

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Магистерская программа «Энергообеспечение предприятий.  
Тепломассообменные процессы и установки»  
РПД Б1.В.ОД.2 Исследование режимов работы и оптимизация  
параметров трансформаторов тепла



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  
« 26 » 05 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЕПЛА

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Магистерская программа: Энергообеспечение предприятий.  
Тепломассообменные процессы и установки

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года 3 мес.

Форма обучения: заочная

Смоленск – 2017 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 по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

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 компетенций:

ОПК-2 – выпускник должен обладать «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы»

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- области применения трансформаторов тепла на объектах теплоэнергетики (ОПК-2);
- способы оформления и представления результатов расчетов холодильных и теплонасосных установок с использованием математических моделей (ОПК-2).

**Уметь:**

- формулировать условия задач для исследования режимов работы трансформаторов тепла (ОПК-2);
- формулировать граничные условия задач оптимизации холодильных и теплонасосных установок;
- выполнять расчеты с использованием современной компьютерной технике, интерпретировать и представлять результаты расчетов в виде отчетов и научных публикаций (ОПК-2).

**Владеть:**

- современными методами исследования режимов работы трансформаторов тепла, построением и практической реализацией математических моделей для оптимизации параметров рассматриваемых объектов (ОПК-2).

ПК-1 – выпускник должен обладать «способностью формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов»

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- основные подходы для составления технического задания на разработку проектных решений по модернизации оборудования трансформаторов тепла (ПК-1);
- основные мероприятия, позволяющие улучшить эксплуатационные характеристики технологического оборудования трансформаторов тепла (ПК-1);
- основные методы расчета экономии энергетических ресурсов вследствие модернизации оборудования (ПК-1).

**Уметь:**

- пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для формулирования задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования (ПК-1);



- оценивать мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик трансформаторов тепла, повышающих экологическую безопасность и приводящих к экономии ресурсов (ПК-1).

**Владеть:**

- навыками разработки решений, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики холодильных и теплонасосных установок, повышающих экологическую безопасность и приводящих к экономии ресурсов (ПК-1).

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к вариативной части обязательных дисциплин цикла Б1 образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки» направления 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

В соответствии с учебным планом по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплина «Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов тепла» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.В.ОД.1 «Оптимизация тепломассообменных установок»;

Б1.В.ДВ.3 «Теория оптимизации систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий».

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов тепла» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и будут использованы при изучении дисциплин:

Б1.Б.2 «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики»;

Б1.Б.5 «Методы термоэкономического анализа сложных теплоэнергетических систем»;

Б1.В.ДВ.1 «Повышение эффективности работы теплофикационных установок источников теплоты».

Знания, полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы при написании магистерской диссертации.

## **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.ОД.2	
Часов (всего) по учебному плану:	144	1 курс
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	1 курс
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,11, 4	1 курс
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0,22, 8	1 курс
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	-	1 курс
Курсовое проектирование	0,11, 4	1 курс
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	3,31 119	1 курс
Экзамен (ЗЕТ, часов)	0,25 9	1 курс

#### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,22 8
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,44 16
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб.)	-
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	1,11 40
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	1,53 55
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	3,3 119
Подготовка к экзамену	0,25 9

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических 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	лаб	кп	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла	20	1	1	-	-	18
2	Тема 2. Сорбционные трансформаторы тепла	27	-	2	-	2	23
3	Тема 3. Струйные, парожеткорные и вихревые трансформаторы тепла	20	1	1	-	-	18
4	Тема 4. Газовые трансформаторы тепла	36	-	2	-	2	32
5	Тема 5. Трансформаторы тепла, работающие по квазициклу	12	1	1	-	-	10
6	Тема 6. Криогенные установки	20	1	1	-	-	18
<b>всего 144 часа по видам учебных занятий (включая экзамен – 9 часов)</b>			<b>4</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>119</b>



## Содержание по видам учебных занятий

### Тема 1. Парожидкостные компрессионные трансформаторы тепла

**Лекция 1.** Схемы и процессы работы одноступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла без охладителя и с ним.. Оптимизация параметров установок Схема и процессы работы каскадного парожидкостного компрессионного трансформатора тепла. Схема и процессы работы многоступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установок (1 час).

**Практическое занятие 1.** Расчет параметров и анализ работы одноступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла. Расчет параметров и анализ работы каскадного парожидкостного компрессионного трансформатора тепла Оптимизация параметров установки Выбор основного и вспомогательного оборудования парожидкостных компрессионных трансформаторов тепла (1 час).

**Самостоятельная работа 1.** Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение расчетно-графической работы (18 часов).

**Текущий контроль** – устный и письменный опросы при проведении практических занятий.

### Тема 2. Сорбционные трансформаторы тепла

**Практическое занятие 2.** Расчет параметров и анализ работы сорбционного трансформатора тепла, работающего по повышающей схеме. Расчет параметров и анализ работы сорбционного трансформатора тепла, работающего по расщепительной схеме Оптимизация параметров установки (2 часа).

**Самостоятельная работа 2.** Изучение литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение курсового проекта (23 часа).

**Текущий контроль** – устный опрос при проведении практического занятия.

### Тема 3. Струйные, парожеткорные и вихревые трансформаторы тепла

**Лекция 2.** Струйные трансформаторы тепла, струйный компрессор. Принципиальная схема и принцип действия. Схема и процессы работы парожеткорного трансформатора тепла. Схема и процессы работы вихревого трансформатора тепла. Оптимизация параметров установок. Основное и вспомогательное оборудование струйных, парожеткорных и вихревых трансформаторов тепла (1 час).

**Практическое занятие 3.** Расчет параметров и анализ работы струйного компрессора и струйного трансформатора тепла. Расчет параметров и анализ работы парожеткорного трансформатора тепла. Расчет параметров и анализ работы вихревого трансформатора тепла Оптимизация параметров элементов оборудования (1 час).

**Самостоятельная работа 3.** Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение расчетно-графической работы (18 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос при проведении практического занятия.

### Тема 4. Газовые трансформаторы тепла

**Практическое занятие 4.** Расчет параметров и анализ работы одноступенчатого газового трансформатора тепла. Расчет параметров и анализ работы одноступенчатого газового трансформатора тепла с регенерацией. Расчет параметров и анализ работы многоступенчатого газового трансформатора тепла Оптимизация параметров (2 часа).

**Самостоятельная работа 4.** Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение и защита курсового проекта (32 часа).

**Текущий контроль** – устный и письменный опросы при проведении практических занятий.

### **Тема 5. Трансформаторы тепла, работающие по квазициклу**

**Лекция 3.** Схема и принцип работы газового трансформатора тепла с вакуумным квазициклом. Основное и вспомогательное оборудование газовых компрессионных трансформаторов тепла (1 час).

**Практическое занятие 5.** Расчет параметров и анализ работы газового трансформатора тепла с вакуумным квазициклом. Оптимизация параметров (1 час).

**Самостоятельная работа 5.** Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. (10 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос при проведении практического занятия.

### **Тема 6. Криогенные установки**

**Лекция 4.** Ожижение, замораживание и низкотемпературное разделение. Схема и процессы работы криогенного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки. Основное и вспомогательное оборудование криогенных трансформаторов тепла (1 часа).

**Практическое занятие 18.** Расчет параметров и анализ работы криогенного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установок (1 часа).

**Самостоятельная работа 6.** Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. (18 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос при проведении практического занятия.

На практических занятиях проводится анализ решения задач на альтернативной основе. Предварительно группа студентов разбивается на две части. Первая группа получают задание по расчету показателей эффективности работы трансформаторов тепла, расчету и анализу показателей отдельных элементов схемы, в соответствии с тематикой практического занятия. Вторая группа выступает в качестве экспертов оценивающих результаты работы первой группы. Для этого они должны разбираться в сущности решаемой задачи и обладать способностью - оперативно анализировать результаты, представленные их товарищами. Они должны согласиться или нет со своими оппонентами, и если возможно, предложить свое решение рассматриваемой задачи, обосновав причины его оптимальности. На каждом последующем занятии группы меняются местами.

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

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится 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 разработаны методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям и выполнению расчетно-графической работы (см. Приложение).

## **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-1.

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 (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе устного опроса на практических занятиях, проведения диспутов и выполнения расчетно-графической работы, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях и успешной сдачи 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 трехуровневой 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 более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% 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 олк-2 «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в курсовом проекте студента, учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных и письменных опросах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- области применения трансформаторов тепла на объектах теплоэнергетики;
- способов оформления и представления результатов расчетов холодильных и теплонасосных установок с использованием математических моделей;

**умения:**

- формулировать условия задач для исследования режимов работы трансформаторов тепла;
- формулировать граничные условия задач оптимизации холодильных и теплонасосных установок;
- выполнять расчеты с использованием современной компьютерной техники, интерпретировать и представлять результаты расчетов в виде отчетов и научных публикаций;

**присутствия навыка:**

- владения современными методами исследования режимов работы трансформаторов тепла, построением и практической реализацией математических моделей для оптимизации параметров рассматриваемых объектов.

Для оценки формирования в рамках данной дисциплины компетенции ПК-1 «способностью формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов» 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 и письменных опросах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- основных подходов для составления технического задания на разработку проектных решений по модернизации оборудования трансформаторов тепла;
- основных мероприятий, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики технологического оборудования трансформаторов тепла;
- основных методов расчета экономии энергетических ресурсов в следствии модернизации оборудования;

**умения:**

- пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для формулирования задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования;
- оценивать мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик трансформаторов тепла, повышающих экологическую безопасность и приводящих к экономии ресурсов;

присутствия **навыка:**

- разработки решений, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики холодильных и теплонасосных установок, повышающих экологическую безопасность и приводящих к экономии ресурсов.

Критерии оценивания уровня формирования компетенции в результате выполнения заданий на практических занятиях

Критерии оценивания уровня формирования компетенции ОПК-2 «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы», ПК-1 «способностью формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов» в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе проведения каждого практического занятия.

Способность формулировать при устном ответе основные понятия и рассчитывать показатели, характеризующие функционирование трансформаторов тепла, применяемых на промышленных предприятиях, знание организационной структуры и специфических особенностей функционирования предприятия, использующего трансформаторы тепла, рассчитывать показатели, используемые для оценки эффективности работы и оптимизации параметров холодильных и теплонасосных установок; в дополнение к пороговому самостоятельно анализировать результаты расчета и оптимизации рассматриваемых систем и обладать основами навыками принятия с их использованием технически обоснованных решений – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способность самостоятельно, с использование компьютерной техники,



выполнить расчеты позволяющие сравнивать эффективность работы различных трансформаторов тепла, а также выявить резервы снижения потребления электрической энергии на привод установок, и объяснить свое решение окружающим – соответствует эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня формирования компетенции ОПК-2 «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы», ПК-1 «способностью формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов» в результате выполнения расчетно-графической работы (расчетного задания).

Способность самостоятельно подобрать литературу для выполнения расчетного задания, правильно оформить результаты решаемой задачи, соответствующей теме расчетного задания и в логичной и законченной форме представить результаты решения задачи – соответствует пороговому уровню формирования компетенции на данном этапе ее формирования; в дополнения к пороговому уровню – показать в работе способность к самостоятельному анализу проблематики в рамках варианта расчетного задания – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому уровню – способность предложить и обосновать альтернативные варианты решения задачи в рамках расчетного задания с целью выбора оптимального варианта и объяснить свое решение окружающим – 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 экзамен с оценкой оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен по дисциплине «Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов 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 пробелы 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 «не-



удовлетворительно»). 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 1 курс.

### **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**

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной  
(примеры вопросов к практическим занятиям)

Перечень вопросов рассматриваемых на практических занятиях содержится в методических указаниях по подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе и выполнению расчетно-графической работы (расчетного задания) по дисциплине «Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов тепла».

Методические рекомендации по выполнению и оформлению расчетного задания содержится в методических указаниях по подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе и выполнению расчетного задания по дисциплине «Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов тепла».

#### Тематика заданий на курсовой проект

1. «Оптимизация параметров работы одноступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла». Выполнить расчет установки, работающей на пяти различных рабочих агентах.
2. «Оптимизация параметров работы одноступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла с регенерацией». Выполнить расчет установки, работающей на пяти различных рабочих агентах.
3. «Оптимизация параметров работы каскадного парожидкостного компрессионного трансформатора тепла». Выполнить расчет установки, работающей на трех парах различных рабочих агентов.
4. «Оптимизация параметров работы многоступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла (на примере 2-х ступенчатой установки)». Выполнить расчет установки, работающей на пяти различных рабочих агентах.
5. «Оптимизация параметров работы сорбционного трансформатора тепла, работающего по повышающей схеме». Выполнить расчет установки, работающей на трех парах различных рабочих агентов и сорбентов.
6. «Оптимизация параметров работы парожидкостного трансформатора тепла». Выполнить расчет установки, работающей на трех различных рабочих агентах.
7. «Оптимизация параметров работы одноступенчатого газового трансформатора тепла». Выполнить расчет установки, работающей на пяти различных рабочих агентах.
8. «Оптимизация параметров работы одноступенчатого газового трансформатора тепла с регенерацией». Выполнить расчет установки, работающей на пяти различных рабочих агентах.



9. «Оптимизация параметров работы многоступенчатого газового трансформатора тепла (на примере 2-х ступенчатой установки)». Выполнить расчет установки, работающей на пяти различных рабочих агентах.
10. «Оптимизация параметров работы криогенного трансформатора тепла». Выполнить расчет установки, работающей на пяти различных рабочих агентах.

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

11. Схема и процессы работы одноступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
12. Схема и процессы работы одноступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла с охладителем. Оптимизация параметров установки.
13. Схема и процессы работы одноступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла с регенерацией. Оптимизация параметров установки.
14. Схема и процессы работы каскадного парожидкостного компрессионного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
15. Схема и процессы работы многоступенчатого парожидкостного компрессионного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
16. Схема и процессы работы одноступенчатой теплонасосной установки. Оптимизация параметров установки.
17. Схема и процессы работы двухступенчатой теплонасосной установки. Оптимизация параметров установки.
18. Основное и вспомогательное оборудование парожидкостных компрессионных трансформаторов тепла.
19. Схема и процессы работы сорбционного трансформатора тепла, работающего по повышающей схеме. Оптимизация параметров установки.
20. Схема и процессы работы сорбционного трансформатора тепла, работающего по расщепительной схеме. Оптимизация параметров установки.
21. Основное и вспомогательное оборудование сорбционных трансформаторов тепла.
22. Струйные трансформаторы тепла, общая характеристика. Типы струйных трансформаторов тепла.
23. Струйный компрессор. Принципиальная схема и принцип действия. Оптимизация параметров струйного компрессора.
24. Схема и процессы работы парожетторного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
25. Схема и процессы работы вихревого трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
26. Основное и вспомогательное оборудование струйных, парожетторных и вихревых трансформаторов тепла.
27. Схема и процессы работы одноступенчатого газового трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
28. Схема и процессы работы одноступенчатого газового трансформатора тепла с регенерацией. Оптимизация параметров установки.
29. Схема и процессы работы многоступенчатого газового трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
30. Схема и принцип работы газового трансформатора тепла с вакуумным квазициклом.
31. Основное и вспомогательное оборудование газовых компрессионных трансформаторов тепла.
32. Ожижение, замораживание и низкотемпературное разделение.

33. Схема и процессы работы криогенного трансформатора тепла. Оптимизация параметров установки.
34. Основное и вспомогательное оборудование криогенных трансформаторов тепла.

#### **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 практическим занятиям, самостоятельной работе и выполнению курсового проекта по дисциплине «Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов тепла». В них содержатся методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе студента и выполнению расчетно-графической работы.

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

#### **а) основная литература**

1. 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?pl1\\_id=52165](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52165)

#### **б) дополнительная литература**

1. 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?pl1\\_id=39143](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=39143)
2. 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?pl1\\_id=58497](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58497)
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?pl1\\_id=52174](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52174)
4. Бакланова В.Г. Теплообменные аппараты низкотемпературных установок и систем термостатирования. Часть 1. «Аппараты трубчатого и пластинчато-ребристого типов» [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Г. Бакланова, Ю.А. Шевич. - Электрон. дан. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011. - 68 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52215](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52215)

### **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 4 лекции и 8 практических занятий. Изучение курса завершается сдачей экзамена.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических 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. При этом 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.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**Практические занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические занятия выполняют следующие задачи:

- стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы;
- закрепляют знания, полученные в процессе самостоятельной работы над литературой;
- расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;
- позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;
- прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;
- способствуют свободному оперированию терминологией;
- предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на вопросы, выносимые на рассмотрение для данного занятия или в соответствии с полученным заданием.

В ходе проведения практического занятия преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов, в соответствии с тематикой занятия и индивидуальным или групповым заданием, полученном студентами на предыдущем занятии, для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам опроса и участия студента в обсуждении вопросов рассматриваемых на практическом занятии выставляется оценка за него.

При подготовке к экзамену в дополнение к изучению 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)**

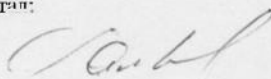
При проведении **практических занятий** предусматривается использование систем мультимедиа и информационного ресурса интернет.

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

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), рабочие места студентов оснащены индивидуальными компьютерами.

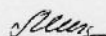
Рабочую программу дисциплины разработал:

доцент кафедры ПТЭ  
к.т.н., доцент



В.А. Галковский

зав. кафедрой ПТЭ  
к.т.н., доцент



В.А. Михайлов

Программа одобрена на заседании кафедры ПТЭ от «24» января 2017 года, протокол № 1