината с полным технологическим циклом и комбината в целом.</li> <li>12.Методы сведения балансов горючих ВЭР и снижения их потерь. Буферные потребители горючих ВЭР.</li> <li>13.Схемы использования периодических выходов горючих газов с применением аккумуляторов теплоты.</li> <li>14. Методы сведения балансов производственного пара. Аккумуляторы пара.</li> <li>15.Использование избытков пара утилизационных установок, в том числе для выработки электроэнергии.</li> <li>16.Использование избыточного давления газов и жидкостей.</li> <li>17.Комплексное использование горючих и тепловых ВЭР, а также избыточного давления газа на примере доменного производства.</li> <li>18. Использование теплоты пара системы испарительного охлаждения и тепла</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																			
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- организовать обсуждение метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- находить эффективные решения при организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования</li> </ul>	<p>Уметь организовать метрологическое обеспечение и оценку:            Реальные графики выхода и потребления энергоресурсов и их учет.            Понятие внутренних энергетических ресурсов (ВЭР) ПП.            Особенности использования ВЭР, их энергетический потенциал.            Горючие и тепловые внутренние энергоресурсы.            Методы определения величины выхода горючих и тепловых ВЭР.            Энергетическая эффективность использования ВЭР.            Особенности определения экономии топлива, при использовании горючих ВЭР. Определение экономии топлива при использовании тепловых ВЭР.            Экономическая эффективность использования ВЭР.            Внутренние энергетические ресурсы и ТЭС ПП.</p>																																			
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- навыками дискуссии при обсуждении метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля</li> <li>- методами эффективной организации метрологического обеспечения технологических</li> </ul>	<p>Для оценки текущей позиции компетенции применяются лабораторные стенды кафедры ТиЭС. Выполняется съем, расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.            Пример:            Подготовить таблицы «Журнал наблюдений» и «Результаты расчетов по опытным данным».</p> <p style="text-align: right;">Таблица 1</p> <p style="text-align: center;">Журнал наблюдений</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 10%;">№ п/п</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Полное давление в сечениях</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Пьезометрическое давление в сечениях</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">1</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">2</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">1</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">2</th> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">По прибору,</td> <td style="text-align: center;">Па</td> <td style="text-align: center;">По прибору,</td> <td style="text-align: center;">Па</td> <td style="text-align: center;">По прибору,</td> <td style="text-align: center;">Па</td> <td style="text-align: center;">По прибору,</td> <td style="text-align: center;">Па</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	№ п/п	Полное давление в сечениях				Пьезометрическое давление в сечениях				1		2		1		2			По прибору,	Па	По прибору,	Па	По прибору,	Па	По прибору,	Па									
№ п/п	Полное давление в сечениях				Пьезометрическое давление в сечениях																																
	1		2		1		2																														
	По прибору,	Па	По прибору,	Па	По прибору,	Па	По прибору,	Па																													

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																											
	процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td><td>мм вод. ст.</td><td></td><td>мм вод. ст.</td><td></td><td>мм вод. ст.</td><td></td><td>мм вод. ст.</td><td></td><td>мм вод. ст.</td><td></td> </tr> <tr> <td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="11">Температура воздуха в лаборатории, °С</td> </tr> </table>											мм вод. ст.		мм вод. ст.		мм вод. ст.		мм вод. ст.		мм вод. ст.		1											2											3											4											Температура воздуха в лаборатории, °С										
			мм вод. ст.		мм вод. ст.		мм вод. ст.		мм вод. ст.		мм вод. ст.																																																																		
		1																																																																											
		2																																																																											
		3																																																																											
		4																																																																											
		Температура воздуха в лаборатории, °С																																																																											
		Таблица 2																																																																											
		Результаты расчетов по опытным данным																																																																											
		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">№ п/п</th> <th colspan="2">Скоростное давление в сечениях</th> <th rowspan="2">Потери давления, Па</th> <th rowspan="2">Коэфф. сопротивления, <math>\xi</math></th> <th rowspan="2">Коэфф. скорости, <math>\varphi</math></th> <th rowspan="2">Расход воздуха, м<sup>3</sup>/с</th> <th colspan="2">Критерии</th> <th rowspan="2"><math>\rho_t</math></th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>Эйлера <math>Eu</math></th> <th>Рейнольдса <math>Re</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>											№ п/п	Скоростное давление в сечениях		Потери давления, Па	Коэфф. сопротивления, $\xi$	Коэфф. скорости, $\varphi$	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с	Критерии		$\rho_t$	1	2	Эйлера $Eu$	Рейнольдса $Re$	1										2										3										4																				
№ п/п	Скоростное давление в сечениях		Потери давления, Па	Коэфф. сопротивления, $\xi$	Коэфф. скорости, $\varphi$	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с	Критерии		$\rho_t$																																																																				
	1	2					Эйлера $Eu$	Рейнольдса $Re$																																																																					
1																																																																													
2																																																																													
3																																																																													
4																																																																													
<p>2. Измеренные значения перепада давления (мм вод. ст.) перевести в единицы системы СИ (Па).</p> <p>3. Вычислить скоростные давления в сечениях 1 и 2 для каждого замера:</p> $P_{1ск} = P_{1полн} - P_{1пьез};$ $P_{2ск} = P_{2полн} - P_{2пьез}$ <p>4. Вычислить потери давления</p> $P_{пот} = P_{1полн} - P_{2полн}$ <p>5. Вычислить коэффициент гидравлического сопротивления</p> $\xi = \frac{P_{пот}}{P_{2ск}}$ <p>6. Рассчитать плотность воздуха при температуре</p>																																																																													



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;"><math>\rho_t = 1,29 \frac{T_0}{T_B} = 1,29 \frac{273}{273 + t}</math></p> <p>7. Из уравнения (11) определить коэффициент скорости</p> $\varphi = \frac{\omega_2}{\sqrt{\frac{2(P_{1\text{полн}} - P_{2\text{пьеэ}})}{\rho_B}}} = \frac{\sqrt{P_{2\text{ск}}}}{\sqrt{P_{1\text{полн}} - P_{2\text{пьеэ}}}}$ <p>8. Найти среднее значение коэффициента скорости</p> $\bar{\varphi} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n}$ <p>где <math>n</math> – число значений <math>\varphi_i</math>.  Так как коэффициент сжатия струи <math>\varepsilon \approx 1</math>, можно принять <math>\bar{\varphi} = \bar{\mu}</math></p> <p>где <math>\bar{\mu}</math> – коэффициент расхода.</p> <p>9. Определить объемные расходы воздуха, вытекающего из сопла</p> $V = \bar{\mu} f_0 \sqrt{\frac{2(P_{1\text{полн}} - P_{2\text{пьеэ}})}{\rho_B}}$ <p>где <math>f_0 = 0,785d^2 = 0,000314 \text{ м}^2</math> – площадь выходного сечения сопла.</p> <p>10. Определить действительную скорость для каждого опыта из уравнения расхода (12):</p> $\omega_2 = \frac{V}{f_0}$ <p>11. Вычислить числа подобия Эйлера <math>Eu</math> и Рейнольдса <math>Re</math>. Если критерий Рейнольдса меняется, а критерий Эйлера остается постоянным, то наступает режим автомодельности, т.е. струя создает подобные эпюры скоростей для поперечных сечений потока.</p> $Eu = \frac{P_{1\text{ск}} - P_{2\text{ск}}}{\rho_B \omega_2^2}$ <p>Число подобия Эйлера указывает на отношение изменения давления к удвоенному скоростному давлению.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$Re = \frac{\omega_2 d}{\nu}$ <p>где <math>d</math> – диаметр сопла, <math>d = 0,02</math> м.  <math>\nu</math> – коэффициент кинематической вязкости воздуха, <math>\nu = 15,1 \cdot 10^{-6}</math>.</p> <p>12. Результаты расчетов занести в табл. 2.</p> <p>13. По результатам расчетов построить графическую зависимость <math>V = f(P_{2ск})</math>, а также зависимость <math>Eu = f(Re)</math>.</p> <p>14. В выводах указать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– каким образом зависят потери давления от расхода жидкости (газа);</li> <li>– какова величина коэффициента;</li> <li>– наблюдается ли автомодельность в рассматриваемом диапазоне расходов;</li> </ul> <p>– как зависит расход жидкости через сопло от пьезометрического давления перед соплом.</p>

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теплотехнический аудит промышленных предприятий» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, при условии выполнения текущих практических заданий, выявляющих степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку «**отлично**» – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. не менее 90% от общей трудоемкости дисциплины;
- на оценку «**хорошо**» – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е. находится в пределах от 75% до 90% от общей трудоемкости дисциплины;
- на оценку «**удовлетворительно**» – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. находится в пределах от 60% до 75% от общей трудоемкости дисциплины;
- на оценку «**неудовлетворительно**» – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теплотехнический аудит промышленных предприятий»**

### **а) Основная литература:**

1. Картавцев, С. В. Современные проблемы теплоэнергетики : учебное пособие / С. В. Картавцев ; МГТУ. - Магнитогорск, 2012. - 59 с. : ил., граф., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=591.pdf&show=dcatalogues/1/1102540/591.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2 Протасевич, А. М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха : учеб. пособие / А.М. Протасевич. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. — 286 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-005515-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1013521> – Режим доступа: по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Агапитов, Е. Б. Энергетика и охрана окружающей среды : учебное пособие [для вузов] / Е. Б. Агапитов, В. Н. Михайловский, М. С. Соколова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1691-3. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4032.pdf&show=dcatalogues/1/1532661/4032.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Иванов, Ю. Н. Основы международной статистики : учебник / под общ. ред. д-ра экон. наук Ю.Н. Иванова. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 621 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-003641-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/945546> – Режим доступа: по подписке.

### **в) Методические указания:**

1. А.Н. Чернов, Т.П. Семенова, Е.Б.Агапитов Удаление избытков теплоты из помещений вычислительных центров [Текст]:Методические указания к лабораторной работе/Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 10 с.

2. Т.П. Семенова, Н.Г. Злоказова Определение коэффициентов местных сопротивлений воздуховодов[Текст]:Методические указания к лабораторной работе/Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014 – 6 с.

3. Т.П. Семенова, М.С Каблукова Испытание автономного кондиционера [Текст]:Методические указания Магнитогорск, Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015 – 6 с.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое	бессрочно
Дополнительные		
Microsoft Windows 10 Pro	Д-1227 от 8.10.2018	11.10.2021

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим

- доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю).  
– Текст: электронный.
8. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  9. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  10. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  11. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  12. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  13. Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный консорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
  14. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
  15. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Теплотехнический аудит промышленных предприятий» предусмотрены следующие виды занятий: лекционные, лабораторные, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), экзамен.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации, система автоматического зашторивания с экраном, доска.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории, помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования