



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет» (БГТУ)**

Факультет энергетики и электроники

(наименование факультета/института)

Кафедра «Тепловые двигатели»

(наименование кафедры, ответственной за реализацию учебной дисциплины)

УТВЕРЖДАЮ

**Первый проректор по учебной
работе и цифровизации**

В.А. Шкаберин

«25» апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

Компрессоры, нагнетатели, насосы

(наименование дисциплины)

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Профиль «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов»

(направленность (профиль) образовательной программы)

бакалавриат

(уровень образования)

бакалавр

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

очная

(форма обучения)

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины
Компрессоры, нагнетатели, насосы

(наименование дисциплины)

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов

(направленность (профиль) образовательной программы)

Разработал:

К.Т.Н., доц.

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Дмитриевский Е.В.

(И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Тепловые двигатели

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

« 28 » марта 2022 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой

Д.Т.Н., доц.

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Обозов А.А.

(И.О. Фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой

Турбиностроение

(наименование выпускающей кафедры)

К.Т.Н., доц.

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Осипов А.В.

(И.О. Фамилия)

Трубопроводные транспортные системы

(наименование выпускающей кафедры)

Д.Т.Н., доц.

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Шалыгин М.Г.

(И.О. Фамилия)

© Дмитриевский Е.В., 2022

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Структура дисциплины

5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины

5.3. Лекции

5.4. Лабораторные работы

5.5. Практические занятия

5.6. Самостоятельная работа обучающихся

5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

6. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

11.1. Методические материалы для педагогических работников

11.2. Методические материалы для обучающихся

12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости

12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине

12.5. Характеристика результатов обучения

12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа разработана в рамках утвержденной учебно-методическим управлением БГТУ Основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) и представляет собой комплекс рекомендаций и разъяснений, позволяющих студенту оптимальным образом организовать процесс изучения данной дисциплины.

Компрессорные машины, нагнетатели и насосы – основные элементы энергетических установок. Предмет, задачи, содержание и структура дисциплины, ее связь с другими дисциплинами направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» соответствует профилю (специализации) «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов», «Паро- и газотурбинные установки и двигатели», «Трубопроводные транспортные системы».

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины состоит в теоретической и практической подготовке студентов для проектно-конструкторской, производственно - технологической, исследовательской и эксплуатационной деятельности в качестве бакалавров в различных отраслях промышленности. В процессе изучения дисциплины рассматриваются основы термодинамики процессов нагнетания газов и жидкостей, схемы, принципы действия, методы расчета осевых и центробежных компрессоров, нагнетателей и насосов. Дается анализ приведенных характеристик и переменных режимов работы компрессоров, нагнетателей и насосов. Цель освоения дисциплины соответствует общим целям ОПОП ВО.

Статус дисциплины направлен на базовую профессиональную подготовку, личностное развитие и гражданское воспитание студентов с учетом индивидуальных образовательных потребностей.

Задача освоения дисциплины – подготовить выпускников после изучения данной дисциплины к обоснованию собственных заключений и выводов, осознанию ответственности за результат принятых профессиональных решений и стимулировать процессы самообучения и непрерывного профессионального совершенствования.

Дисциплина «Компрессоры, нагнетатели, насосы» имеет большое прикладное значение для освоения изучаемых дисциплин: «Конструирование ДВС», «Динамика двигателей», «Системы двигателей», «Агрегаты наддува», «Энергетические установки с ДВС», «Эксплуатация и сервисное обслуживание ДВС», а также для выполнения курсового и дипломного проектирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина «Компрессоры, нагнетатели, насосы» Б1.О.26 ДН5 относится к обязательной части дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.03 - Энергетическое машиностроение (профили «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов», «Паро- и газотурбинные установки и двигатели», «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов»).

Знания, полученные в результате освоения настоящей дисциплины, необходимы при изучении всех последующих дисциплин учебного плана, выполнении выпускной квалификационной работы, всей программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.03 - Энергетическое машиностроение. Изучение настоящей дисциплины способствуют формированию у студента профессиональных компетенций в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.03 - Энергетическое машиностроение.

Дисциплина «Компрессоры, нагнетатели и насосы» опирается на знание общетехнических и специальных дисциплин и взаимосвязана с параллельно изучаемыми профилирующими дисциплинами кафедр «Тепловые двигатели», «Турбиностроение», «Трубопроводные транспортные системы» и является базой для формирования содержания Государственной итоговой аттестации и практической деятельности бакалавра.

Данная дисциплина читается по действующему учебному плану в 5 семестре 3 курса. Её изучение необходимо для теоретической и практической подготовки студентов к проектно-конструкторской, научно-исследовательской, производственно-технологической, монтажно-наладочной и сервисно-эксплуатационной, а также организационно-управленческой деятельности в качестве бакалавров в различных промышленных отраслях энергетического машиностроения: энергетике, нефтяной, газовой, химической, металлургической промышленности, авиации, автомобильном, железнодорожном транспорте, морском флоте и т.д. Для достижения этого студенты изучают принцип действия и устройство компрессорных машин, физическую сущность происходящих процессов в их проточной части, методы расчета, универсальные характеристики и переменные режимы работы.

Преподавание данной дисциплины ведется с учетом последних достижений в области разработки и создания компрессорных машин. При изучении дисциплины, выполнении лабораторных и практических работ студент должен знать основы вычислительной техники, программирования, графоопроjection и уметь применять их на практике.

Основные положения дисциплины сообщаются в лекционном материале. Большой объем лабораторных и практических работ обеспечивает в значительной мере углубление и закрепление полученных знаний. Каждая лабораторная работа выполняется как целенаправленное самостоятельное экспериментальное исследование, тем самым студент проходит весь цикл учебно-исследовательской работы от постановки задачи исследования, определения целей, до анализа полученных данных и выводов по работе.

В результате изучения курса студент должен

знать:

- методологию и теоретические основы развития энергетического машиностроения;
- теоретические основы термодинамики, газодинамики и физическую сущность процессов, протекающих в тепловых энергетических машинах;
- характеристики рабочих параметров компрессорных машин;

- возможные причины нестабильности рабочих параметров компрессорных машин;
- возможные причины неэффективности рабочих параметров компрессорных и насосных машин;

уметь:

- обобщать, анализировать информацию о тенденциях развития машин, перекачивающих жидкости и газы;
- использовать теоретический материал для решения практических расчетных задач;
- определять слабые стороны конструкции конкретных агрегатов;
- участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности;
- определять и выявлять источник неэффективности рабочих параметров компрессорных и насосных машин;

иметь представление:

- об основных технических характеристиках энергетических машин, направлениях повышения эффективности машин, механизмах улучшения качества изделий;
- об использовании прикладных компьютерных математических программ для расчета энергетических машин;
- об основных методах проектирования при создании и доводке объектов энергетического машиностроения;
- о методологии испытаний и исследований объектов профессиональной деятельности по заданной программе
- об основных конструкторских и технологических методах для разработки и применения энергоэффективных машин, установок, двигателей и аппаратов по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими компетенциями в рамках дисциплины «Компрессоры, нагнетатели и насосы» (табл. 1):

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ОПК Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	ИД-1 _{ОПК-2} . Применяет для решения задач алгоритмы с помощью программных средств. ИД-2 _{ОПК-2} . Применяет средства ин-	Знает: - физико-математический аппарат, необходимый при разработке алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения. Умеет: - применять методы теоретического и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	формационных технологий для обработки информации. ИД-3 _{ОПК-2} . Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	экспериментального исследования при решении профессиональных задач. Владеет: - навыками использования методов разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения при решении профессиональных задач.
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИД-1 _{ОПК-3} . Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной. ИД-2 _{ОПК-3} . Применяет математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений. ИД-3 _{ОПК-3} . Применяет математический аппарат теории вероятностей и математической статистики.	Знает: - физико-математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной, математический аппарат теории вероятностей и математической статистики. Умеет: - применять методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. Владеет: - навыками использования соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 академических часа). Виды учебной нагрузки и распределение ее по семестрам приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом образовательной программы	Трудоемкость, час.	
	Всего	Семестр
		5
1. Контактная работа обучающихся с педагогическими работниками, в том числе:	64	64

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом образовательной программы	Трудоемкость, час.	
	Всего	Семестр
		5
1.1. Лекции	32	32
1.2. Лабораторные работы	16	16
1.3. Практические занятия	16	16
2. Самостоятельная работа обучающихся	44	44
3. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся, в том числе:	36	36
3.1. Экзамен	20	20
3.2. Зачет		
3.3. Зачет с оценкой		
3.4. Курсовая работа	16	16
3.5. Расчетно-графическая работа		
Общая трудоемкость	144	144

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Структура дисциплины

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в табл. 3.

Таблица 3 – Тематический план дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость, час.				
	Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
Тема 1. Основы термодинамики процессов нагнетания	8	4	-	-	4
Тема 2. Центробежные компрессоры (ЦБК)	36	6	4	8	18
Тема 3. Осевые компрессоры (ОК)	36	6	4	8	18
Тема 4. Приведенные характеристики и переменные режимы работы компрессоров	8	6	-	-	2
Тема 5. Нагнетатели, вентиляторы, насосы	20	10	8	-	2
Контроль	36	-	-	-	-
Итого	144	32	16	16	44

5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины

Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины представлено в табл. 4.

Таблица 4 – Формирование компетенций по разделам (темам) дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	
	ОПК-2	ОПК-3
Тема 1. Основы термодинамики процессов нагнетания	+	-
Тема 2. Центробежные компрессоры (ЦБК)	-	+
Тема 3. Осевые компрессоры (ОК)		+
Тема 4. Приведенные характеристики и переменный режим работы компрессоров	+	-
Тема 5. Нагнетатели, вентиляторы, насосы	-	+

5.3. Лекции

В подразделе приводится перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость (табл. 5).

Таблица 5 – Тематика и содержание лекций

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
Тема 1. Основы термодинамики процессов нагнетания	Основные понятия и определения	Основные понятия и определения, расчетные уравнения: энергии, Эйлера, неразрывности, мощности, КПД и др.	4
	Идеальные и реальные процессы нагнетания	Идеальные и реальные процессы нагнетания. Однокаскадное и многокаскадное сжатие, $T-S$ - диаграмма. Промежуточное охлаждение.	
Тема 2. Центробежные компрессоры (ЦБК)	Процессы сжатия в элементах $T-S$ - диаграмме.	Схемы и принцип действия, процессы сжатия в элементах $T-S$ - диаграмме.	6
	Степень реактивности, удельная работа, КПД ступени ЦБК.	Степень реактивности, удельная работа, КПД ступени ЦБК. ЦБК с различной степенью реактивности, форма лопаток, треугольники скоростей.	
	Влияние конечного числа лопаток Потери энергии в элементах ЦБК.	Влияние конечного числа лопаток, относительный вихрь и изменение треугольников скоростей. Условия работы на входе и на выходе	

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		рабочего колеса. Потери энергии в элементах ЦБК.	
Тема 3. Осевые компрессоры (ОК)	Ступень компрессора, степень реактивности, треугольники скоростей	Ступень осевого компрессора, степень реактивности, треугольники скоростей при $\rho = 0,5, 0,75$ и $1,0$; их сравнение.	6
	Условия обтекания лопаток в различных сечениях	Условия обтекания лопаток в различных сечениях по высоте, влияние чисел Re и M .	
	Многоступенчатые компрессоры	Потери энергии в ступени ОК. Многоступенчатые компрессоры, процесс сжатия в $T-S$ диаграмме, коэффициент затраты энергии. Методы закрутки лопаток. Меридиональная форма проточной части.	
Тема 4. Приведенные характеристики и переменный режим работы компрессоров	Работа компрессорных ступеней на различных режимах	Работа компрессорных ступеней на различных режимах.	6
	Помпажные явления, вращающийся срыв	Понятие $M_{кр}$, $M_{мах}$; вращающийся срыв, срывной флаттер, волновое сопротивление, помпаж, запираение.	
	Универсальные приведенные характеристики компрессоров	Универсальные приведенные характеристики компрессоров. Параллельная и последовательная работа компрессорных машин.	
Тема 5. Нагнетатели, вентиляторы, насосы	Классификация, основные понятия и определения	Классификация, основные понятия и определения нагнетателей, вентиляторов, насосов.	10
	Нагнетатели	Расчетные формулы и рабочие характеристики, особенности конструкции, подбор нагнетателей. Параллельная и последовательная работа нагнетателей, вентиляторов.	
	Вентиляторы	Расчетные формулы и рабочие характеристики, особенности конструкции, подбор вентиляторов	
	Насосы	Расчетные формулы и рабочие характеристики, особенности конструкции, подбор насосов.	

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
	Параллельная и последовательная работа агрегатов	Подбор нагнетателей, вентиляторов и насосов. Универсальные приведенные характеристики компрессоров. Параллельная и последовательная работа нагнетателей, вентиляторов, насосов.	
Итого	–	–	32

5.4. Лабораторные работы

Перечень лабораторных работ, их содержание и трудоемкость приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Тематика лабораторных работ

Наименование темы дисциплины	Тема лабораторной работы	Трудоемкость, час.
Тема 2	Треугольники скоростей и характеристики центробежных компрессоров	4
Тема 3	Треугольники скоростей и геометрические характеристики ступени осевых компрессоров	4
Тема 5	Расчет характеристик центробежного насоса и построение треугольников скоростей	4
	Определение внешних характеристик вентиляторной установки	4
Итого	–	16

5.5. Практические занятия

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость приводятся в таблице 7.

Таблица 7 – Тематика и содержание практических занятий

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
Тема 1. Основы термодинамики процессов нагнетания	Идеальные и реальные процессы нагнетания.	Идеальные и реальные процессы нагнетания. Основные понятия и определения, расчетные уравнения: энергии, Эйлера, неразрывности, мощности, КПД и др. Однокаскадное и многокаскадное сжатие, $T-S$ - диаграмма. Промежуточное охлаждение.	4
Тема 2. Центробежные компрессоры (ЦБК)	Схемы и принцип действия центробежных компрессоров	Схемы и принцип действия, процессы сжатия в элементах $T-S$ - диаграмме. Степень реактивности, удельная работа, КПД ступени ЦБК. ЦБК с различной степенью реактивности, форма	4

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
		лопаток, треугольники скоростей. Влияние конечного числа лопаток, относительный вихрь и изменение треугольников скоростей. Условия работы на входе и на выходе рабочего колеса. Потери энергии в элементах ЦБК.	
Тема 3. Осевые компрессоры (ОК)	Ступень компрессора, степень реактивности, треугольники скоростей	Ступень компрессора, степень реактивности, треугольники скоростей при $\rho = 0,5$ и $1,0$, их сравнение. Условия обтекания лопаток в различных сечениях по высоте, влияние чисел R_e и M . Потери энергии в ступени. Многоступенчатые компрессоры, процесс сжатия в $T-S$ диаграмме, коэффициент затраты энергии. Методы закрутки лопаток. Меридиональная форма проточной части.	4
Тема 4. Приведенные характеристики и переменный режим работы компрессоров	Работа компрессорных ступеней на различных режимах	Работа компрессорных ступеней на различных режимах работы. Понятие $M_{кр}$, M_{max} ; вращающийся срыв, срывной флаттер, волновое сопротивление, помпаж, заклинивание. Универсальные приведенные характеристики компрессоров. Параллельная и последовательная работа компрессорных машин.	2
Тема 5. Нагнетатели, вентиляторы, насосы	Классификация, основные понятия и определения	Классификация, основные понятия и определения. Расчетные формулы и рабочие характеристики, особенности конструкции, подбор нагнетателей, вентиляторов и насосов.	2
Итого	—	—	16

Содержание лекций, лабораторных работ и практических занятий, задания для самостоятельной работы, список рекомендуемой литературы представлены в форме комплекта учебно-методических материалов, который размещен в соответствующем разделе электронной информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>).

5.6. Самостоятельная работа обучающихся

Самостоятельная работа студентов является важнейшим видом обучения, закладывает основы прочных знаний и дает практические навыки, необходимые для будущей самостоятельной работы.

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
Тема 1. Основы термодинамики процессов нагнетания	1. Идеальные и реальные процессы нагнетания. 2. Основные понятия и определения. 3. Расчетные уравнения: энергии, Эйлера, неразрывности, мощности, КПД и др.
Тема 4. Приведенные характеристики и переменный режим работы компрессоров	1. Работа компрессорных ступеней на различных режимах работы. 2. Вращающийся срыв, срывной флаттер, волновое сопротивление, помпаж, запираание. 3. Параллельная и последовательная работа компрессорных машин.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся должны принимать решение по рассматриваемой проблеме с минимальным участием педагогического работника. Для решения поставленных задач может использоваться дополнительная литература и источники в информационно-коммуникационной сети «Интернет». Для закрепления пройденного материала педагогическим работником могут выдаваться домашние задания.

В табл. 9 указаны виды самостоятельной работы, выполняемые обучающимися при изучении соответствующих тем дисциплины.

Таблица 9 – Виды самостоятельной работы

Наименование темы дисциплины	Виды самостоятельной работы
Тема 1. Основы термодинамики процессов нагнетания	Изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе; подготовка к лекциям; выполнение реферата, подготовка к зачету и экзамену.
Тема 2. Центробежные компрессоры (ЦБК)	Изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе; подготовка к лекциям; выполнение курсовой работы, выполнение реферата, подготовка к зачету и экзамену.
Тема 3. Осевые компрессоры (ОК)	Изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе; подготовка к лекциям; выполнение курсовой работы, выполнение реферата, подготовка к зачету и экзамену.
Тема 4. Приведенные характеристики и переменный режим работы компрессоров	Изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе; подготовка к лекциям; выполнение курсовой работы, выполнение реферата, подготовка к зачету и экзамену.
Тема 5. Нагнетатели, вентиляторы, насосы	Изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе; подготовка к лекциям; выполнение курсовой работы, выполнение реферата, подготовка к зачету и экзамену.

Примеры индивидуального задания с целью демонстрации сложности и объема предстоящей работы приводятся в табл. 10.

Таблица 10 – Пример индивидуального задания для самостоятельной работы

Тема	Задание	Содержание задания
Тема 2. Центробежные компрессоры (ЦБК)	Определить треугольники скоростей и характеристики рабочего колеса макета центробежного компрессора ТК-50	Выполнить эскизирование рабочего колеса макета центробежного компрессора ТК-50. Выполнить расчеты характеристик рабочего колеса. Вычертить треугольники скоростей рабочего колеса.
Тема 3. Осевые компрессоры (ОК)	Определить треугольники скоростей и характеристики ступени макета осевого компрессора самолета АН-24	Выполнить эскизирование ступени макета осевого компрессора двигателя самолета АН-24. Выполнить расчеты характеристик ступени макета осевого компрессора. Вычертить треугольники скоростей ступени.

Самостоятельная работа включает следующие виды: изучение теоретического материала по рекомендуемой основной и дополнительной учебной литературе; подготовка к лекциям; выполнение курсовой работы; написание реферата по предложенным вопросам; подготовка к зачету и экзамену.

Выполнение курсовой работы дает студенту возможность более полно овладеть изучаемым предметом. При этом студент приобретает навыки проведения расчетов параметров центробежных и осевых компрессоров по предложенному алгоритму, построения основных характеристик компрессоров.

Целью выполнения реферата является проверка усвоения студентами соответствующих разделов курса. Приступать к выполнению реферата следует после изучения необходимого рекомендуемого материала и выполнения лабораторных работ и практических занятий. При оформлении реферата необходимо использовать методические указания, офисные и графические компьютерные программы, приводить соответствующие расчетные формулы.

Студент подробно докладывает результаты выполнения заданных работ, делает выводы о проделанной работе и о соответствии полученных в расчетах характеристик исследования двигателя современному уровню энергомашиностроения.

Председателем комиссии по защите курсовой работы и реферата должен быть лектор дисциплины.

5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины. Формы контрольно-оценочных мероприятий, проводимых в рамках текущего контроля успеваемости, представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Формы и периодичность текущего контроля успеваемости

Вид учебной работы	Форма текущего контроля успеваемости	Периодичность осуществления
Практические занятия	Опрос, экспресс-тестирование	На каждом занятии
Самостоятельная работа обучающихся	Выполнение индивидуальных заданий	В течение семестра
Лабораторные работы	Опрос, защита лабораторной работы	На каждом занятии

Оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (промежуточная аттестация обучающихся) осуществляется в форме:

- выполнения (защиты) расчетно-графической работы;
- выполнения (защиты) реферата;
- выполнения практических и лабораторных работ;
- зачета;
- экзамена, проводимого в устной форме.

Аттестационное испытание может дополнительно включать в себя прохождение теста с использованием технологии компьютерного тестирования. Для уточнения оценки экзаменатор может проводить короткий опрос-собеседование с обучающимся и (или) выдавать ему дополнительные задания.

6. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии: личностно-ориентированные, активизации деятельности обучающихся, интеллектуальной направленности, проблемного обучения, диалоговые и профессионально-ориентированные (табл. 12).

Таблица 12 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

Вид учебной работы	Применяемые образовательные технологии
Лекции	Проблемная лекция. Лекция-визуализация. Лекция-беседа. Лекция-дискуссия. Лекция-исследование
Практические занятия	Репродуктивные, частично поисковые, исследовательские (поисковые) на основе: анализа конкретных ситуаций, обучающих игр, эвристической беседы, обсуждения сложных и дискуссионных вопросов и проблем
Самостоятельная работа обучающихся	Подготовка к лекциям. Подготовка к практическим занятиям. Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта. Подготовка к экзамену
Консультации	Управление процессом освоения учебной информации, применения знаний на практике, поиска новой учебной информации

Вид учебной работы	Применяемые образовательные технологии
Промежуточная аттестация обучающихся	Экзамен в устной форме по экзаменационным билетам

7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В электронной информационно-образовательной среде БГТУ размещается электронный курс дисциплины, включающий в себя:

- сведения об авторе курса;
- краткое описание курса;
- рабочую программу дисциплины;
- презентационные материалы для проведения занятий лекционного типа;
- краткий конспект лекций;
- методические указания по выполнению лабораторных работ;
- методические указания по выполнению практических работ;
- методические указания по курсовому проектированию;
- методические указания по выполнению курсовой работы;
- методические указания по выполнению расчетно-графической работы;
- учебные пособия для изучения курса;
- тестовые задания.

Наименование электронного курса в электронной информационно-образовательной среде БГТУ — «Компрессоры, нагнетатели, насосы – автор Дмитриевский Е.В.»

Электронный курс предназначен для обеспечения доступа обучающихся ко всем необходимым учебно-методическим материалам, проведения контрольно-оценочных мероприятий в процессе обучения. При необходимости осуществляется файловый обмен отчетами о выполненной обучающимися самостоятельной работе.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы [Текст] + [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 152 с.

2. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы. Расчет центробежного компрессора в среде Microsoft EXCEL [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению практической работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.03 – «Энергети-

ческое машиностроение», профиль «Паро- и газотурбинные установки и двигатели»/ Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 32 с.

3. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы. Расчет осевого компрессора в среде Microsoft EXCEL [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению практической работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Паро- и газотурбинные установки и двигатели» / Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 24 с.

4. Дмитриевский, Е.В. Агрегаты перекачки жидкостей и газов. Расчет характеристик центробежного насоса и построение треугольников скоростей: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.04.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов». – Брянск: БГТУ, 2017. – 22 с.

5. Дмитриевский, Е.В. Агрегаты перекачки жидкостей и газов. Треугольники скоростей и характеристики центробежных компрессоров: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.04.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов». – Брянск: БГТУ, 2017. – 18 с.

6. Дмитриевский, Е.В. Агрегаты перекачки жидкостей и газов. Треугольники скоростей и геометрические характеристики ступени осевых компрессоров: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.04.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов». – Брянск: БГТУ, 2017. – 10 с.

7. Дмитриевский, Е.В. Агрегаты перекачки жидкостей и газов. Определение внешних характеристик вентиляторной установки: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.04.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов». – Брянск: БГТУ, 2017. – 10 с.

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Основная литература.

1. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы [Текст] + [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 152 с.

2. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы. Геометрические характеристики и треугольники скоростей ступени осевых компрессоров[Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 13.03.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль

«Паро- и газотурбинные установки и двигатели», квалификация «бакалавр» / Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 10 с.

3. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы. Характеристики и треугольники скоростей центробежных компрессоров [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 13.03.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Паро- и газотурбинные установки и двигатели», квалификация «бакалавр» / Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 18 с.

4. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы. Испытание вентиляторной установки со снятием внешних характеристик [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 13.03.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Паро- и газотурбинные установки и двигатели», квалификация «бакалавр» / Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 10 с.

5. Дмитриевский, Е.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы. Расчет внешних характеристик центробежного насоса и построение треугольников скоростей [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 13.03.03 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Паро- и газотурбинные установки и двигатели», квалификация «бакалавр» / Е.В. Дмитриевский. – Брянск: БГТУ, 2017. – 14 с.

6. Кириллов, И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки / И.И. Кириллов; Т.1. – Л.: Машгиз, 1956. – 434с.

7. Кузьмичев, Р.В. Компрессоры, нагнетатели, насосы: методические указания к выполнению лабораторного практикума для студентов дневной формы обучения специальности 140503 – «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели». – Брянск: БГТУ, 2005. – 55 с.

8. Селезнев, К.П. Теория и расчет турбокомпрессоров: Учебное пособие для студентов вузов машиностроительных специальностей / К.П. Селезнев, Ю.Б. Галеркин, С.А. Анисимов [и др.]; Под общ. ред. К.П. Селезнева. – 2-е изд. переработанное и дополненное– Ленинград: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1986. – 392с.

9. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры / А.Н. Шерстюк: учебное пособие. – Москва: Высшая школа, 1972. – 344 с.

б) Дополнительная литература.

1. Арсеньев, Л.В. Стационарные газотурбинные установки / Л.В. Арсеньев, В.Г. Тарышкин, И.А. Богов [и др.]; под редакцией Л.В. Арсеньева и В.Г. Тарышкина. – Ленинград: Машиностроение, Ленинградское отделение. 1989. – 543с.

2. Ревзин Б.С. Газотурбинные установки с нагнетателем для транспорта газа / Б.С. Ревзин, И.Д. Ларионов; Справочное пособие. – Москва: Недра. 1991. – 303 с.

3. Степанов Г.Ю. Основы теории лопаточных машин комбинированных и газотурбинных двигателей / Г.Ю. Степанов. – Москва: Машгиз, 1958. – 348 с.

4. Холщеников, К.В. Теория и расчет авиационных лопаточных машин / К.В. Холщеников. – Москва: Машиностроение, 1970. – 610 с.

5. Черкасский, В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В.М. Черкасский: учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. – 2-е издание, переработанное и дополненное – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 416с.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины

1. Электронная библиотека БГТУ. – Режим доступа: <http://www.tu-bryansk.ru/content/biblioteka/index>.

2. Электронно-библиотечная система «Универсальная библиотека online». – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru>.

3. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).

4. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).

5. Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).

6. Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).

7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).

8. Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем

1. Система дистанционного обучения «Moodle».

2. Комплект систем справочной правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Программа «Расчет осевого компрессора в среде Microsoft EXCEL», разработанная на кафедре «Тепловые двигатели».

4. Программа «Расчет центробежного компрессора в среде Microsoft EXCEL», разработанная на кафедре «Тепловые двигатели».

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень используемых специализированных аудиторий:

1. Лаборатория «Испытания двигателей» кафедры «Тепловые двигатели» и лаборатория кафедры «Турбиностроение».

Перечень необходимого компьютерного и мультимедийного оборудования:

1. Персональный компьютер с подключенным мультимедийным проектором.
2. Программный пакет в виде слайд-конспекта.
3. Телевизор, установленный в лаборатории «Испытания двигателей» кафедры «Тепловые двигатели».

Перечень необходимого лабораторного оборудования:

Кафедры «Турбиностроение» и «Тепловые двигатели» располагают укомплектованной материальной базой (научная и учебные лаборатории кафедр) для использования в учебном процессе освоения дисциплины «Компрессоры, нагнетатели и насосы» для направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение».

Лаборатории кафедр оснащены рядом уникальных экспериментальных стендов для исследования технических показателей и характеристик двигателей внутреннего сгорания; компьютерным оборудованием с соответствующим программным обеспечением для выполнения расчетно-графических и диагностических задач; комплексами мультимедийных средств и учебными компьютерными программами; учебными стендами для выполнения практических работ; доступом к ресурсу «Интернет»; макетами осевых и центробежных компрессоров, макетами агрегатов наддува транспортных и мощных малооборотных двигателей внутреннего сгорания и др.

Специализированная лекционная аудитория оснащена техническими средствами для применения мультимедийных средств (проектор, переносный компьютер, экран и специализированные учебные доски) и плакатами современных осевых и центробежных компрессоров различных моделей и их систем.

Кафедры имеют большой объем научной и учебной литературы.

Вышеперечисленное ресурсное обеспечение даёт возможность проводить на высоком методическом и научном уровне все виды лекционных, лабораторных, практических и др. занятий.

Материально-техническая база соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

– учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся в ходе учебных занятий;

- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);

- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;

- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

Дополнительно при проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований в зависимости от категорий обучающихся с ограниченными возможностями здоровья:

- а) для слепых: задания и иные материалы для изучения дисциплины оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, или зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых, или надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- б) для слабовидящих: обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; при необходимости обучающимся предоставляется увеличивающее устройство; задания для выполнения и иные материалы оформляются увеличенным шрифтом;

- в) для глухих и слабослышащих: обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- г) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольно-оценочные мероприятия по желанию обучающихся могут проводиться в письменной форме;

- д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей): письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; по желанию обучающихся все контрольно-оценочные мероприятия могут проводиться в устной форме.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

11.1. Методические материалы для педагогических работников

Лекции являются одним из основных методов обучения. В ходе лекций:

- излагается наиболее важный материал по программе курса, освещающий основные моменты;
- устанавливаются связи изучаемых разделов курса со специальными дисциплинами;
- развивается понятийное и теоретическое мышление;
- формируется потребность к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее положений. Рекомендуется на первой лекции довести до понимания студентов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать название каждого раздела, его суть и задачи; закончив изложение, подводить итог каждого раздела. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой. Желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему и представляла собой логически законченное изложение. Лучше сократить тему и не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта. В тех случаях, когда материал невозможно изложить в рамках одной лекции, в начале следующей лекции следует сделать краткий обзор материала предыдущей лекции с целью установления логической связи между лекциями. Темы, посвященные изучению важнейших положений дисциплины, должны быть подкреплены практическими и лабораторными занятиями. После окончания рассмотрения каждой темы необходимо выдавать студентам контрольные вопросы для самостоятельной работы.

При проведении лабораторных занятий особое внимание следует уделять вопросам соблюдения правил техники безопасности в лабораториях университета.

Основными формами организации обучения по дисциплине являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа обучающихся.

Организация теоретического обучения предполагает использование инновационных технологий проведения занятий лекционного типа, к которым, в частности, относятся: проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-исследование.

1. *Проблемная лекция* предполагает преимущественно всесторонний анализ исторических и социокультурных, образовательных явлений, научный поиск истины. Проблемная лекция опирается на логику последовательно моделируемых проблемных ситуаций путем постановки проблемных вопросов или предъявления проблемных задач.

2. *Лекция-визуализация* реализует принцип наглядности и учит обучающихся преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения.

3. *Лекция-беседа* является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения обучающихся в учебный процесс. Такая лекция предполагает непосредственный контакт (диалог) педагогического работника с аудиторией.

4. *Лекция-дискуссия*, в которой в отличие от лекции-беседы педагогический работник при изложении лекционного материала не только использует ответы обучающихся на свои вопросы, но и организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.

5. *Лекция-исследование* имеет целью представить обучающимся учебную проблему в целом и ориентировать их на совместное с педагогическим работником выделение основных вопросов, положений темы, требующих дальнейшего раскрытия и исследования. Общая задача в процессе лекции уточняется и углубляется с помощью частных познавательных задач по основным направлениям темы.

Организация практических занятий по дисциплине направлена на углубление научно-теоретических знаний обучающихся, формирование практических умений и овладение определенными методами самостоятельной работы.

Практические занятия представляют собой занятия по решению различных прикладных задач, образцы которых были даны на лекциях.

Задачи практических занятий:

- помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить обучающихся приемам решения задач из предметной области дисциплины;
- способствовать овладению навыками и умениями, входящих в структуру формируемых компетенций в результате освоения дисциплины;
- научить их работать с информацией, книгой, пользоваться справочной и научной и методической литературой;
- формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

Содержание практических работ составляют:

- опросы и дискуссии;
- выполнение практических заданий;
- тестирование;
- выполнение проектного задания и др.

Самостоятельная работа обучающихся предполагает аудиторную и внеаудиторную формы организации.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся без участия педагогического работника являются: формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); подготовка к занятиям; составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний и

т.п.; текущий самоконтроль.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием педагогического работника являются: текущие консультации, прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий) и др.

Типы самостоятельной работы по дисциплине:

- 1) воспроизводящие – запоминание способов действий, признаков, фактов, определений;
- 2) реконструктивно-вариативные – осмысленный перенос знаний в типовые ситуации;
- 3) творческие – обучающийся получает принципиально новые для него знания, закрепляет навыки самостоятельного поиска знаний.

Дидактической целью самостоятельной работы по дисциплине может быть следующее:

- приобретение новых знаний, овладение умением самостоятельно приобретать знания;
- закрепление и уточнение знаний;
- выработка умения применять знания при решении учебных и практических задач;
- формирование умений и навыков творческого характера, умения применять знания в усложненной ситуации.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

11.2. Методические материалы для обучающихся

Студенты должны внимательно прослушивать лекционный материал, конспектировать лекции и перед каждой лекцией просматривать пройденный материал. На лабораторных и практических занятиях выполнять предложенные преподавателем задания.

В рамках самостоятельной работы студенты должны изучить предлагаемые теоретические вопросы с использованием рекомендуемой литературы. Итогом для оценки качества самостоятельной работы студента является написание им реферата по темам, предложенным преподавателем.

При подготовке к зачёту особое внимание следует уделить вопросам усвоения современных правил, норм и требований в области измерений, поскольку измерительная информация является основой для принятия технических решений при испытаниях продукции, оценивании ее технического уровня, аттестации и сертификации качества.

Для правильного выбора метода и средства измерений, идеологии организации измерительного эксперимента, методики обработки и представления результатов измерений в соответствии с принципами метрологии необходимо знать принципы оценки погрешности измерения.

Важно также не только знать, как выполнить измерение и оценить погрешность полученного результата, но и так спланировать и осуществить про-

цедуру измерения, чтобы обеспечить требуемую точность или свести неизбежную погрешность к минимуму.

Лекции являются одним из основных методов обучения. В лекциях излагаются научные основы дисциплины. На их базе разрабатываются методологические подходы и принципы, способствующие усвоению материала изучаемого курса. Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее положений. В ходе лекций:

- излагается наиболее важный материал по программе курса, освещающий основные моменты;
- устанавливаются связи изучаемых разделов курса со специальными дисциплинами;
- развивается понятийное и теоретическое мышление;
- формируется потребность к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

Рекомендуется на первой лекции довести до понимания студентов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать название каждого раздела, его суть и задачи; закончив изложение, подводить итог каждого раздела. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой. Желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему и представляла собой логически законченное изложение. Лучше сократить тему и не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта. В тех случаях, когда материал невозможно изложить в рамках одной лекции, в начале следующей лекции следует сделать краткий обзор материала предыдущей лекции с целью установления логической связи между лекциями.

Темы, посвященные изучению важнейших положений дисциплины, должны быть подкреплены практическими и лабораторными занятиями. После окончания рассмотрения каждой темы необходимо выдавать студентам контрольные вопросы для самостоятельной работы. Преподаватель контролирует усвоение материала и выполнение студентом самостоятельных заданий:

- при проведении коллоквиумов по окончании отдельных разделов курса;
- путем опроса основных теоретических положений при приемке практических работ.

В начале изложения дисциплины студентам должен приводиться необходимый математический аппарат, обращается внимание на различные физические и математические модели явлений. Следует обратить внимание на логическую последовательность изложения курса с целью его системного понимания и повышения усвояемости студентами. Вместе с тем, следует подчеркнуть практическую значимость каждого из его разделов на конкретных примерах.

При проведении лабораторных занятий особое внимание следует уделять вопросам соблюдения правил техники безопасности в лабораториях университета.

При подготовке к зачету особое внимание следует уделить изучению ме-

тодологии измерений, физической сущности измеряемых величин, оценке эффективности выбираемых измерительных преобразователей для определения размера физической величины и погрешности ее измерения.

Обучающимся, изучающим дисциплину, необходимо знать требования, предъявляемые к их различным видам учебных занятий, в том числе лекционным, практическим, индивидуальным и др. (табл. 13).

Таблица 13 – Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Вид учебной работы	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Изучение дисциплины следует начинать с прослушивания и конспектирования лекций, перечитывать конспект перед выполнением домашних заданий и практическими занятиями. Написание конспекта <i>лекций</i> : кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать педагогическому работнику на консультации, на практическом занятии. Над конспектами лекций надо работать систематически: первый просмотр рекомендуется сделать вечером того же дня, когда была прочитана лекция, затем просмотреть через 3-4 дня, и сделать это еще раз накануне практического занятия
Практические занятия	Ознакомление с целью и задачами занятия. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме. Выполнение (решение) практических заданий и задач по алгоритму, на основе частично поисковой и или исследовательской деятельности и др.
Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта	Ознакомление с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в конкретной теме. Составление аннотаций к прочитанным источникам и др. Рефлексия собственных достижений
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, шкалу оценивания и др.

12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины представлены в табл. 14.

Таблица 14 – Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Код индикатора достижения компетенции	Оценочные средства текущего контроля успеваемости	Оценочные средства промежуточной аттестации обучающихся
ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	1. Устный опрос. 2. Практическая работа 3. Лабораторные работы № 1 – 4 4. Экспресс-тестирование. 5. Выполнение курсовой работы.	Вопросы к экзамену № 3, № 25-60
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	1. Устный опрос. 2. Практическая работа 3. Лабораторные работы № 1 – 4 4. Экспресс-тестирование. 5. Выполнение курсовой работы.	Вопросы к экзамену № 1-12, 17-24

12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости

Оценивание отдельных видов работ в процессе изучения дисциплины рекомендуется осуществлять с использованием следующей шкалы:

– обучающийся ответил правильно на более, чем 90 % заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и успешно защитил лабораторные работы, задание по расчетно-графической работе выполнено в полном объеме, показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т. д. – «отлично» (максимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 75-89 % заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил лабораторные работы с незначительными замечаниями, выполнил расчетно-графическую работу с незначительными замечаниями, показал хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т. д. – «хорошо» (средний уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 60-74 % заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил лабораторные работы со значительными замечаниями, выполнил расчетно-графическую работу со значительными замечаниями, показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т. д. – «удовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на менее, чем 60 % заданных вопросов или вопросов-тестов, не выполнил все или выполнил часть лабораторных работ, не защитил или защитил их со значительными замечаниями, не выполнил расчетно-графическую работу или выполнил ее со значительными замечаниями, при выполнении задания обучающийся не продемонстрировал уровень самостоятельного владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т. д. – «неудовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут).

Если в ходе изучения дисциплины обучающиеся выполняют исследовательский проект, по которому предусмотрена процедура его защиты, то критерии, шкала оценки проекта и его презентации могут быть представлены в форме таблицы (табл. 15).

Таблица 15 – Критерии и шкала оценки исследовательского проекта, его презентации и защиты

Критерий	Уровень освоения (оценка)			
	Ниже порогового (неудовлетворительно)	Пороговый (удовлетворительно)	Повышенный (хорошо)	Высокий (отлично)
1. Проектный				
1.1. Умение определять и формулировать проблему, цель проектной деятельности	Ничего из перечисленного	Обучающийся определяет проблему и цель проектной деятельности, но для их четкого формулирования необходима помощь педагогического работника	Обучающийся самостоятельно определяет и формулирует, проблему, цель проектной деятельности	Обучающийся самостоятельно определяет, формулирует и структурирует проблему, цель проектной деятельности
1.2. Умение определять связи между поставленными задачами и ожидаемые результаты их решения	Ничего из перечисленного	Обучающийся определяет основные связи между поставленными задачами и ожидаемые результаты их решения с помощью педагогического работника	Обучающийся самостоятельно определяет основные связи между поставленными задачами и ожидаемые результаты их решения	Обучающийся самостоятельно определяет и анализирует связи между поставленными задачами и ожидаемые результаты их решения
1.3. Умение со-	Ничего из перечис-	Обучающийся со-	Обучающийся	Обучающийся

Критерий	Уровень освоения (оценка)			
	Ниже порогового (неудовлетворительно)	Пороговый (удовлетворительно)	Повышенный (хорошо)	Высокий (отлично)
ставить и анализировать план-график реализации проекта	ленного	ставляет и анализирует план-график реализации проекта с помощью педагогического работника	самостоятельно составляет и анализирует план-график реализации проекта	самостоятельно составляет и анализирует план-график реализации проекта на основе полной системы возможных и ограничивающих условий
1.4. Умение выбирать способ решения поставленных задач	Ничего из перечисленного	Обучающийся выбирает способ решения поставленных задач с помощью педагогического работника	Обучающийся самостоятельно выбирает способ решения поставленных задач	Обучающийся самостоятельно выбирает способ решения поставленных задач на основе полной системы возможных и ограничивающих условий
1.5. Умение в рамках поставленных задач определять имеющиеся ресурсы и ограничения, действующие правовые нормы	Ничего из перечисленного	Обучающийся определяет имеющиеся ресурсы и ограничения, действующие правовые нормы в рамках поставленных задач с помощью педагогического работника	Обучающийся определяет самостоятельно имеющиеся ресурсы и ограничения, действующие правовые нормы в рамках поставленных задач на основе предоставленных педагогическим работником информационных ресурсов	Обучающийся определяет самостоятельно имеющиеся ресурсы и ограничения, действующие правовые нормы в рамках поставленных задач на основе самостоятельно проведенного информационного поиска
2. Коммуникативное				
2.1. Умение осуществлять поиск и структурирование информации	Ничего из перечисленного	Обучающийся находит необходимую информацию, но для ее структурирования необходима помощь педагогического работника	Обучающийся самостоятельно находит, интегрирует, структурирует необходимую информацию	Обучающийся самостоятельно находит, интегрирует, структурирует необходимую информацию, комбинируя новые знания
2.2. Умение использовать ин-	Ничего из перечисленного	Обучающийся на практике демон-	Обучающийся на практике де-	Обучающийся на практике де-

Критерий	Уровень освоения (оценка)			
	Ниже порогового (неудовлетворительно)	Пороговый (удовлетворительно)	Повышенный (хорошо)	Высокий (отлично)
формационно-коммуникативные технологии		стрирует базовые умения пользоваться программами Microsoft Word, Microsoft PowerPoint и интернет-технологиями	монстрирует уверенное пользование программами Microsoft Word, Microsoft PowerPoint и интернет-технологиями	монстрирует высокие умения пользоваться программами Microsoft Word, Microsoft PowerPoint и интернет-технологиями
2.3. Умения соблюдать нормы и правила оформления печатных и электронных документов	Ничего из перечисленного	Обучающийся недостаточно следует нормам оформления печатных и электронных документов	Обучающийся достаточно следует нормам оформления печатных и электронных документов	Обучающийся владеет в полной мере нормами оформления печатных и электронных документов
2.4. Умения логично изложить доклад, убедительно рассуждать и отвечать на вопросы	Ничего из перечисленного	Обучающийся в основном соблюдает логику в изложении доклада, отвечает на основные вопросы	Обучающийся в достаточной мере проявляет умения логично изложить доклад, убедительно рассуждать и отвечать на вопросы	Обучающийся в полной мере демонстрирует умения логично изложить доклад, убедительно рассуждать и отвечать на вопросы
3. Личностные				
3.1. Способность к творческой деятельности	Ничего из перечисленного	Обучающийся имеет недостаточный уровень творчества, способен делать работу по образцу	Обучающийся способен приносить в работу элементы творчества	Обучающийся отличается высоким уровнем творчества, способен привносить новизну и оригинальность
3.2. Способность к самоорганизации и планированию личностно-профессионального развития	Ничего из перечисленного	Обучающийся недостаточно организован, допускает ошибки по планированию собственной деятельности по личностно профессиональному развитию	Обучающийся достаточно организован и умеет планировать собственную деятельность по личностно профессиональному развитию	Обучающийся в полной мере организован и умеет планировать собственную деятельность по личностно профессиональному развитию
3.3. Способность к рефлексии в области собственного	Ничего из перечисленного	Обучающийся недостаточно четко осознает свои возможности, пу-	Обучающийся достаточно четко осознает свои возможности,	Обучающийся в полной мере осознает свои возможности,

Критерий	Уровень освоения (оценка)			
	Ниже порогового (неудовлетворительно)	Пороговый (удовлетворительно)	Повышенный (хорошо)	Высокий (отлично)
личностно-профессионального развития		ти и средства в области собственного личностно-профессионального развития	пути и средства в области собственного личностно-профессионального развития	пути и средства в области собственного личностно-профессионального развития

В процесс преподавания дисциплины педагогическим работником формируется оценка, характеризующая текущую успеваемость обучающегося.

12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

При проведении промежуточной аттестации обучающихся в форме экзамена используется шкала оценивания, представленная в табл. 16.

Таблица 16 – Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
Повышенный (отлично)	Обучающийся глубоко и прочно усвоил теоретический и практический материал, уверенно это демонстрирует в ходе промежуточной аттестации. Исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет увязывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения. Свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе
Базовый (хорошо)	Обучающийся знает теоретический и практический материал, грамотно и по существу излагает его в ходе промежуточной аттестации, не допуская существенных неточностей. Правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приемами. Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе
Пороговый (удовлетворительно)	Обучающийся знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении в ходе промежуточной аттестации. Обучающийся испытывает определенные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приемами. Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине
Ниже порогового (неудовлетворительно)	Обучающийся не знает на пороговом уровне теоретический и практический материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации. Испытывает серьезные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
	стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приемами. Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине

12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине

Итоговая оценка по дисциплине определяется по результатам промежуточной аттестации обучающегося с учетом оценок, полученных обучающимся в ходе текущего контроля успеваемости в семестре.

12.5. Характеристика результатов обучения

Пример характеристики результатов обучения по дисциплине в зависимости от полученной обучающимся оценки приведен в табл. 17.

Таблица 17 – Характеристика результатов обучения по дисциплине

Оценка	Характеристика результатов обучения
Отлично (максимальный уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все цели достигнуты, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены
Хорошо (средний уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями
Удовлетворительно (низкий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки
Неудовлетворительно	Содержание дисциплины не освоено, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий либо не выполнены, либо содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не привела к какому-либо значительному повышению качества выполнения учебных заданий

12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

12.6.1. Экспресс-опрос

Приводится перечень вопросов для проведения экспресс-опроса обучающихся (контрольные вопросы к зачету):

1. Как принято подразделять машины для подачи газов в зависимости от развиваемого ими давления?
2. Дайте определение компрессора, нагнетателя и вентилятора.

3. Какими тремя основными группами представлены в современной промышленности динамические машины?
4. Какие машины конструктивно приспособлены для создания высоких напоров?
5. Какие машины перекрывают область значительных подач при широком диапазоне развиваемых напоров?
6. Почему осевые машины развивают малые напоры и наибольшие подачи?
7. Почему подача, напор и давление являются основными величинами, характеризующими работу компрессорных машин?
8. Что характеризует с энергетической стороны удельная полезная работа насосов и вентиляторов?
9. Дайте понятие полезной мощности и мощности насоса.
10. Как оценивают эффективность использования насосом подводимой к нему энергии?
11. Что характеризует КПД установки, состоящей из машины и двигателя к ней, с точки зрения оценки энергетической эффективности установки в целом?
12. Что оценивает относительный термодинамический КПД компрессора?
13. Как осуществляется рабочим колесом передача энергии потоку жидкости или газа с вала центробежной машины?
14. Сколько ступеней содержат центробежные нагнетатели компрессорных станций газопроводов?
15. Дайте характеристику, определение и формулу уравнения Эйлера.
16. Как называют компрессоры, применяемые для отсасывания газа из емкостей с вакуумом?
17. Какие основные параметры характеризуют работу компрессора?
18. Назовите уравнение термодинамики идеального газа, на котором основывается простейшая теория компрессорных машин, обладающая практически приемлемой точностью.
19. Назовите основные уравнения политропного, адиабатного и изотермического процессов.
20. Дайте понятие параметров торможения и охарактеризуйте их использование в теории и расчетах компрессорных процессов.
21. Как оцениваются коэффициенты полезного действия компрессоров?
22. При помощи какого КПД оцениваются компрессоры с неинтенсивным охлаждением?
23. Как в современных компрессорах применяют охлаждение газа в процессе его сжатия в последовательно соединенных ступенях?
24. С какой целью приближаются к изотермическому процессу при заданном общем повышении давления компрессора путем увеличения количества ступеней компрессора при выносном охлаждении?
25. Как определяется оптимальная степень повышения давления ступени компрессора?

26. Почему в практике компрессоростроения отступают от принципа равномерного распределения затраты энергии по ступеням и относят на ступени высокого давления несколько меньшие степени повышения давления?
27. Какова конструкция ступеней сжатия лопастных компрессоров?
28. Сколько ступеней сжатия могут содержать лопастные компрессоры?
29. Объясните назначение промежуточной и концевой ступени центробежного компрессора (нагнетателя).
30. Что является главным элементом ступени центробежного компрессора?
31. Какова конструкция лопаточного и безлопаточного диффузора?
32. При каких условиях применяется лопаточный или безлопаточный диффузор?
33. Где происходит преобразование скоростного напора в статическое давление вокруг рабочего колеса?
34. За счет чего происходит основное повышение давления газа в рабочем колесе компрессорной ступени?
35. Какая основная задача обратного направляющего аппарата, установленного за диффузором первой ступени центробежного компрессора?
36. Объясните назначение сборной камеры в концевой ступени за диффузором (по потоку).
37. Как называют кольцевое пространство между промежуточной ступенью и обратным направляющим аппаратом?
38. Дайте определение степени реактивности потока в рабочем колесе?
39. С какой степенью реактивности применяют ступени в нагнетателе природного газа?
40. Где происходит в компрессоре преобразование кинетической энергии в потенциальную или наоборот?
41. Как зависит показатель политропы сжатия от условий охлаждения рабочего тела?
42. Какова величина показателя политропы сжатия для обычных конструкций компрессоров?
43. Приведите алгоритм приближенного расчета рабочего колеса.
44. Приведите алгоритм расчета безлопаточного диффузора.
45. Приведите алгоритм расчета лопаточного диффузора.
46. Какова методика профилирования лопаток диффузора?
47. Какие зависимости называют характеристиками центробежных нагнетателей?
48. Каким путем получают графические зависимости степени сжатия π_n , внутреннего КПД η_n и потребляемой мощности N_i от объемного или приведенного к определенным параметрам расхода?
49. Приведите формулу для пересчета данных, полученных на воздухе, на показатели другого рабочего тела со своими параметрами, для центробежных компрессорных машин (ЦКМ) с большой степенью сжатия.

50. Какими устройствами и приборами оборудуется стенд для испытаний центробежных компрессорных машин с целью получения его газодинамических характеристик?

51. Дайте характеристику приводных двигателей, обычно используемых для стенда испытаний центробежных компрессорных машин на заводах.

52. Приведите методику определения характеристики центробежных компрессорных машин вдоль линий постоянных оборотов, называемых изодромами.

53. Как должна изображаться теоретическая зависимость напора от объемного расхода для центробежных компрессорных машин, как выглядит эта зависимость в действительности и по каким причинам?

54. Запишите зависимость для определения потребляемой мощности центробежных нагнетателей.

55. Дайте характеристику каждой ступени давления, из которых комбинируется осевой компрессор.

56. Из каких узлов состоит каждая ступень осевого компрессора?

57. Объясните назначение вращающегося венца рабочих и неподвижного венца направляющих лопастей, представляющих собой круговые плоские лопастные решетки.

58. Дайте характеристику элементарной ступени, в пределах длины которой параллелограмма скорости неизменны.

59. Приведите зависимости КПД элементарной ступени: внутреннего КПД η_i , внутреннего политропного КПД η_{in} .

60. Что характеризует степень реактивности ступени?

61. Какое значение в зависимости от располагаемой окружной скорости имеет степень реактивности ступени осевого компрессора с закруткой потока на входе в рабочее колесо по вращению, с чисто осевым входом и с закруткой против вращения?

62. Какие конструктивные особенности имеют биротативные компрессоры авиационных двигателей?

63. Какие два основных геометрических типа проточной полости применяются в осевых компрессорах в зависимости от формы внутренней поверхности корпуса и наружной поверхности втулки?

64. Объясните, почему в отличие от турбины КПД многоступенчатого осевого компрессора ниже, чем КПД его отдельной ступени?

65. Зависимость между какими основными параметрами осевого компрессора называют его характеристикой?

66. Каким путем можно получить надежные характеристики осевого компрессора?

67. Какой привод используют на стенде для испытания многоступенчатого осевого компрессора?

68. Как при испытаниях на стенде получают зависимость между основными параметрами осевого компрессора на линиях постоянных оборотов вала (изодромах)?

69. При использовании каких параметров характеристика многоступенчатого осевого компрессора носит универсальный характер?

70. Дайте определение условного предельного теоретического напора $h_{т.н}$ и напишите формулу для его нахождения.

71. Поясните причину отрыва потока газов на спинке лопатки при снижении, начиная с некоторого значения, расхода через ступень.

72. Почему срыв потока возникает не на всех лопатках венца одновременно, а в каком-то одном канале?

73. Как возникает вращающийся срыв, который в рабочем колесе перемещается против направления вращения, а в направляющем аппарате - по направлению вращения?

74. Как проявляется вращающийся срыв в ступенях осевого компрессора с втулочным отношением $v > 0,75$?

75. Как проявляется вращающийся срыв в ступенях осевого компрессора с втулочным отношением $v < 0,7$?

76. К каким последствиям приводит работа ступени осевого компрессора с вращающимся срывом?

77. Какие виды срывных характеристик могут возникать в ступени осевого компрессора?

78. Какой режим называется помпажом?

79. Почему помпаж является недопустимым для работы ГТУ?

80. Как можно характеризовать помпажные колебания?

81. Чем определяются амплитуда и частота помпажных колебаний?

82. Как сдвигает границу помпажа неравномерность потока на входе в компрессор, вызванная неудачно спроектированным входным патрубком?

83. Какими устройствами на статоре над вершинами рабочих лопаток можно сдвинуть границу вращающегося срыва влево?

84. Какую группу ступеней компрессора ГТД называют каскадом?

85. Каким основным способом расширения зоны устойчивости работы при неизменных профилях осевого компрессора пользуются при его создании?

86. Какие способы регулирования осевых компрессоров применяют для уменьшения рассогласования ступеней, повышения коэффициента устойчивости, снижения уровня вибрационных напряжений, улучшения пусковых характеристик ГТУ?

87. Дайте определение широко используемым в эксплуатации универсальным и приведенным характеристикам.

88. Объясните особенности работы двух одинаковых одноступенчатых ЦН при их последовательном включении в расходную сеть.

89. Как отражается изменение частоты вращения любого из нагнетателей при их последовательном включении в расходную сеть на параметрах обоих?

90. Объясните особенности работы параллельно соединенных полнонапорных нагнетателей и изложите основные требования к их эксплуатационным характеристикам.

91. Для выполнения каких требований большинство сооружаемых новых компрессорных цехов выполняют с параллельным соединением полнонапорных нагнетателей?
92. Какие машины называют центробежными вентиляторами?
93. Каким характерным признаком обладают центробежные вентиляторы?
94. Для каких целей используются в промышленности, коммунальном хозяйстве и теплоэнергетических установках центробежные вентиляторы?
95. Почему к центробежным вентиляторам может быть применима теория машины для несжимаемой среды?
96. Как обозначаются центробежные вентиляторы в соответствии с ГОСТ 5976-73?
97. Приведите выражение для самотяги или естественной тяги системы.
98. Как влияет самотяга на напор центробежного вентилятора (дымососа), необходимый в системе, в зависимости от соотношения ρ_v и ρ_c ?
99. Какими численными значениями параметров β , μ_2 , η_c , \bar{p} рекомендуется пользоваться для ориентировочного расчета полного давления центробежного вентилятора при трех типах лопастей, применяемых в вентиляторах?
100. Какими параметрами характеризуется работа центробежного вентилятора при заданной частоте вращения?
101. Чем характеризуется степень реактивности центробежного вентилятора и от чего она зависит?
102. Как определяется необходимый типоразмер и частота вращения вентилятора при использовании сводных графиков?
103. Каким принимается коэффициент запаса мощности приводного двигателя центробежного вентилятора с учётом возможного отклонения режима от уменьшения КПД и ухудшения изоляции двигателя в процессе наработки?
104. Назовите возможные способы регулирования подачи вентиляторов и прокомментируйте их.
105. Назовите три основные группы вентиляторов (по ГОСТ 5976-73) в зависимости от создаваемого ими давления.
106. Назовите основные формы конструкций рабочих колес вентиляторов и прокомментируйте их.
107. Назовите пять основных типов рабочих колес лопастных насосов в зависимости от коэффициента быстроходности.
108. Как изменится заданная подача Q для рабочего колеса центробежного насоса и коэффициент быстроходности колеса, если колесо изготовлено с двусторонним подводом жидкости?
109. Какие общие требования предъявляются к конструктивной форме сечения лопасти центробежного насоса?
110. Как строится средняя линия сечения лопасти по заданным углам входа и выхода жидкости?
111. Как определяется количество рабочих лопастей центробежного насоса с учетом формулы Пфлейдерера?
112. Приведите алгоритм упрощенного способа расчета рабочего колеса насоса малой быстроходности.

113. В чем состоит физическая картина кавитации?
114. Каково по современным данным давление в точках смыкания паровых пузырьков при их конденсации в кавитационных процессах ?
115. Какие металлы, применяемые в производстве центробежных насосов, наиболее кавитационно устойчивы?
116. Как проявляется питтинг колёс насосов из легированных сталей, чугуна и керамики?
117. Охарактеризуйте три стадии кавитационного процесса.
118. Назовите меры, предупреждающие возникновение кавитации в насосах.
119. Объясните термин «допустимая высота всасывания».
120. Какую подачу в любой момент должны давать в сеть насосы, если гидравлическая система не имеет аккумулирующей емкости?
121. Какое взаимное влияние одна на другую оказывают центробежные машины, включённые в сеть параллельно?
122. Какое взаимное влияние одна на другую оказывают центробежные машины, включённые в сеть последовательно?
123. Как должен проводиться выбор насосов для работы в заданных эксплуатационных условиях?
124. Приведите алгоритм общего метода решения задачи по оптимальному выбору насоса для заданных рабочих условий.
125. Каким образом производится выбор приводного двигателя (электродвигатель, паро- газотурбинная установка) при проектировании насосных установок промышленных предприятий, располагающих для привода и электро-энергией, и паром, и газом?
126. Какие факторы следует учитывать при расчете мощности двигателя для привода насоса с учётом коэффициента запаса мощности?

12.6.2. Экспресс-тестирование

Приводится пример вопросов для проведения экспресс-тестирования обучающихся:

1. Какие машины конструктивно приспособлены для создания высоких напоров?

Варианты ответов:

- 1.1. Роторные;
- 1.2. Поршневые;
- 1.3. Осевые;
- 1.4. Центробежные.

2. Какие машины конструктивно приспособлены для создания высоких подач?

Варианты ответов:

- 2.1. Роторные;
- 2.2. Поршневые;
- 2.3. Осевые;

2.4. Центробежные.

3. Какими тремя основными группами представлены в современной промышленности динамические машины?

Варианты ответов:

3.1. Пневматические струйные, объемные;

3.2. Поршневые, роторные, диагональные;

3.3. Центробежные, осевые, вихревые;

3.4. Эрлифты, газолифты, струйные.

4. Какие машины для подачи газа относят к вентиляторам?

Варианты ответов:

4.1. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления более 1,15, но искусственно не охлаждаемые;

4.2. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления до 1,15;

4.3. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления более 1,15, имеющая искусственное охлаждение;

4.4. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления до 1,15, имеющие искусственное охлаждение.

5. Какие машины для подачи газа относят к нагнетателям?

Варианты ответов:

5.1. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления более 1,15, но искусственно не охлаждаемые;

5.2. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления до 1,15, но искусственно не охлаждаемые;

5.3. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления более 1,15, имеющая искусственное охлаждение;

5.4. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления до 1,15, имеющие искусственное охлаждение.

6. Какие машины для подачи газа относят к компрессорам?

Варианты ответов:

6.1. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления более 1,15, но искусственно не охлаждаемые;

6.2. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления до 1,15, но искусственно не охлаждаемые;

6.3. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления более 1,15, имеющие искусственное охлаждение;

6.4. Машины, перемещающие газовую среду при степени повышения давления до 1,15, имеющие искусственное охлаждение.

7. Какие машины перекрывают область значительных подач при широком диапазоне развиваемых напоров?

Варианты ответов:

7.1. Роторные;

7.2. Поршневые;

7.3. Осевые;

7.4. Центробежные.

8. Что характеризует энергетическую эффективность установки в целом, состоящей из насосной (вентиляторной) машины и двигателя к ней?

Варианты ответов:

- 8.1. Электрическая мощность, подводимая к двигателю;
- 8.2. Потери энергии в насосе (вентиляторе);
- 8.3. Коэффициент полезного действия насоса (вентилятора);
- 8.4. Конструкция и размеры насоса (вентилятора).

9. Чем оценивается энергетическая эффективность компрессора с интенсивным охлаждением?

Варианты ответов:

- 9.1. Энергетическим коэффициентом полезного действия;
- 9.2. Изотермическим коэффициентом полезного действия;
- 9.3. Относительным изотермическим коэффициентом полезного действия;
- 9.4. Изэнтропным коэффициентом полезного действия.

10. Сколько ступеней содержат центробежные нагнетатели компрессорных станций газопроводов?

Варианты ответов:

- 10.1. 1-2;
- 10.2. 1-4;
- 10.3. 1-5;
- 10.4. 1-10.

11. Сколько ступеней содержат осевые компрессоры компрессорных станций газопроводов?

Варианты ответов:

- 11.1. 5;
- 11.2. 10;
- 11.3. 15;
- 11.4. 20.

12.6.3. Вопросы для промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к экзамену представлены в табл. 18.

Таблица 18 – Вопросы к экзамену

Тема	Вопросы
Тема 1. Основы термодинамики процессов нагнетания	1. Какими тремя основными группами представлены в современной промышленности динамические машины? 2. Какие машины конструктивно приспособлены для создания высоких напоров? 3. Какие машины перекрывают область значительных подач при широком диапазоне развиваемых напоров? 4. Почему осевые машины развивают малые напоры и наибольшие подачи? 5. Почему подача, напор и давление являются основными величинами, характеризующими работу компрессорных машин?

Тема	Вопросы
	<p>6. Дайте понятие полезной мощности и мощности насоса.</p> <p>7. Как оценивают эффективность использования насосом подводимой к нему энергии?</p> <p>8. Что оценивает относительный термодинамический КПД компрессора?</p> <p>9. Как осуществляется рабочим колесом передача энергии потоку жидкости или газа с вала центробежной машины?</p> <p>10. Дайте характеристику, определение и формулу уравнения Эйлера.</p> <p>11. Какие основные параметры характеризуют работу компрессора?</p> <p>12. Назовите основные уравнения политропного, адиабатного и изотермического процессов.</p> <p>13. Дайте понятие параметров торможения и охарактеризуйте их использование в теории и расчетах компрессорных процессов.</p> <p>14. Как оцениваются коэффициенты полезного действия компрессоров?</p> <p>15. Как определяется оптимальная степень повышения давления ступени компрессора?</p> <p>16. Какова конструкция ступеней сжатия лопастных компрессоров?</p>
Тема 2. Центробежные компрессоры (ЦБК)	<p>1. Объясните назначение промежуточной и концевой ступени центробежного компрессора (нагнетателя).</p> <p>2. При каких условиях применяется лопаточный или безлопаточный диффузор?</p> <p>3. Где происходит преобразование скоростного напора в статическое давление вокруг рабочего колеса?</p> <p>4. За счет чего происходит основное повышение давления газа в рабочем колесе компрессорной ступени?</p> <p>5. Дайте определение степени реактивности потока в рабочем колесе?</p> <p>6. С какой степенью реактивности применяют ступени в нагнетателе природного газа?</p> <p>7. Где происходит в компрессоре преобразование кинетической энергии в потенциальную?</p> <p>8. Как зависит показатель политропы сжатия от условий охлаждения рабочего тела?</p> <p>9. Приведите алгоритм приближенного расчета рабочего колеса.</p> <p>10. Приведите алгоритм расчета безлопаточного диффузора.</p> <p>11. Приведите алгоритм расчета лопаточного диффузора.</p> <p>12. Какова методика профилирования лопаток диффузора?</p> <p>13. Какие зависимости называют характеристиками центробежных нагнетателей?</p>

Тема	Вопросы
	<p>14. Каким путем получают графические зависимости степени сжатия π_n, внутреннего КПД η_n и потребляемой мощности N_i от объемного или приведенного к определенным параметрам расхода?</p> <p>15. Приведите формулу для пересчета данных, полученных на воздухе, на показатели другого рабочего тела со своими параметрами, для центробежных компрессорных машин с большой степенью сжатия.</p> <p>16. Какими устройствами и приборами оборудуется стенд для испытаний центробежных компрессорных машин с целью получения его газодинамических характеристик?</p> <p>17. Приведите методику определения характеристики центробежных компрессорных машин вдоль линий постоянных оборотов, называемых изодромами.</p> <p>18. Как должна изображаться теоретическая зависимость напора от объемного расхода для центробежных компрессорных машин, как выглядит эта зависимость в действительности?</p> <p>19. Запишите зависимость для определения потребляемой мощности центробежных нагнетателей.</p>
Тема 3. Осевые компрессоры (ОК)	<p>1. Дайте характеристику каждой ступени давления, из которых комбинируется осевой компрессор.</p> <p>2. Объясните назначение вращающегося венца рабочих и неподвижного венца направляющих лопастей, представляющих собой круговые плоские лопастные решетки.</p> <p>3. Приведите зависимости КПД элементарной ступени: внутреннего КПД η_i, внутреннего политропного КПД η_{in}.</p> <p>4. Что характеризует степень реактивности ступени?</p> <p>5. Какое значение в зависимости от располагаемой окружной скорости имеет степень реактивности ступени осевого компрессора с закруткой потока на входе в рабочее колесо по вращению, с чисто осевым входом и с закруткой против вращения?</p> <p>6. Какие два основных геометрических типа проточной полости применяются в осевых компрессорах в зависимости от формы внутренней поверхности корпуса и наружной поверхности втулки?</p> <p>7. Зависимость между какими основными параметрами осевого компрессора называют его характеристикой?</p> <p>8. Какой привод используют на стенде для испытания многоступенчатого осевого компрессора?</p> <p>Как при испытаниях на стенде получают зависимость между основными параметрами осевого компрессора на линиях постоянных оборотов вала (изодромах)?</p>
Тема 4. Приведенные характеристики и переменный режим работы компрессоров	<p>1. Как получают графические зависимости степени сжатия π_n, внутреннего КПД η_n и потребляемой мощности N_i от объемного или приведенного к определенным параметрам расхода?</p> <p>2. Приведите формулу для пересчета данных, полученных на воздухе, на показатели другого рабочего тела со</p>

Тема	Вопросы
	<p>своими параметрами, для центробежных компрессорных машин (ЦКМ) с большой степенью сжатия.</p> <p>3. Приведите методику определения характеристики центробежных компрессорных машин вдоль линий постоянных оборотов, называемых изодромами.</p> <p>4. Как должна изображаться теоретическая зависимость напора от объемного расхода для центробежных компрессорных машин, как выглядит эта зависимость в действительности и по каким причинам?</p> <p>5. При использовании каких параметров характеристика многоступенчатого осевого компрессора носит универсальный характер?</p> <p>6. Дайте определение условного предельного теоретического напора $h_{т.н}$ и напишите формулу для его нахождения.</p> <p>7. Почему срыв потока возникает не на всех лопатках венца одновременно, а в каком-то одном канале?</p> <p>8. Как возникает вращающийся срыв, который в рабочем колесе перемещается против направления вращения, а в направляющем аппарате - по направлению вращения?</p> <p>9. К каким последствиям приводит работа ступени осевого компрессора с вращающимся срывом?</p> <p>10. Какие виды срывных характеристик могут возникать в ступени осевого компрессора? Какой режим называется помпажом?</p> <p>11. Какими устройствами на статоре над вершинами рабочих лопаток можно сдвинуть границу вращающегося срыва влево?</p> <p>12. Какие способы регулирования осевых компрессоров применяют для уменьшения рассогласования ступеней, повышения коэффициента устойчивости, снижения уровня вибрационных напряжений, улучшения пусковых характеристик ГТУ?</p> <p>13. Дайте определение широко используемым в эксплуатации универсальным и приведенным характеристикам.</p> <p>14. Объясните особенности работы двух одинаковых одноступенчатых ЦН при их последовательном и параллельном включении в расходную сеть.</p>
Тема 5. Нагнетатели, вентиляторы, насосы	<p>1. Какими характерными признаками обладают центробежные вентиляторы? Почему к центробежным вентиляторам может быть применима теория машины для несжимаемой среды?</p> <p>2. Приведите выражение для самотяги или естественной тяги системы. Как влияет самотяга на напор центробежного вентилятора (дымососа), необходимый в системе, в зависимости от соотношения $\rho_в$ и $\rho_г$?</p> <p>3. Какими численными значениями параметров β, μ_2, η_2, p рекомендуется пользоваться для ориентировочного расчета полного давления центробежного вентилятора при трех типах лопастей, применяемых в вентиляторах?</p> <p>4. Какими параметрами характеризуется работа центро-</p>

Тема	Вопросы
	<p>бежного вентилятора при заданной частоте вращения?</p> <p>5. Чем характеризуется степень реактивности центробежного вентилятора и от чего она зависит?</p> <p>6. Назовите возможные способы регулирования подачи вентиляторов и прокомментируйте их. Назовите три основные группы вентиляторов (по ГОСТ 5976-73) в зависимости от создаваемого ими давления.</p> <p>7. Назовите пять основных типов рабочих колес лопастных насосов в зависимости от коэффициента быстроходности.</p> <p>8. Как изменится заданная подача Q для рабочего колеса центробежного насоса и коэффициент быстроходности колеса, если колесо изготовлено с двусторонним подводом жидкости?</p> <p>9. Какие общие требования предъявляются к конструктивной форме сечения лопасти центробежного насоса? Как строится средняя линия сечения лопасти по заданным углам входа и выхода жидкости?</p> <p>10. Приведите алгоритм упрощенного способа расчета рабочего колеса насоса малой быстроходности.</p> <p>11. В чем состоит физическая картина кавитации? Каково по современным данным давление в точках смыкания паровых пузырьков при их конденсации в кавитационных процессах? Охарактеризуйте три стадии кавитационного процесса.</p> <p>12. Какие металлы, применяемые в производстве центробежных насосов, наиболее кавитационно устойчивы?</p> <p>13. Как проявляется питтинг колёс насосов из легированных сталей, чугуна и керамики?</p> <p>14. Назовите меры, предупреждающие возникновение кавитации в насосах. Объясните термин «допустимая высота всасывания».</p> <p>15. Какую подачу в любой момент должны давать в сеть насосы, если гидравлическая система не имеет аккумулирующей емкости?</p> <p>16. Какое взаимное влияние оказывают центробежные машины, включённые в сеть параллельно и последовательно?</p> <p>17. Приведите алгоритм общего метода решения задачи по оптимальному выбору насоса для заданных рабочих условий.</p> <p>18. Какие факторы следует учитывать при расчете мощности двигателя для привода насоса с учётом коэффициента запаса мощности?</p>

13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» воспитание – это деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде.

Воспитательная деятельность в ходе преподавания дисциплины направлена на формирование у обучающегося системы убеждений, нравственных норм и общекультурных качеств, на оказание им помощи в жизненном самоопределении, нравственном, гражданском и профессиональном становлении, на создание условий для самореализации личности. Воспитательная работа также ориентирует обучающихся на будущую профессиональную деятельность, формируя не только личностные, но и профессионально значимые качества.

Воспитательные задачи во время учебных занятий выполняются в скрытой (контекстной) и открытой (целенаправленной) формах. Скрытая форма воспитательной работы представляет собой воздействие всего хода педагогического процесса на становление личностных качеств обучающихся. Например, соблюдение педагогическим работником трудовой дисциплины, демонстрация преданности науке, заинтересованность в успехе обучающихся, правильная речь, хорошие манеры и т. п. имеют положительное воспитательное значение и формируют у обучающихся добросовестность, исполнительность, трудолюбие, ответственность и другие положительные качества. Обучающиеся неосознанно перенимают данные черты у педагогического работника.

Воспитание в открытой форме – это целенаправленное воздействие содержанием учебной дисциплины на становление личности обучающегося. Например, решение проблем и исследовательская работа формируют у обучающихся умение аргументировать, умение самостоятельно мыслить, вкус к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения и т.п.

АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа учебной дисциплины **Компрессоры, нагнетатели, насосы**

(наименование дисциплины)

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Профиль «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов»

(направленность (профиль) образовательной программы)

бакалавриат

(уровень образования)

бакалавр

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

очная

(форма обучения)

1. Цель освоения дисциплины

Дать теоретическую и практическую подготовку для конструкторской, производственной, исследовательской и эксплуатационной деятельности в качестве бакалавров. Изучить основы термодинамики процессов нагнетания газов и жидкостей, схемы, принципы действия, методы расчета осевых и центробежных компрессоров, нагнетателей, вентиляторов и насосов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в часть образовательной программы, формируемую участниками образовательных отношений, и реализуется на 3 курсе в 5 семестре.

3. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины ОПК-2, ОПК-3

4. Общая трудоемкость дисциплины

4 зачетных единиц (144 академических часа).

5. Форма (формы) промежуточной аттестации обучающихся экзамен

6. Разделы и темы дисциплины

Основы термодинамики процессов нагнетания. Центробежные компрессоры. Осевые компрессоры. Приведенные характеристики и переменный режим работы компрессоров. Нагнетатели, вентиляторы, насосы.

7. Автор(ы) рабочей программы

к.т.н., доц. Дмитриевский Е.В.

ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа учебной дисциплины

Компрессоры, нагнетатели, насосы

(наименование дисциплины)

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Профиль «Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов»

(направленность (профиль) образовательной программы)

бакалавриат

(уровень образования)

бакалавр

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

очная

(форма обучения)

В целях актуализации основной профессиональной образовательной программы в рабочую программу внесены следующие изменения (дополнения):

Раздел (подраздел) рабочей программы	Содержание изменения (дополнения)

Изменения (дополнения) в рабочую программу
рассмотрены и одобрены на заседании кафедры

Тепловые двигатели

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

« ____ » _____ 20 ____ г., протокол № ____

Заведующий кафедрой

Д.Т.Н., доц.

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Обозов А.А.

(И.О. Фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой

(наименование выпускающей кафедры)

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)