

**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  
НАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ**

---

**Направление бакалавриата: 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** «Нагнетатели и тепловые двигатели» является подготовка студента к расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности, к научно-исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению подготовки; изучение и освоение теоретических основ, принципов действия и конструкций тепловых двигателей (паровых и газовых турбин, двигателей внутреннего сгорания) и нагнетателей (насосов, вентиляторов, компрессоров), используемых в теплоэнергетических системах и установках промышленных предприятий; формирование знаний и умений, необходимых для самостоятельного обоснованного выбора методов решения прикладных задач в предметной сфере деятельности.

**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:

- ПК-2: способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием;
- ПК-4: способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- типовые методики термодинамических и гидродинамических расчетов при проектировании и эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей, стандартные средства и системы автоматизации выполнения технических расчетов (ПК-2);
- основы проведения экспериментов на различного типа нагнетателях и тепловых двигателях по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-4).

### **Уметь:**

- проводить гидравлические расчеты применительно к нагнетателям и тепловым двигателям по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации с применением стандартных средств и систем автоматизации выполнения гидравлических расчетов (ПК-2);
- проводить эксперименты на тепловых двигателях и нагнетателях по заданной методике и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-4).

### **Владеть:**

- методиками проведения термодинамических и гидравлических расчетов нагнетателей и тепловых двигателей с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации и применением средств и систем автоматизации выполнения (ПК-2);
- методиками проведения экспериментов на нагнетателях и тепловых двигателях различного типа с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-4).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Нагнетатели и тепловые двигатели» относится к вариативной части цикла Б1 учебного плана по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в соответствии с ПК-2, формируемые следующими предшествующими дисциплинами:

Б1.Б.12	Механика
Б1.Б.15	Электротехника и электроника
Б1.Б.16	Гидрогазодинамика
Б1.В.ДВ.5.1	Основы трансформации тепла
Б1.В.ДВ.5.2	Системы хладоснабжения объектов теплоэнергетики

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций ПК-2 в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», и будут использованы при изучении последующих учебных дисциплин:

Б1.В.ОД.9	Котельные установки и парогенераторы
Б1.В.ОД.13	Источники и системы теплоснабжения. Часть 2: Системы теплоснабжения потребителей тепла
Б1.В.ОД.14	Тепломассообменное оборудование предприятий
Б1.В.ОД.15	Электроснабжение предприятий и электропривод
Б1.В.ДВ.6.1	Теплотехнологические процессы и установки
Б1.В.ДВ.6.2	Высокотемпературные установки промышленных предприятий
Б1.В.ДВ.8.2	Использование системы автоматизированного проектирования в тепло-Энергетике
Б1.В.ДВ.9.1	Инженерные сети зданий и сооружений
Б1.В.ДВ.9.2	Системы теплоснабжения и вентиляции
Б1.В.ДВ.10.1	Технологические энергосистемы предприятий
Б1.В.ДВ.10.2	Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях
Б1.В.ДВ.11.1	Электрические машины и аппараты
Б1.В.ДВ.11.2	Электромеханические преобразователи в теплоэнергетике
Б2.П.4	Преддипломная практика
Б3	Государственная итоговая аттестация

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в соответствии с ПК-4, формируемые следующими предшествующими дисциплинами:

Б1.Б.13	Техническая термодинамика
Б1.Б.14	Тепломассообмен
Б1.Б.18	Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов
Б1.В.ДВ.2.1	Физические измерения и обработка их результатов
Б1.В.ДВ.2.2	Теория теплопроводности
Б1.В.ДВ.5.1	Основы трансформации тепла
Б1.В.ДВ.5.2	Системы хладоснабжения объектов теплоэнергетики

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций

ПК-4 в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», и будут использованы при изучении последующих учебных дисциплин:

Б2.П.3 Научно-исследовательская работа  
Б3 Государственная итоговая аттестация

Знания, полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы при выполнении бакалаврской выпускной работы и дальнейшему обучению по программе магистерской подготовки.

### 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.11	
Часов (всего) по учебному плану:	180	6 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	5	6 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	6 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1, 36	6 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	6 семестр
Курсовое проектирование (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	6 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1,5, 54	6 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов всего)	1, 36	6 семестр

#### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,25, 9
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,25, 9
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	0,25, 9
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта	0,75, 27
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	1,5, 54
Подготовка к экзамену	1, 36

#### 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 учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)					
			Лк	Пр	Лаб	КП	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	<b>Тема 1. Принцип действия нагнетательных и расширительных машин.</b>	11	2	4	-	-	5	-
2	<b>Тема 2. Компрессоры и насосы.</b>	85	6	16	18	18	27	18
3	<b>Тема 3. Паровые и газовые турбины.</b>	35	8	12	-	-	15	2
4	<b>Тема 4. Двигатели внутреннего сгорания.</b>	13	2	4	-	-	7	
<b>всего 180 часов по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену)</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>20</b>

#### Содержание по видам учебных занятий

##### Тема 1. Принцип действия нагнетательных и расширительных машин.

**Лекция 1.** Классификация нагнетателей и тепловых двигателей. Основные параметры, характеризующие нагнетательные и расширительные машины. Газодинамические основы расчета турбомашин. (2 часа).

**Практическое занятие 1.** Циклы паротурбинных и газотурбинных установок. (2 часа)

**Практическое занятие 2.** Основные газодинамические характеристики турбомашин. (2 часа)

**Самостоятельная работа 1.** Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к текущему контролю знаний (всего к теме №1 – 5 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям, текущие консультации по материалам учебных занятий.

##### Тема 2. . Компрессоры и насосы.

**Лекция 2.** Нагнетатели объемного действия. Нагнетатели кинетического действия (2 часа).

**Лекция 3.** Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора.

**Лекция 4.** Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов.

**Практическое занятие 3.** Расчет параметров рабочей точки насосной установки. (2 часа)

**Практическое занятие 4.** Последовательное и параллельное включение насосов. (2 часа)

**Практическое занятие 5.** Регулирование производительности турбокомпрессоров. (2 часа)

**Практическое занятие 6.** Перерасчет характеристик турбокомпрессора. (2 часа)

**Практическое занятие 7.** Подбор насосного оборудования для работы гидравлической сети. (2 часа)

**Практическое занятие 8.** Газодинамический расчет ступени центробежного компрессора. (2 часа)

**Практическое занятие 9.** Расчет напорной характеристики ступени центробежного компрессора. (2 часа)

**Практическое занятие 10.** Контрольная работа по материалам темы №2. (2 часа)

**Лабораторная работа 1.** Изучение конструкции центробежных и поршневых компрессоров (4 часа).

**Лабораторная работа 2.** Последовательное включение центробежных насосов. (4 часа)

**Лабораторная работа 3.** Параллельное включение центробежных насосов. (4 часа)

**Лабораторная работа 4.** Регулирование производительности центробежных насосов. (6 часов).

**Курсовое проектирование.** Выполнение курсового проекта на тему «Эскизное проектирование ступени центробежного компрессора» (9 часов).

**Самостоятельная работа 2.** Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. Выполнение, оформление и подготовка к защите лабораторных работ. Выполнение курсового проекта (всего к теме №2 – 27 часов). Оформление курсового проекта. Подготовка к защите курсового проекта. Подготовка к промежуточной аттестации.

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.

### **Тема 3. Паровые и газовые турбины.**

**Лекция 5.** Паровые и газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин. (2 часа).

**Лекция 6.** Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате. (2 часа).

**Лекция 7.** Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины. (2 часа).

**Лекция 8.** Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. (2 часа).

**Практическое занятие 11** Изучение конструкции газовых и паровых турбин. (2 часа).

**Практическое занятие 12.** Рабочий процесс в соплах турбин. (2 часа).

**Практическое занятие 13.** Рабочий процесс в турбинной ступени. (2 часа).

**Практическое занятие 14.** Построение треугольников скоростей на лопатках турбины. (2 часа).

**Практическое занятие 15.** Построение полного процесса расширения пара в турбине в T-S диаграмме. (2 часа).

**Практическое занятие 16.** Контрольная работа по материалам темы №3. (2 часа).

**Самостоятельная работа 3.** Подготовка к практическим занятиям (всего к теме №3 – 15 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям.

### **Тема 4. Двигатели внутреннего сгорания.**

**Лекция 9.** Основные характеристики ДВС. Устройство и принцип работы ДВС. (2 часа).

**Практическое занятие 17.** Расчет циклов ДВС. (2 часа).

**Практическое занятие 18.** Изучение конструкции ДВС. (2 часа).

**Самостоятельная работа 4.** Подготовка к практическим занятиям. Оформление курсового проекта (всего к теме №3 – 7 часа). Подготовка к промежуточной аттестации.

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям.

Лекционные занятия (в количестве 2 часа) проводятся в интерактивной форме в виде презентаций с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, видео, слайдов, компьютеров с последующим обсуждением материалов. Перед презентацией перед обучаемыми ставится несколько (3-5) ключевых вопросов. Можно останавливать презентацию на заранее намеченных позициях и проводить дискуссию. По окончании презентации необходимо обязательно совместно со студентами подвести итоги и озвучить извлеченные выводы.

При проведении лабораторных работ (в количестве 18 часов) в качестве интерактивных методов предусмотрено применение работы в малых группах.

Работа в малых группах – это одна из самых популярных стратегий, так как она дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия).

#### **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:

- учебное пособие к лекциям и практическим занятиям по дисциплине,
- методические указания по самостоятельной работе (см. Приложение 1),
- методические указания по лабораторным работам,
- задания с методическими указаниями к курсовому проекту по дисциплине.

### **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: ПК-2 «способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием», ПК-4 «способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата».

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных технических задач на практических занятиях, лабораторных работах, выполнении курсового проекта, успешной сдачи экзамена.

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

Сформированность 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 сформированности 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 50% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности 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 сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-2 «способность 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 отчетах студента по практическим занятиям, лабораторным работам, курсовому проекту. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защите курсового проекта, ответах на практических занятиях и при защите лабораторных работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- методов термодинамических и гидродинамических расчетов при проектировании и эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей ,
- стандартных средств и систем автоматизации при выполнении технических расчетов;

наличие **умения**:

- проводить термодинамические и гидравлические расчеты применительно к нагнетателям и тепловым двигателям по типовым методикам с использованием технической и нормативной документации,
- разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию в области проектирования нагнетателей и тепловых двигателей,
- применять современные компьютерные и информационные технологии для проведения инженерных расчетов нагнетателей и тепловых двигателей;

присутствие **навыка**:



- применения методов термодинамического анализа при расчетах нагнетателей и тепловых двигателей с использованием нормативной документации,
- практического применения современных методов поиска и обработки информации,
- оформлять законченные проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами в области проектирования,
- практического применением современных компьютерных и информационных технологий на различных этапах проектирования и эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-4 «способность 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 студента по практическим занятиям, лабораторным работам, курсовому проекту. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защите курсового проекта, ответах на практических занятиях и при защите лабораторных работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- основ проведения экспериментов на различного типа нагнетателях и тепловых двигателях по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата;

наличие **умения**:

- проводить эксперименты на тепловых двигателях и нагнетателях по заданной методике,
- анализировать результаты эксперимента с привлечением соответствующего математического аппарата;
- теоретически оценивать и экспериментально определять эффективность работы нагнетателей и тепловых двигателей;

присутствие **навыка**:

- применения методик проведения экспериментов на нагнетателях и тепловых двигателях различного типа с привлечением соответствующего математического аппарата,
- проведения теоретических и экспериментальных исследований по повышению эффективности работы нагнетателей и тепловых двигателей.
- обобщения теоретических и экспериментальных исследований работы нагнетателей и тепловых двигателей.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций: ПК-2 «способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием», ПК-4 «способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата» в процессе выполнения и защиты курсового проекта, в результате выполнения лабораторных работ и заданий на практических занятиях.

Предусмотрено выполнение курсового проекта на тему «Эскизное проектирование ступени центробежного компрессора».

В процессе защиты курсового проекта студенту задается по 2 вопроса.

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один вопрос и частичный ответ на второй вопрос – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций: ПК-2 «способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием», ПК-4 «способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата» в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля. На защите соответствующих лабораторных работ (Михайлов В.А., Фокин А.М. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели». – Смоленск: СФМЭИ, 2006) задается 2 вопроса из примерного перечня, приведенного в методических указаниях.

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций: ПК-2 «способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием», ПК-4 «способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата» в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность называть при устном ответе основные законы гидростатики и гидродинамики, приводить простейшие соотношения для гидравлического расчета элементов нагнетателей и тепловых двигателей соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельно выполнять гидравлические расчеты гидротехнического и теплосилового оборудования – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способен самостоятельно выполнять проектные расчеты с применением нормативно-справочной литературы – соответствует эталонному уровню.

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

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

Экзамен по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели» 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 не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задания

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом непринципиальные 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, знакомы 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, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные проблемы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы 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). Оценка «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 6 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**

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

1. Приведите схему типичной паротурбинной установки, работающей по циклу Рэнкина.
2. Изобразите цикл в PV и TS координатах. Дайте пояснения.
3. Укажите основные способы повышения термического КПД циклов ПТУ.
4. Поясните принцип преобразования потенциальной энергии давления пара (газа) в кинетическую энергию потока (в соплах) и кинетической энергии потока в механическую работу на движущихся лопатках турбины.
5. Приведите графики изменения давления и абсолютной скорости потока в проточной части активной и реактивной ступени турбины.
6. Поясните понятие степени реактивности.
7. Поясните необходимость и последовательность построения треугольников скоростей на входе и выходе ступени.
8. Как определяется располагаемый теплоперепад  $H_0$ ?
9. Как рассчитывается теоретическая скорость потока?
10. Поясните принцип профилирования дозвукового и сверхзвукового сопел.

11. Что такое КПД на окружности рабочего колеса?
12. Как определяется значение КПД по треугольникам скоростей?
13. В чем заключается целесообразность и необходимость создания многоступенчатых турбин?
14. Как зависит термический КПД такого цикла от работы компрессора?
15. В чем сущность регенерации тепла в ГТУ?
16. Дайте классификацию двигателей внутреннего сгорания и приведите основные теоретические циклы ДВС.
17. Что такое термический КПД цикла ДВС и от чего зависит его величина?
18. Что такое индикаторная диаграмма ДВС?
19. Поясните составляющие теплового баланса ДВС.
20. Поясните рабочий процесс поршневого компрессора.
21. Какие факторы влияют на действительную подачу компрессора?
22. Напишите уравнение Эйлера для лопаточного нагнетателя.
23. Характеристика центробежных нагнетателей.
24. Условия работы нагнетателя на сеть.
25. Понятие рабочей точки.
26. Параллельное и последовательное соединение нагнетателей.

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

1. Определение располагаемого теплоперепада паротурбиной установки.
2. Определение степени реактивности турбины.
3. Определение абсолютной скорости на входе в межлопаточные каналы.
4. Определение абсолютной скорости на выходе из межлопаточных каналов.
5. Расчет скорости пара на выходе из сопла.
6. Определение величины входного и выходного сечения сопла.
7. Расчет абсолютной скорости пара на выходе из рабочего колеса активной турбины.
8. Расчет абсолютной скорости пара на выходе из рабочего колеса реактивной турбины.
9. Расчет изменения давления вдоль потока пара в активной турбине.
10. Расчет изменения давления по ходу потока пара в реактивной турбине.
11. Определение внутренних и внешних потерь напора в проточной части турбин.
12. Расчет величины адиабатного КПД ГТУ.
13. Расчет числа ступеней газовой турбины.
14. Определение мощность ГТУ.
15. Определение расхода топлива для ГТУ мощностью.
16. Расчет скоростной характеристики ДВС.
17. Расчет нагрузочной характеристики ДВС.
18. Расчет регуляторной характеристики ДВС.
19. Расчет теоретического напора ступени центробежного компрессора.
20. Расчет мощности для привода компрессора с производительностью  $G$  и степенью повышения давления  $\lambda$ .

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

Первый, второй вопросы в экзаменационном билете студента – вопрос по лекционному материалу (вопр.1-34). Третий вопрос – задача на тему, близкую к разбираемым на практических за-

нениях и в контрольных работах (задачи представлены в дополнительных методических материалах по дисциплине).

1. Назначение и классификация нагнетателей.
2. Назначение и классификация тепловых двигателей.
3. Уравнение неразрывности потока и уравнение изменения количества движения.
4. Уравнение изменения момента количества движения.
5. Уравнение сохранения энергии потока.
6. Уравнения Эйлера.
7. Способы регулирования расхода нагнетателей.
8. Устойчивость совместной работы нагнетателей и сети.
9. Понятие помпажа.
10. Особенности параллельного подключения нагнетателей.
11. Особенности последовательного подключения нагнетателей.
12. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы поршневого компрессора.
13. Коэффициент объемной подачи поршневого компрессора.
14. Многоступенчатое сжатие, выбор степени сжатия в многоступенчатом компрессоре.
15. Способы регулирования расхода поршневого компрессора.
16. Принцип работы паровых турбин.
17. Классификация паровых турбин.
18. Понятие турбинной степени. Турбинная степень активного и реактивного типа.
19. Тепловой цикл паротурбинной установки в T-S координатах.
20. Пути повышения эффективности ПТУ.
21. Абсолютный и относительный КПД паровой турбины.
22. Особенности расширения пара в соплах. Неизотермическое истечение пара из сопел.
23. Расчет необходимых параметров и построение совместного треугольника скоростей для турбинной ступени активного типа.
24. Расчет необходимых параметров и построение совместного треугольника скоростей для турбинной ступени реактивного типа.
25. Внешние и внутренние потери в паровых турбинах.
26. Лопаточный КПД турбинной ступени.
27. Переменный режим работы паровых турбин.
28. Способы регулирования мощности многоступенчатых паровых турбин.
29. Основные циклы ГТУ.
30. Промежуточное охлаждение воздуха в ГТУ.
31. Утилизация теплоты отходящих газов в ГТУ.
32. Классификации ДВС.
33. Термодинамические циклы ДВС.
34. Пути повышения мощности и экономичности ДВС.

#### **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 рекомендациях по изучению курса «Нагнетатели и тепловые двигатели», в которые входят методические рекомендации к выполнению лабораторных работ (приложение 2 к настоящей РПД), методические рекомендации к самостоятельной работе (приложение 1 к РПД) и заданий с методическими рекомендациями к курсовому проекту.

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

### **а) основная литература**

1. Цанев С.В., Буров В.Д., Земцов А.С., Осыка А.С. Газотурбинные энергетические установки [Электронный ресурс]: учебное пособие - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011 - 428 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=53>
2. Булкин А.Е., Костюк А.Г., Трухний А.Д., Фролов В.В. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов. - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008 - 556 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=8>
3. Перевощиков С.И. Конструкция центробежных насосов (общие сведения) [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - Тюмень: ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013 - 228 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=55442](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=55442)
4. Теплоэнергетика и теплотехника. Книга 3: Тепловые и атомные электростанции. Под общ. Редакцией А.В. Клименко, В.М. Зорина – М. : Издат.дом МЭИ, 2007.-648 с. Доступ по адресу – <http://www.nelbook.ru/?book=148>

### **б) дополнительная литература**

1. Михайлов В.А. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели»/В.А.Михайлов, А.М.Фокин – Смоленск: СФМЭИ, 2006.-24с.
2. Автономова И.В. Компрессорные станции и установки. Часть 1. [Электронный ресурс]: учебное пособие. Электрон. дан. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011 - 84 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52212](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52212)
3. Автономова И.В. Компрессорные станции и установки. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011 - 64 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52213](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52213)
4. Автономова И.В. Компрессорные станции и установки. Ч. 3. Масла и системы смазки компрессоров. Водоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2012 - 76 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52241](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52241)

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

1. Официальный сайт библиотеки МЭИ в г. Смоленске – <http://lib.sbmpei.ru/>
2. Базы данных НЭЛБУК - <http://www.nelbook.ru/>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - <http://biblioclub.ru>
4. Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам.

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

Дисциплина предусматривает лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовой проект. Изучение курса завершается зачетом и экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения лабораторных работ, 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, развитой в лекции. 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, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объём 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 конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан сделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов 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 проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

**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 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).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

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.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. 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 измерений, 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, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.



**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 **лекционных** занятий предусматривается использование *систем* мультимедиа.

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

**Лекционные занятия:**

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в обычной учебной аудитории.

**Лабораторные работы** проводятся в специализированной лаборатории гидравлики **на соответствующих лабораторных стендах.**

Автор к.т.н., доцент

Михайлов В.А.

Зав. кафедрой к.т.н., доцент

Михайлов В.А.

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