

Приложение 3 РПД Б1.В.ДВ.5.1

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Зам. директора  
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
по учебно-методической работе  
 В.В. Рожков  
« 16 » 11 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА**

---

Направление подготовки: **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Профиль подготовки: **Энергообеспечение предприятий**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Смоленск – 2015 г.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности, к научно-исследовательской деятельности и формированию знаний, умений и навыков в области основ трансформации тепла, современных методов расчета и анализа холодильных и теплонасосных установок, способов диагностики и улучшения их характеристик, а также подготовка обучающихся к расчетно-проектной и производственно-технологической деятельности по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС.

**Задачами дисциплины** является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих профессиональных компетенций:

ОПК-2 – «способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования»;

ПК-2 – «способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием»;

ПК-4 – «способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата»;

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- принципы работы холодильных и теплонасосных установок, определение характеристик оборудования и параметров рабочих агентов в рассматриваемых системах (ОПК-2);
- способы расчета различных схем трансформаторов тепла по типовым методикам с привлечением современных средств автоматизированного проектирования (ПК-2).

### **Уметь:**

- выполнять проектные работы узлов и агрегатов оборудования трансформаторов тепла с привлечением соответствующего математического аппарата и типовых методик (ПК-2);
- проводить экспериментальные исследования на лабораторном и действующем оборудовании с целью получения и дальнейшего анализа результатов (ПК-4).

### **Владеть:**

- методологией теоретического и экспериментального исследования, методами математического анализа и моделирования трансформаторов тепла (ОПК-2, ПК-2);
- методами проведения экспериментальных исследований, правилами выполнения замеров и обработки полученных результатов (ПК-4).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1 дисциплин по выбору основной образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Энергообеспечение предприятий», направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

В соответствии с учебным планом по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплина «Основы трансформации тепла» базируется на следующих дисциплинах:

- Б1.Б.5 Математика (ОПК-2);
- Б1.Б.6 Физика (ОПК-2);
- Б1.Б.8 Химия (ОПК-2);
- Б1.Б.11 Материаловедение. Технология конструкционных материалов (ОПК-2);
- Б1.Б.12 Механика (ПК-2);
- Б1.Б.13 Техническая термодинамика (ОПК-2, ПК-4);
- Б1.Б.14 Тепломассообмен (ОПК-2, ПК-4);
- Б1.Б.16 Газодинамика (ОПК-2, ПК-2);
- Б1.В.ОД.3 Математика 2 (ОПК-2);
- Б1.В.ОД.4 Теоретическая механика (ОПК-2);
- Б1.В.ОД.5 Введение в теплоэнергетику (ОПК-2);
- Б1.В.ОД.8 Физика 2 (ОПК-2);
- Б1.В.ДВ.2.1 Физические измерения и обработка их результатов (ОПК-2, ПК-4);
- Б1.В.ДВ.2.2 Теория теплопроводности (ОПК-2, ПК-4);
- Б1.В.ДВ.3.1 Численные методы моделирования процессов теплоэнергетики и теплотехники (ОПК-2);
- Б1.В.ДВ.3.2 Теория подобия и моделирования процессов теплоэнергетики и теплотехники (ОПК-2).

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Основы трансформации тепла» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и будут использованы при изучении следующих дисциплин:

- Б1.Б.18 Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов (ПК-4);
- Б1.В.ОД.9 Котельные установки и парогенераторы (ОПК-2, ПК-2);
- Б1.В.ОД.11 Нагнетатели и тепловые двигатели (ПК-2, ПК-2);
- Б1.В.ОД.13 Источники и системы теплоснабжения. Часть 2: Системы теплоснабжения потребителей тепла (ПК-2);
- Б1.В.ОД.14 Тепломассообменное оборудование предприятий (ПК-2);
- Б1.В.ОД.15 Электроснабжение предприятий и электропривод (ОПК-2, ПК-2);
- Б1.В.ДВ.6.1 Теплотехнологические процессы и установки (ПК-2);
- Б1.В.ДВ.6.2 Высокотемпературные установки промышленных предприятий (ПК-2);
- Б1.В.ДВ.8.2 Использование системы автоматизированного проектирования в теплоэнергетике (ПК-2);
- Б1.В.ДВ.9.1 Инженерные сети зданий и сооружений (ПК-2);
- Б1.В.ДВ.9.2 Системы теплоснабжения и вентиляции (ПК-2);
- Б1.В.ДВ.10.1 Технологические энергосистемы предприятий (ПК-2);
- Б1.В.ДВ.10.2 Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях (ПК-2);
- Б1.В.ДВ.11.1 Электрические машины и аппараты (ПК-2);

- Б1.В.ДВ.11.2 Электромеханические преобразователи в теплоэнергетике (ПК-2);
- Б2.П.3 Научно-исследовательская работа (ПК-4);
- Б2.П.4 Преддипломная практика (ПК-2);
- Б3 Государственная итоговая аттестация (ПК-2, ПК-4).

Знания, полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы при написании выпускной бакалаврской работы и дальнейшего обучения по программе магистратуры.

### 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

#### Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	Вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ДВ.5.1	
Часов (всего) по учебному плану:	108	5 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	5 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5,18	5 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	–	5 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0,5,18	5 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1, 36	5 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1, 36	5 семестр

#### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций	0.125, 4.5
Подготовка к практическим занятиям	–
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	0.375, 13.5
Выполнение расчетно-графической работы	0.375, 13.5
Выполнение курсового проекта	–
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины	0.125, 4.5
Подготовка к контрольным работам	–
Подготовка к тестированию	–
Подготовка к зачету	–
Всего:	1, 36
Подготовка к экзамену	1, 36

### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лб	СРС	в т.ч. интер-акт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>Тема 1. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла</b>	16	4	–	6	6	4
2	<b>Тема 2. Сорбционные трансформаторы тепла</b>	6	2	–	–	4	–
3	<b>Тема 3. Струйные трансформаторы тепла</b>	4	1	–	–	3	–
4	<b>Тема 4. Вихревые трансформаторы тепла</b>	4	1	–	–	3	–
5	<b>Тема 5. Одноступенчатые газовые трансформаторы тепла</b>	15	3	–	6	6	4
6	<b>Тема 6. Многоступенчатые газовые трансформаторы тепла</b>	15	3	–	6	6	4
7	<b>Тема 7. Трансформаторы тепла, работающие по квазициклу</b>	3	1	–	–	2	–
8	<b>Тема 8. Криогенные установки</b>	9	3	–	–	6	–
<b>всего 108 часа по видам учебных занятий (включая экзамен – 36 часов)</b>			<b>18</b>	<b>–</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>12</b>

### Содержание по видам учебных занятий

#### Тема 1. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла

**Лекция 1.** Классификация парожидкостных трансформаторов тепла. Рабочие агенты одноступенчатых парожидкостных установок. Схемы и процессы работы в T,S – диаграмме идеального и реального одноступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки). Схема и процессы работы в T,S – диаграмме реального одноступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки) с регенерацией (2 часа).

**Лекция 2.** Рабочие агенты многоступенчатых парожидкостных трансформаторов тепла. Схема и процессы работы в T,S – диаграмме реального двухступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки). Схема и процессы работы в T,S – диаграмме реального каскадного парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки). Схема и процессы работы в T,S – диаграмме реальной двухступенчатой парожидкостной теплонасосной установки (2 часа).

**Лабораторное занятие 1.** Исследование цикла работы парожидкостной компрессионной холодильной установки (6 часов).

**Самостоятельная работа 1.** Подготовка к лабораторной работе (6 часов).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции, допуск к выполнению и защита лабораторной работы.

#### Тема 2. Сорбционные трансформаторы тепла

**Лекция 3.** Классификация сорбционных трансформаторов тепла. Рабочие агенты абсорбционных холодильных установок. Схемы и принципы работы идеальной абсорбционной холодильной установки, работающей по повышающей и расщипительной схеме. Схема и процессы работы в h,ξ – диаграмме реальной абсорбционной холодильной установки по повышающей схеме (2 часа).

**Самостоятельная работа 2.** Подготовка к лекционному занятию. Подборка материала для выполнения расчетно-графической работы (4 часа).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции.

### **Тема 3. Струйные трансформаторы тепла**

**Лекция 4.** Общая характеристика. Типы струйных трансформаторов тепла. Струйный компрессор, принципиальная схема и принцип действия. Схема и принцип работы парожеткторной холодильной установки (1 час).

**Самостоятельная работа 3.** Подготовка к лекционному занятию. Подборка материала для выполнения расчетно-графической работы (3 часа).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции.

### **Тема 4. Вихревые трансформаторы тепла**

**Лекция 4.** Общая характеристика вихревых трансформаторов тепла. Процессы работы вихревой трубы (1 час).

**Самостоятельная работа 4.** Подготовка к лекционному занятию. Подборка материала для выполнения расчетно-графической работы (3 часа).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции.

### **Тема 5. Одноступенчатые газовые трансформаторы тепла**

**Лекция 5.** Достоинства и недостатки газовых трансформаторов тепла по сравнению с парожидкостными. Идеальные газовые циклы со стационарными процессами: цикл Карно и цикл Джоуля. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме идеального одноступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального одноступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля (2 часа).

**Лекция 6.** Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального одноступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля с регенерацией (1 час).

**Лабораторное занятие 2.** Исследование цикла работы газовой компрессионной холодильной установки (6 часов).

**Самостоятельная работа 5.** Подготовка к лабораторной работе (6 часов).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции, допуск к выполнению и защита лабораторной работы.

### **Тема 6. Многоступенчатые газовые трансформаторы тепла**

**Лекция 6.** Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме идеального многоступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля (1 час).

**Лекция 7.** Многоступенчатое сжатие в реальном компрессоре. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального многоступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля (2 часа).

**Лабораторное занятие 3.** Регенеративный теплообмен в газовых компрессионных холодильных установках (6 часов).

**Самостоятельная работа 6.** Подготовка к лабораторной работе (6 часов).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции, допуск к выполнению и защита лабораторной работы.

### **Тема 7. Трансформаторы тепла, работающие по квазициклу**

**Лекция 8.** Достоинства и недостатки трансформаторов тепла, работающих по разомкнутому циклу. Схема и принцип работы реальной газовой холодильной установки с вакуумным квазициклом (1 час).

**Самостоятельная работа 7.** Подготовка к лекционному занятию. Подборка материала для выполнения расчетно-графической работы (2 часа).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции.

### **Тема 8. Криогенные установки**

**Лекция 8.** Общая характеристика газожидкостных трансформаторов тепла. Особенности систем ожижения, замораживания и низкотемпературного разделения. Рабочие агенты криогенных установок. (1 час).

**Лекция 9.** Криорефрижераторы с дроссельной, дроссельно-эжекторной и детандерной ступенью окончательного охлаждения. Установки со ступенью предварительного охлаждения с внешним отводом тепла (2 часа).

**Самостоятельная работа 8.** Подготовка к лекционному занятию. Подборка материала для выполнения расчетно-графической работы (6 часов).

**Текущий контроль** – устная беседа со студентами в процессе лекции, допуск к выполнению и защита лабораторной работы.

Лабораторные занятия проводятся в интерактивной форме (12 часов). При проведении лабораторных работ, в процессе допуска и выполнения, преподаватель обсуждает со студентами различные варианты решения поставленной задачи и полученные результаты. При проведении лекционных занятий по темам №2-4, 7 и 8, для которых учебным планом не предусмотрены лабораторные занятия, в начале лекции преподаватель формулирует вопросы и в конце занятия обсуждает ответы на них со студентами на основании изложенного материала.

### **Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен.**

Изучение дисциплины заканчивается сдачей экзамена. Сдача экзамена проводится в устной форме в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в «НИУ «МЭИ» и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для обеспечения самостоятельной работы студентов разработаны: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы трансформации тепла» – Процессы трансформации тепла в объектах промышленной теплоэнергетики.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-2, ПК-2 и ПК-4.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ на лабораторных занятиях, выполнения и защиты расчетно-графической работы, а также успешной сдачей экзамена.

## 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Формирование компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трех-уровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик формирования компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении от 60% до 79% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении от 40% до 59% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень формирования каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки формирования в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-2 – «способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в расчетно-графической работе студента. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах на лабораторных занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- источников получения информации о трансформаторах тепла различного назначения;
- основных отечественных и зарубежных достижений в области создания и использования холодильных и теплонасосных установок;

**умения:**

- анализировать зарубежную и отечественную информацию о трансформаторах тепла;
- использовать основные законы, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для достижения целей профессиональной деятельности в области холодильной техники;

присутствие **навыка:**

- владения базовыми знаниями в области холодильной и теплонасосной техники, методологией подбора и анализа научно-технической информации в области основ трансформации тепла.

Для оценки формирования в рамках данной дисциплины компетенции ПК-2 – «способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в расчетно-графической работе студента. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – лабораторных занятиях.



Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- методов расчета по типовым методикам трансформаторов тепла;
- проектирования узлов и агрегатов холодильных и теплонасосных установок с использованием стандартных средств автоматизированного проектирования;

**умения:**

- рассчитывать параметры функционирования холодильных систем;
- оценивать возможность использования холодильных и теплонасосных установок, спроектированных в соответствии с техническим заданием;

присутствие **навыка:**

- владения типовыми методиками расчета и проектирования элементов и узлов трансформаторов тепла и владения современными методами научных исследований в области теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий.

Для оценки формирования в рамках данной дисциплины компетенции ПК-4 – «способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах по лабораторным работам студента. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – лабораторных занятиях.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- методик проведения экспериментов в области трансформаторов тепла;
- методов расчета и получения результатов при исследовании холодильных систем и теплонасосного оборудования;

**умения:**

- проводить лабораторные исследования функционирования отдельных элементов трансформаторов тепла;
- анализировать результаты с применением необходимого математического аппарата и численных методов;

присутствие **навыка:**

- владения типовыми методиками проведения эксперимента, расчета и анализа результатов при исследовании работы трансформаторов тепла.

Критерии оценивания уровня формирования компетенции ОПК-2 – «способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования», ПК-2 – «способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием» и ПК-4 – «способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата» в результате выполнения расчетно-графической работы.

Способность самостоятельно подобрать литературу для выполнения расчетно-графической работы, правильно оформить результаты научного исследования, соответствующего теме задания и в логичной и законченной форме изложить результаты выполненных расчетов – соответствует пороговому уровню формирования компетенции на данном этапе ее формирования; в дополнения к пороговому уровню - показать в работе способность к самостоятельному анализу теоретической и технической проблематики в рамках темы работы, развернутому сравнительному анализу результатов расчета различных схем трансформаторов тепла – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому уровню – способность предложить и обосновать, на основании ре-

результатов выполненных расчетов, свою точку зрения в виде развернутого вывода рассматриваемой проблематики – соответствует эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня формирования компетенций ОПК-2 – «способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования», ПК-2 – «способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием» и ПК-4 – «способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата» в процессе выполнения и защиты лабораторных работ.

Оценивается в процессе проведения каждого лабораторного занятия подготовка студента к выполнению лабораторной работы (знание целей лабораторной работы, наличие описания задачи и модели используемых в данной работе, алгоритма решения задачи, обладание теоретическими знаниями, необходимыми для выполнения работы), а также знания и навыки приобретенные в процессе выполнения работы при ее защите (результаты расчетов, качество оформления протокола, теоретические знания студентов в результате ответов на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях).

Способность сформулировать условия решаемой задачи, составить алгоритм ее решения, знание теоретических основ и технических аспектов функционирования технологических установок, работа которых моделируется, умение правильно и качественно оформить результаты лабораторной работы - соответствует пороговому уровню формирования компетенции на данном этапе ее формирования; в дополнение к пороговому самостоятельно анализировать результаты решения поставленной задачи, оценивать эффективность функционирования моделируемых теплоэнергетических установок – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способен самостоятельно оптимизировать характеристики изучаемой теплоэнергетической установки для различных внешних условий – соответствует эталонному уровню.

Формирование уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является сдача экзамена, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Сдача экзамена по дисциплине «Основы трансформации тепла» проводится в устной форме. Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему на основные и дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все основные и дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по

профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные проблемы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на большинство теоретических основных и дополнительных вопросов и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Неудовлетворительно выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 5 семестр.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Задание на выполнение расчетно-графической работы (расчетного задания) по дисциплине.

Цель выполнения расчетного задания заключается в формировании знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения расчетов и определения параметров рабочего агента в характерных точках схемы трансформатора тепла, определения характеристик основного и вспомогательного оборудования холодильных и теплонасосных установок, проведения анализа полученных результатов и разработки рекомендаций по использованию трансформаторов тепла на объектах теплоэнергетики и теплотехники.

**Задание** на расчетно-графическую работу:

1. Для заданных исходных данных определить параметры рабочего агента в характерных точках реальной одноступенчатой парожидкостной компрессионной холодильной установки.
2. Выполнить расчеты и определить характеристики основного и вспомогательного оборудования установки.
3. Для заданных исходных данных определить параметры рабочего агента в характерных точках реальной одноступенчатой парожидкостной компрессионной холодильной установки с регенеративным теплообменом.
4. Выполнить расчеты и определить характеристики основного и вспомогательного оборудования установки.
5. По полученным результатам провести сравнительный анализ двух рассмотренных установок и сделать выводы по использованию конкретной схемы на заданные условия работы.

Исходные данные и методические рекомендации по выполнению и оформлению расчетно-графической работы содержится в методических указаниях по самостоятельной работе и выполнению расчетного задания по дисциплине «Основы трансформации тепла».

**Вопросы** по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)

1. Классификация трансформаторов тепла.
2. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме идеального одноступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки).
3. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального одноступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки) без охладителя.
4. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального одноступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки) с охладителем.
5. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального одноступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки) с регенерацией.
6. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального двухступенчатого парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки).
7. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального каскадного парожидкостного трансформатора тепла (холодильной установки).
8. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реальной двухступенчатой парожидкостной теплонасосной установки.
9. Схема и принцип работы идеальной абсорбционной холодильной установки по повышающей схеме.
10. Схема и принцип работы идеальной абсорбционной холодильной установки по расщепительной схеме.
11. Схема и процессы работы в  $h,\xi$  – диаграмме реальной абсорбционной холодильной установки по повышающей схеме.
12. Струйные трансформаторы тепла, общая характеристика. Типы струйных трансформаторов тепла.
13. Схема и принцип работы парожеткаторной холодильной установки.
14. Струйный компрессор. Принципиальная схема и принцип действия.
15. Вихревые трансформаторы тепла. Процессы работы вихревой трубы.
16. Газовые трансформаторы тепла. Достоинства и недостатки газовых трансформаторов тепла по сравнению с парожидкостными.
17. Идеальные газовые циклы со стационарными процессами: цикл Карно и цикл Джоуля.
18. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме идеального одноступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля.
19. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального одноступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля.
20. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме реального одноступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля с регенерацией.
21. Схема и процессы работы в  $T,S$  – диаграмме идеального многоступенчатого газового трансформатора тепла (холодильной установки) по циклу Джоуля.
22. Схема и принцип работы реальной газовой холодильной установки с вакуумным квазициклом.
23. Газожидкостные трансформаторы тепла. Ожижение, замораживание и низкотемпературное разделение.

**6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических указаниях по подготовке к самостоятельной работе и вы-

полнению расчетно-графической работы по дисциплине «Основы трансформации тепла» и методических указаниях к лабораторным работам по дисциплине «Основы трансформации тепла». В них содержатся методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям, самостоятельной работе студента и расчетно-графической работы.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Круглов Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2012. - 208 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=3900](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=3900)
2. Фомичев А.В. Трансформация теплоты в компрессорных установках холодильной и криогенной техники. Часть 1. [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2010 - 34 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=52165](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=52165)
3. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок [Электронный ресурс]: учебное пособие - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2006 - 158 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=33>

### **б) дополнительная литература**

1. Буткевич И.К. Криогенные установки и системы: Учеб. Пособие [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2008. - 144 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=58497](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=58497)
2. Теплоэнергетика и теплотехника. Книга 4: Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Четвертое издание, стереотипное / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина [Электронный ресурс]: справочник. - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 632 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=149>
3. Глухов С.Д. Рабочие вещества малых холодильных машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Д. Глухов, А.А. Жердев, А.В. Шарабурин. - Электрон. дан. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2010. - 44 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=52174](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=52174)
4. Бабакин Б.С. Теплонасосные установки в отраслях агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]: учебник / Б.С. Бабакин А.Э., Суслов Ю.А., Фатыхов Ю.А. и др. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2014. - 328 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=39143](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=39143)

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <http://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <http://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотека НЭЛБУК - <http://www.nelbook.ru/>
4. Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина предусматривает лекции один раз в две недели и четырехчасовые лабораторные занятия один раз в четыре недели. Изучение курса завершается сдачей экзамена.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на лабораторных занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время лекции студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. Обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Успешное изучение курса требует выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой, активной работы студента на лабораторных занятиях.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков.

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила оформления работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания. Помимо собственно выполнения работы для каждой

лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими заданий, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций и учебных пособий необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке нужно изучить теорию вопросов выносимых на экзамен и уметь представить все связанные с ними практические аспекты, рассмотренные на практических (семинарских) занятиях, а также владеть практическими навыками, приобретенными в ходе занятий.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При проведении **лабораторных** занятий предусматривается использование информационного ресурса Internet, а также автоматизированных систем расчетов, входящие в состав лицензионных версий Microsoft Office.

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Лабораторные занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, в которой рабочие места студентов оснащены индивидуальными компьютерами.

к.т.н., доцент

В.А. Галковский

зав. кафедрой ПТЭ  
к.т.н., доцент

В.А. Михайлов

Программа одобрена на заседании кафедры ПТЭ от 16 ноября 2015 года, протокол № 4.