



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)

**Факультет энергетики и электроники**

*(наименование факультета/института)*

**Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»**

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

**УТВЕРЖДАЮ**

**Первый проректор по учебной  
работе**

**В.А. Шкаберин**

**«25» апреля 2023 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**учебной дисциплины**

**«Насосно-силовое оборудование теплоэнергетических производств»**

*(наименование дисциплины)*

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

*(код и наименование специальности или направления подготовки)*

**Промышленная теплоэнергетика**

*(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)*

**высшее образование – бакалавриат**

*(уровень образования)*

**бакалавр**

*(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)*

**очная**

*(форма обучения)*

**2023**

*(год набора)*

**Брянск 2023**

Рабочая программа учебной дисциплины  
«Нагнетатели и тепловые двигатели»

(наименование дисциплины)

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Группа без профиля

(направленность (профиль)/специализация образовательной программы)

**Разработал:**

доцент, к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.К.Анисин

(И.О. Фамилия)

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Промышленная теплоэнергетика»

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

«21» марта 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

д.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.А.Анисин

(И.О. Фамилия)

**Согласовано:**

Заведующий выпускающей кафедрой

«Промышленная теплоэнергетика»

(наименование выпускающей кафедры)

д.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.А. Анисин

(И.О. Фамилия)

© Анисин А.К., 2023

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС .....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ .....	7
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам дисциплины .....	8
5.3. Лекции .....	8
5.4. Лабораторные работы .....	16
5.5. Практические занятия.....	16
5.6. Самостоятельная работа обучающихся .....	17
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	19
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	20
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	20
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	21
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	24
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	25
11.1. Методические материалы для педагогических работников .....	25
11.2. Методические материалы для обучающихся .....	27
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	29
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины .....	29
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости .....	29
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся .....	30
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	33
12.5. Характеристика результатов обучения .....	33

12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	34
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....	34

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Насосно-силовое оборудование энергетических производств» (далее – дисциплина) ориентирована на формирование у обучающихся компетенций в рамках основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Промышленная теплоэнергетика».

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины – формирование представлений о теоретических и технических основах работы центробежных насосов, используемых в функциональных схемах систем энергоснабжения промышленных предприятий; о типовых алгоритмах технологического управления насосными агрегатами в условиях переменных режимов загрузки последних.

**Задачи** дисциплины:

- изучение основных принципов работы и теоретических основ формирования проточной части центробежных насосов;
- изучение методов корректировки рабочих характеристик центробежных насосов при работе в составе тепловых технических систем с позиций повышения эффективности эксплуатации основного оборудования и энергосбережения;
- изучение типовых алгоритмов технологического управления насосными агрегатами в условиях переменных режимов загрузки;
- приобретение определённого опыта в области оценки фактических эксплуатационных возможностей и технического состояния насосных агрегатов.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС

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

Предварительно изучаются дисциплины: «Гидрогазодинамика», «Физика».

Параллельно изучаются дисциплины: «Техническая термодинамика», «Гидравлика трубопроводных систем», «Системы производства и распределения энергоносителей».

Базируются на изучении дисциплины: «Источники и системы теплоснабжения», «Эксплуатация и ремонт теплоэнергетического оборудования», «Режимы работы теплоэнергетических установок и систем».

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций ПК-1, ПК-3, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
ПК-1. Способен к разработке компоновочных решений и выполнению специальных расчётов для проектирования объектов профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1. Использует в процессе профессиональной деятельности комплекс знаний в области технологических процессов, требований нормативно-технической и нормативно-методической документации по проектированию объектов и инженерных сооружений, предназначенных для производства, распределения и потребления тепловой энергии и ресурсов.</p> <p>ПК-1.2. Разрабатывает концептуальные документы по выполнению проектного задания, производит инженерные расчёты (в том числе без использования прикладного программного обеспечения), формирует законченную отчётную документацию по проектным решениям.</p> <p>ПК-1.3. Осуществляет подготовку проектной документации на основе разработки комплекса технических и технологических решений по объектам и инженерным сооружениям предназначенных для производства, распределения и потребления энергии и ресурсов, обеспечивающих показатели заданной производительности и надёжности, установленные техническим заданием. Осуществляет авторское сопровождение разработок.</p>	теоретические основы и практические рекомендации, определяющие геометрические параметры проточной части насосно-силового оборудования, необходимые для обеспечения требуемых выходных энергетических показателей; конструкторские подходы к обеспечению надёжности узлов насосных агрегатов и их вспомогательных систем; закономерности необратимых процессов износа и разрушения насосно-силового оборудования в период эксплуатации; общие подходы к организации производственных процессов диагностики, технического обслуживания и ремонта насосно-силового оборудования.	выполнять комплекс простейших конструкторских и эксплуатационных работ с целью подбора и адаптации энергетических машин к работе в составе теплотехнических и теплоэнергетических систем оригинальной конфигурации; расчёты узлов центробежных насосов с целью их модернизации; выявлять причины отклонения энергетических характеристик насосных агрегатов от расчётных значений с использованием справочных информационных источников; формулировать рекомендации по результатам выполненных работ.	практическим опытом подбора и корректировки характеристик центробежных насосов; выполнения простейших расчётов и организации работ, связанных с оценкой текущего технического состояния насосного агрегата, его технического обслуживания и поддержания его выходных характеристик на уровне расчётных значений; осуществлять авторское сопровождение разработок.
ПК-3. Способен к технологическому управлению (в том числе и оперативному управлению) объектами профессиональной деятельности.	<p>ПК-3.1. Использует в процессе профессиональной деятельности комплекс знаний о технических средствах, регламентах и методах управления инженерными системами, предназначенными для производства, распределения и потребления тепловой энергии и ресурсов.</p> <p>ПК-3.2. Разрабатывает рекомендации по загрузке технологического оборудования и переключениях на сетях инженерных систем необходимых для ведения заданного режима работы; прогнозирует возможное развитие нештатных и аварийных ситуаций и последствия принимаемых при их ликвидации действий; организует ведение оперативно-технической документации.</p> <p>ПК-3.3. Осуществляет координацию согласованной работы подчинённых оперативных работников по</p>	условия и методы обеспечения совместной работы центробежных насосов и нагрузки (сети) в условиях переменных режимов работы последней. Алгоритмы технологического управления насосными агрегатами и оценки их показателей в процессе эксплуатации.	формулировать рекомендации по загрузке насосных агрегатов в условиях изменения режимов работы теплоэнергетических и теплотехнических систем; определять фактические эксплуатационные показатели эффективности насосных агрегатов по их выходным параметрам с целью оценки технического состояния и текущих эксплуатационных возможностей.	практическим опытом организации испытаний и прогнозирования технического состояния и эксплуатационных возможностей насосных агрегатов; опытом управления насосными агрегатами в условиях возникновения аварийных ситуаций.

	ведению, контролю и корректировке заданного нормального режима работы инженерных систем; руководство технологическими процессами при ликвидации технологических нарушений или возникновения аварийных ситуаций.			
--	---	--	--	--

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам представлено в таблице 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											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
<b>1. Контактная работа обучающихся с педагогическими работниками, в том числе:</b>	<b>64</b>	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-	-	-
1.1. Лекции, час.	32	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	-	-
1.2. Лабораторные работы, час.	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки													
1.3. Практические занятия, час.	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки													
<b>2. Самостоятельная работа обучающихся, час.</b>	<b>35</b>	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-
<b>3. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся, в том числе:</b>	<b>45</b>												
3.1. Экзамен, семестр		5											
3.2. Зачет, семестр		-											
3.3. Зачет с оценкой, семестр		-											
3.4. Курсовой проект (контроль), семестр		-											
3.5. Курсовая работа (контроль), семестр		5											
3.6. Расчетно-графическая работа (контроль), семестр		-											
3.7. Контрольная работа (контроль), семестр		-											
<b>Общая трудоемкость (4 з.е.)</b>	<b>144</b>	144											

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Структура дисциплины

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в таблице 3.

Таблица 3 – Тематический план дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость, час.				
	Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
1. Общие сведения о насосно-силовом оборудовании	3	2	–	–	1
2. Теоретические основы формирования проточной части центробежных насосов.	34	8	4	6	16
3. Эффективность работы центробежных насосов.	26	6	4	6	10
4. Особенности конструкции и работы отдельных систем центробежных насосов.	8	6	–	–	2
5. Процессы износа деталей и узлов центробежных насосов.	4	2	–	–	2
6. Технологии технического обслуживания и ремонта центробежных насосов.	12	4	4	2	2
7. Управление работой насосных агрегатов.	12	4	4	2	2
<b>Итого</b>	<b>99</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>35</b>

## 5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам дисциплины

Распределение формируемых компетенций по разделам дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Формирование компетенций по разделам дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Код компетенции	
	ПК - 1	ПК - 3
1. Общие сведения о насосно-силовом оборудовании	+	
2. Теоретические основы формирования проточной части центробежных насосов.	+	
3. Эффективность работы центробежных насосов.	+	+
4. Особенности конструкции и работы отдельных систем центробежных насосов.	+	
5. Процессы износа деталей и узлов центробежных насосов.	+	
6. Технологии технического обслуживания и ремонта центробежных насосов.	+	
7. Управление работой насосных агрегатов.		+

## 5.3. Лекции

Перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 5.



Таблица 5 – Тематика и содержание лекций

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
1. Общие сведения о насосно-силовом оборудовании	1. Основные сведения о насосно-силовом оборудовании, применяемом в энергетике.	1. Устройство и принцип действия центробежного насоса. 2. Назначение и конструкция направляющих устройств, спирального кожуха, входного и выходного каналов. Требования, предъявляемые к ним. 3. Основные технические параметры насосов: напор, объемная подача, потребляемая мощность, к.п.д. 4. Пусковые условия насоса. 5. Виды характеристик насоса и понятие о характеристической напорной поверхности.	2
2. Теоретические основы формирования проточной части центробежных насосов.	2. Теория и гидравлический расчёт рабочих колёс центробежных насосов.	1. Течение жидкости в колесе радиального нагнетателя: кинематика частицы жидкости в колесе радиального нагнетателя, переносная, относительная и абсолютная скорости, зависимость параметров треугольника (параллелограмма) скоростей от формы лопатки. 2. Уравнение Эйлера для лопастного колеса нагнетателя. 3. Анализ уравнения Эйлера. 4. Упрощенный способ расчета рабочего колеса насоса малой быстроходности.	2
		1. Теоретическая характеристика нагнетателя. 2. Связь между развиваемым давлением и производительностью. 3. Факторы, определяющие отличие действительной характеристики от теоретической.	2

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		4. Условия подбора и пересчет характеристик при изменении частоты вращения рабочего колеса, плотности перемещаемой среды и размеров рабочего колеса. 5. Удельное число оборотов и быстроходность нагнетателей.	
	3. Влияние геометрии отвода на рабочую характеристику центробежного насоса.	1. Обзор конструкций отводящих устройств. 2. Понятия оптимального режима работы и преобразовательной способности отводов. 3. Анализ влияния совместной работы отвода и рабочего колеса в условиях варьирования их геометрическими и режимными параметрами на суммарный к.п.д. центробежного насоса. 4. Обзор методики расчёта и формирования проточной части отводов на основании известных параметров насоса.	2
	4. Оптимизация геометрии подводящих устройств центробежных насосов	1. Обзор конструкций подводящих устройств. 2. Понятие о входной циркуляции потока и оценка её влияния на работу насоса. 3. Анализ работы полуспирального подвода и подходы к формированию его геометрии.	2
3. Эффективность работы центробежных насосов.	5. Система к.п.д. для центробежных насосов.	1. Классификация и анализ причин возникновения потерь в центробежном насосе. 2. Понятие общего, внутреннего, объёмного, механического и гидравлического к.п.д. 3. Методики количественной оценки к.п.д. центробежных насосов.	2

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		4. Перерасчёт оптимального к.п.д. центробежных насосов с воды на вязкую жидкость.	
	6. Режимы работы центробежных насосов	1. Устойчивость работы насоса в системе. 2. Условия возникновения помпажа. 3. Физическая природа и проявление кавитации при работе насоса. 4. Стадии и режимы кавитации. Динамический кавитационный запас. 5. Понятие кавитационного коэффициента быстроходности. 6. Практическая оценка минимального антикавитационного запаса энергии на всасывании. 7. Минимальная геометрическая высота всасывания подпорных насосов. 8. Максимальная подача центробежных насосов из условий бескавитационного режима работы.	2
	7. Анализ влияния режимов работы центробежного насоса и текущего состояния его проточной части на к.п.д.	1. Влияние геометрических параметров проточной части на характеристики насосов. 2. Конструктивные условия обеспечения стабильной формы напорной характеристики. 3. Влияние вязкости перекачиваемой жидкости на характеристики насоса. 4. Влияние утечек в области нагнетание-всасывание на работу насоса. 5. Механизм взаимодействия внутренних утечек с условиями обтекания лопастей рабочего колеса. 6. Влияние нагрузочных режимов работы насоса и относительной шероховатости его проточной части	2

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		<p>на вихревые потери в области рабочего колеса.</p> <p>7. Методы снижения отжима потока.</p> <p>8. Некоторые закономерности теории дискового трения и их приложение к совершенствованию геометрии проточной части центробежных насосов.</p> <p>9. Многофакторная оптимизация общего к.п.д. насоса.</p> <p>10. Определение рабочей точки насоса с оптимальным к.п.д..</p>	
4. Особенности конструкции и работы отдельных систем центробежных насосов.	8. Физические основы работы и причины повреждения уплотнений валов центробежных насосов.	<p>1. Критический обзор типов уплотнения вращающихся валов.</p> <p>2. Обоснование приоритетного использования торцовых уплотнений валов насосно-силового оборудования.</p> <p>3. Типы торцовых уплотнений. Конструкция, материалы и технологии изготовления торцовых уплотнений.</p> <p>4. Силовые и гидродинамические пары при неподвижном и вращающемся вале.</p> <p>5. Основные положения теории термогидродинамического расклинивания пары трения. Баланс тепла и температуры пары трения.</p> <p>6. Режимы трения и температурное растрескивание пары трения.</p>	2
	9. Теоретические основы работы и анализ причин повреждения подшипников используемых в конструкциях насосно-силового оборудования.	<p>1. Условия работы подшипника в режимах жидкостного и полужидкостного трения при различных нагрузках на узел.</p> <p>2. Конструктивные требования к радиальному зазору, толщине масляного</p>	2

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		<p>слоя, температурному и вибрационному режимам работы подшипника скольжения.</p> <p>3. Эксплуатационные факторы, влияющие на нарушение нормальных условий работы подшипников.</p> <p>4. Механизм усталостного разрушения подшипников.</p> <p>5. Анализ отказов и повреждений подшипников скольжения: картина явления, причины, мероприятия по устранению (нарушение режимов смазки; некачественный монтаж подшипникового узла, центровки валов насосного агрегата и двигателя; износ под действием вибраций и т.д.).</p> <p>6. Анализ отказов и повреждений подшипников качения: картина явления, причины, мероприятия по устранению (задиры на дорожках и посадочных поверхностях; чрезмерная нагрузка узла; трещины и т.д.).</p>	
	10. Система смазки насосно-силового агрегата.	<p>1. Назначение и функциональная схема системы смазки.</p> <p>2. Условия теплового баланса системы «подшипник скольжения - маслоохладитель».</p> <p>3. Определение расхода масла, необходимого для охлаждения подшипниковых узлов.</p> <p>4. Методика гидравлического расчёта маслопроводов.</p> <p>5. Расчёт аварийной системы маслоснабжения насоса.</p>	2

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
5. Процессы износа деталей и узлов центробежных насосов.	11. Закономерности процессов разрушения деталей центробежных насосов в процессе эксплуатации. Методы прогнозирования эксплуатационного ресурса центробежных насосов.	1. Механизмы возникновения и развития усталостных повреждений деталей центробежных насосов (механизм развития трещин при циклических нагрузках). 2. Факторы, влияющие на сопротивление усталости деталей. 3. Статистические закономерности усталостного разрушения деталей. 4. Концепция прогнозирования остаточного ресурса. 5. Анализ условий эксплуатации и методы выявления повреждения технологического оборудования. 6. Критерии предельных состояний оборудования. 7. Методы прогнозирования остаточного ресурса оборудования, основанные на стандартных методах расчёта.	2
	12. Организация контроля работоспособности и работ по ТО и ремонту насосного оборудования.	1. Нормативы технического обслуживания и ремонта центробежных насосов в энергетике. 2. Материально-техническое обеспечение работ по ТО и ремонту. 3. Нормы расхода на ремонт и резерва запасных частей насосов. 4. Типовой объём работ по контролю работоспособности насосных агрегатов, выполнению регламентных работ, техническому обслуживанию, текущему, среднему и капитальному ремонтам.	2
6. Технологии технического обслуживания и ремонта центробежных насосов.	13. Возможные дефекты центробежных насосов и технологии их устранения.	Обзор возможных неисправностей насосов и технологий проведения ремонтных работ для их устранения.	2

Наименование раздела дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
7. Управление работой насосных агрегатов.	14. Совместная работа нагнетателя и сети.	1. Характеристика сети. Сложение характеристик сетей. 2. Способ наложения характеристики нагнетателя и сети для получения параметров совместной работы. 3. Технические и экономические требования, предъявляемые к нагнетателям при выборе. 4. Выбор требуемого типа и серии нагнетателей. 5. Корректировка характеристики нагнетателя и характеристики сети. 6. Использование способа наложения характеристик для анализа работы нагнетателя в сети при изменении параметров системы. 7. Способы воздействия на сеть, способы воздействия на нагнетатели, их технико-экономическое сравнение: изменения числа оборотов, применение направляющих аппаратов и винтов регулируемого шага. Способы реализации этих методов.	2
	15. Совместная работа нагнетателей.	1. Необходимость совместной работы нагнетателей. 2. Параллельное и последовательное включение одинаковых и различных нагнетателей. 3. Построение суммарной характеристики при совместной работе нагнетателей. 4. Анализ совместной работы нагнетателей на сеть. 5. Выбор рациональной схемы соединения нагнетателей на совместную работу.	2
<b>Итого</b>	—	—	32

## 5.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы (таблица 6).

Таблица 6 – Тематика лабораторных работ

Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы	Трудоемкость, час.
2. Теоретические основы формирования проточной части центробежных насосов.	1. Изучение конструкции и определение марки центробежного насоса по базовым размерам рабочего колеса.	2
	2. Экспериментальное определение характеристик центробежного насоса.	2
3. Эффективность работы центробежных насосов.	3. Экспериментальное исследование кавитационного режима работы центробежного насоса.	2
	4. Испытание всасывающей линии центробежного насоса.	2
6. Технологии технического обслуживания и ремонта центробежных насосов.	5. Центровка валов насосного агрегата.	2
	6. Опытное изучение технологического процесса статической балансировки ротора центробежного насоса.	2
7. Управление работой насосных агрегатов.	7. Испытание насосной установки с двумя параллельно и последовательно работающими насосами.	2
	8. Опытное изучение природы возникновения волн давления при эксплуатации насосно-силового оборудования.	2
<b>Итого</b>	–	16

## 5.5. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

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

Таблица 7 – Тематика и содержание практических занятий

Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
2. Теоретические основы формирования проточной части центробежных насосов.	1. Расчётно-практическое изучение кинематики потока в рабочем колесе центробежного насоса.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2



Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
	2. Расчёт основных геометрических параметров рабочего колеса центробежного насоса.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2
	3. Гидравлический расчёт спирального отвода центробежного насоса.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2
3. Эффективность работы центробежных насосов.	4. Расчётное определение характеристик центробежного насоса при различных режимах его работы. Расчёт индивидуальных характеристик нагнетателей.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2
	5. Расчёт всасывающей линии центробежного насоса.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2
	6. Расчёт к.п.д. насосного агрегата по его выходным характеристикам.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2
6. Технологии технического обслуживания и ремонта центробежных насосов.	7. Разработка технологических карт процессов технического обслуживания и ремонта насосных агрегатов.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2
7. Управление работой насосных агрегатов.	8. Расчётное исследование совместной работы центробежных насосов.	Выполнение практического задания по тематике занятия.	2
<b>Итого</b>	—	—	<b>16</b>

## 5.6. Самостоятельная работа обучающихся

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

Таблица 8 – Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения раздела
1. Общие сведения о насосно-силовом оборудовании	1. Краткий обзор конструкций и области предпочтительного применения центробежных насосов в энергетике.
2. Теоретические основы формирования проточной части центробежных насосов.	1. Профилирование входной части лопаток, безударный вход. Режим безударного входа и его обеспечение. 2. Понятие коэффициентов закрутки и давления. Факторы, влияющие на коэффициент давления. Форма лопатки на выходе из колеса радиального нагнетателя, влияние её на параметры работы нагнетателя. 3. Виды характеристик: полная, неполная, универсальная. Способы их построения. 4. Способы измерения давления в сетях.

Наименование раздела дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения раздела
3. Эффективность работы центробежных насосов.	1. Процессы, происходящие в насосе при выключении привода. 2. Выбег насоса. 3. Число оборотов обратного хода.
4. Особенности конструкции и работы отдельных систем центробежных насосов.	1. Предпосылки к силовой и температурной деформации пар трения. Влияние неточностей установки, изготовления, биений вала и других факторов на работу пары трения. 2. Колебания торцовых уплотнений. 3. Методика прочностного расчёта маслопроводов.
5. Процессы износа деталей и узлов центробежных насосов.	1. Методы оценки запаса прочности на стадии развития усталостных трещин.
6. Технологии технического обслуживания и ремонта центробежных насосов.	1. Требования техники безопасности при проведении работ по ТО и ремонту насосно-силового оборудования. 2. Испытание центробежных насосов и диагностика отказов в работе.
7. Управление работой насосных агрегатов.	1. Учет особенностей технологического процесса и требований пожаро-взрывоопасности при выборе насосов. 2. Понятие пусковой мощности электропривода. 3. Правила пуска центробежных насосных агрегатов. Способы пуска. 4. Особенности включения в работу насосов.

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

Таблица 9 – Виды самостоятельной работы

Наименование раздела дисциплины	Виды самостоятельной работы
1. Общие сведения о насосно-силовом оборудовании	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
2. Теоретические основы формирования проточной части центробежных насосов.	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний, полученных во время аудиторных занятий, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение отдельных разделов курсовой работы, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.

Наименование раздела дисциплины	Виды самостоятельной работы
3. Эффективность работы центробежных насосов.	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний, полученных во время аудиторных занятий, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение отдельных разделов курсовой работы, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
4. Особенности конструкции и работы отдельных систем центробежных насосов.	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
5. Процессы износа деталей и узлов центробежных насосов.	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
6. Технологии технического обслуживания и ремонта центробежных насосов.	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний, полученных во время аудиторных занятий, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
7. Управление работой насосных агрегатов.	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний, полученных во время аудиторных занятий, подготовка к практическим и лабораторным занятиям, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.

Учебным планом в рамках дисциплины предусмотрено выполнение курсовое проектирование.

Выполнение курсового проектирования осуществляется в соответствии с методическими указаниями, содержащимися в соответствующем разделе электронного курса «Нагнетатели и тепловые двигатели» информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>).

### 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 10.

Таблица 10 – Формы и периодичность текущего контроля успеваемости

Вид учебной работы	Форма текущего контроля успеваемости	Периодичность осуществления
Практические и лабораторные занятия	устная: экспресс-опрос перед началом проведения занятия.	На каждом занятии
Самостоятельная работа обучающихся	устная (собеседование по результатам выполненного лабораторного практикума):	В течение семестра

	- письменная (проверка наличия и качества оформления и содержания конспектов информационных источников по вопросам выносимых на самостоятельное изучение; проверка адекватности и качества текущего выполнения курсовой работы).	
--	--	--

Оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (промежуточная аттестация обучающихся) осуществляется в форме экзамена, проводимого в устной форме. Для уточнения оценки экзаменатор может проводить короткий опрос-собеседование с обучающимся и (или) выдавать ему дополнительные задания.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии: классические репродуктивные, классические активные и интерактивные, интерактивные дискуссионные (таблица 11).

Таблица 11 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

<b>Лекции</b>	Классические репродуктивные, в виде информационных лекций с использованием опорных конспектов и иллюстрационного материала.
<b>Практические занятия</b>	Классические активные и интерактивные.
<b>Лабораторные работы</b>	Классические активные и интерактивные.
<b>Самостоятельная работа студентов</b>	Классические репродуктивные (работа с литературными источниками), классические активные (работа с информационными ресурсами, консультации), интерактивные дискуссионные.
<b>Консультации</b>	Классические активные.
<b>Текущий контроль, экзамен</b>	Классические репродуктивные, в виде устного опроса по контрольным вопросам.

## 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;
- полный перечень тем дисциплины;
- методические указания по выполнению каждой лабораторной работы;
- методические указания для выполнения курсовой работы;

– материалы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Наименование электронного курса в электронной информационно-образовательной среде БГТУ — «Нагнетатели и тепловые двигатели – автор Анисин А.К. для обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Промышленная теплоэнергетика», форма обучения – очная.

Электронный курс предназначен для обеспечения обучающихся всеми необходимыми учебно-методическими материалами, а также проведения контрольно-оценочных мероприятий в процессе обучения. При необходимости осуществляется файловый обмен отчетами о выполнении обучающимися самостоятельной работы.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

**1.** Анисин А.А., Анисин А.К. Нагнетатели и тепловые двигатели. Проектирование центробежного насоса [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению курсовой работы для обучающихся по очной форме обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2017. – 56 с.

**2.** Кондаков С.А. Гидравлика (Гидрогазодинамика) [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторного практикума для обучающихся по очной форме обучения по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2017. – 36 с.

**3.** Анисин А.А., Анисин А.К. Тепловые двигатели и нагнетатели. Лабораторный практикум [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для обучающихся по очной форме обучения по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2019. – 73 с.

**4.** Анисин А.А., Анисин А.К., Роголёв В.В. Тепловые двигатели и нагнетатели. Изучение конструкции турбомашин и поршневых двигателей внутреннего сгорания. [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов очной формы обучения по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2016. – 55 с.

**5.** Анисин А.А., Анисин А.К. Нагнетатели и тепловые двигатели. Компрессоры и вентиляторы: методы решения практических задач [Текст] + [Электронный ресурс]: методическое пособие для подготовки к работе на практических занятиях по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели» для обучающихся по очной форме обучения по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2017. – с. 37

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

### *а) основная литература:*

1. Черкасский В.М., Калинин Н.В., Кузнецов Ю.В., Субботин В.И. Нагнетатели и тепловые двигатели. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 384 с.

(5 экз.)

2. Черкасский В.М. Насосы, компрессоры, вентиляторы – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 424 с.

(4 экз.)

3. Щегляев, А.В. Паровые турбины: теория теплового процесса и конструкций турбин, учеб. для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 357 с. (24 экз.)

4. Турбины тепловых и атомных электрических станций: учеб. для вузов; под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 488 с.

(10 экз.)

5. Тепловые двигатели и нагнетатели [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Наумов [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. – 109 с.

(Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61415.html>.)

### *б) дополнительная литература:*

1. Нигматулин И.Н., Ценев В.А., Шляхин П.Н. Тепловые двигатели. – М.: Высшая школа, 1974. – 376 с.

(5 экз.)

2. Шлипченко З.С. Насосы, компрессоры и вентиляторы. – Киев: Техника, 1976. – 369 с.

(5 экз.)

3. Поршневые компрессоры: Учеб. пособие для студентов вузов. Под общ. ред. Б. С. Фотина. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 872 с.

(8 экз.)

4. Карелин В. Я., Минаев Л. В. Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1976. 320 с.

(2 экз.)

5. Рихтер, Л.А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.

(10 экз.)

6. Трухний, А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во МЭИ. 2002. – 539 с.

(3 экз.)

7. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для втузов по специальности “Двигатели внутреннего сгорания”/ Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко и др.; Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

(78 экз.)

**8. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей.** Учебник для вузов по специальности “Двигатели внутреннего сгорания”/ С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко и др.; Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.

(40 экз.)

**9. Рафальская Т.А. Насосные станции [Электронный ресурс] :** учебное пособие / Т.А. Рафальская, Р.Ш. Мансуров, В.И. Костин. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 82 с.

(Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71570.html>.)

*в) справочная литература:*

**1. Малюшенко, В. В., Михайлов, А. К. Энергетические насосы:** справочное пособие. – М.: Энергоиздат, 1981. – 199 с.

**2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/Под ред. М. О. Штейнберга.** – 3-е изд., перераб. и доп. – М.; Машиностроение, 1992. – 672 с.

**3. Тягодутьевые машины. Отраслевой каталог.** М. НИИЭИНФОРМЭНЕРГОМАШ, 1984. 283 с.

**4. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя:** в 3 т. 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. М.: машиностроение, 2006.

**5. Электронный каталог насосного оборудования Grundfos,** 2008.

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

**1. Электронно-библиотечная система «Лань»** <http://www.e.lanbook.com/>.

**2. Электронно-библиотечная система «IPR-books»**  
<http://www.iprbookshop.ru/>.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения обучения необходима следующая материально-техническая база:

- учебная аудитория для проведения занятий лекционного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованная специализированной мебелью, персональным компьютером, мультимедийным проектором и экраном.
- специализированные учебные аудитории для проведения лабораторных занятий, укомплектованная специализированной мебелью и лабораторными установками.
- учебная аудитория для самостоятельной работы обучающихся, оборудованная персональными компьютерами с возможностью доступа к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и к электронной образовательной среде учебного учреждения.

- читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы обучающихся.

## **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, прочесть 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).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего образования обучающимися с ОВЗ:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;
- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;



2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);
- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **11.1. Методические материалы для педагогических работников**

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: лекция-визуализация, лекция-беседа.

1 *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.

2. *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.

**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:

- устные экспресс-опросы;
- групповые дискуссии;
- выполнение практических заданий;
- письменное или компьютерное экспресс-тестирование и др.

Цели практических занятий наилучшим образом достигаются в том случае, если студент предварительно проработал тематику практического занятия. Поэтому преподаватель должен информировать студентов о теме следующего практического занятия, чтобы они могли целенаправленно самостоятельно заниматься в домашних условиях.

***Организация лабораторных занятий по дисциплине*** направлена на следующие цели и задачи:

- углубление и закрепление знания теоретического курса путем практического изучения в лабораторных условиях изложенных в лекциях законов и положений;
- приобретение навыков в научном экспериментировании, анализе полученных результатов;
- формирование первичных навыков организации, планирования и проведения научных исследований.

Порядок подготовки лабораторного занятия:

- изучение требований программы дисциплины;
- формулировка цели и задач лабораторного занятия;
- разработка плана проведения лабораторного занятия;
- подбор содержания лабораторного занятия;
- разработка необходимых для лабораторного занятия инструкционных карт;
- моделирование лабораторного занятия;
- проверка специализированной лаборатории на соответствие санитарно-гигиеническим нормам, требованиям по безопасности и технической эстетике;
- проверка количества лабораторных мест, необходимых и достаточных для достижения поставленных целей обучения;
- проверка материально-технического обеспечения лабораторных занятий на соответствие требованиям программы дисциплины.

Формы проведения лабораторных занятий:

- фронтальная;
- по циклам;
- индивидуальная;
- смешанная (комбинированная).

При проведении лабораторных работ используют три подхода к их выполнению:

- на основе рецептурных действий обучающихся, когда они проявляют умение работать преимущественно в стандартных условиях, отраженных в руководстве по лабораторному практикуму;
- на основе частично поисковых действий, когда обучающиеся могут действовать достаточно самостоятельно, решать несложные творческие задачи при подсказке или непосредственном руководстве преподавателя;
- на основе активных творческих действий обучающихся, когда они проявляют способность действовать в условиях, близких к реальным, используя запас приобретенных знаний.

**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; текущий самоконтроль, выполнение курсовой работы.

Выполнение курсовой работы по дисциплине предусматривает информирование студентов о ее целях, структуре, выдачу методических указаний и задания, ознакомление с порядком и сроками сдачи готовых материалов, проведение индивидуальных консультаций и разъяснение отдельных вопросов при необходимости.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием педагогического работника являются текущие консультации.

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

## 11.2. Методические материалы для обучающихся

Обучающимся, изучающим дисциплину, необходимо знать требования, предъявляемые к их различным видам учебных занятий, в том числе лекционным, практическим, индивидуальным и др. (таблица 12).

Таблица 12 – 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 лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью

Вид учебной работы	Организация деятельности обучающегося
	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.
Лабораторные работы	Подготовка к эксперименту (ознакомление с целью и задачами, ходом лабораторной работы, работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, подготовка таблиц для фиксирования хода и результатов опытно-экспериментальной работы и др.). Проведение измерений (вводный и текущий инструктаж, проведение опытов и экспериментов). Обработка полученных результатов; формулировка выводов и написание отчета. Защита отчета по лабораторной работе.
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.
Выполнение курсовой работы	При выполнении курсовой работы, обучающемуся следует придерживаться методических указаний. Предусмотрен следующий алгоритм действий: темы курсовой работы, подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для написания теоретического раздела, проведение расчетов по исходным данным и анализ полученных значений, формулирование выводов по полученным результатам. Выполненная работа передается преподавателю на проверку. При необходимости осуществляется доработка отдельных частей работы с учетом требований и замечаний преподавателя.
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 таблице 13.

Таблица 13 – Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Код индикатора достижения компетенции	Оценочные средства текущего контроля успеваемости	Оценочные средства промежуточной аттестации обучающихся
ПК 1.1	Вопросы для устного экспресс-опроса перед практическими занятиями. Оценка адекватности полученных результатов по итогам решения практических задач и выполнения отдельных разделов курсовой работы.	Контрольные вопросы к экзамену и собеседованию по результатам выполненной курсовой работы, экзаменационные задачи
ПК 1.2	Вопросы для устного экспресс-опроса перед практическими занятиями. Оценка адекватности полученных результатов по итогам решения практических задач и выполнения отдельных разделов курсовой работы.	Контрольные вопросы к экзамену и собеседованию по результатам выполненной курсовой работы, экзаменационные задачи
ПК 1.3	Вопросы для устного экспресс-опроса перед практическими занятиями. Оценка адекватности полученных результатов по итогам решения практических задач и выполнения отдельных разделов курсовой работы.	Контрольные вопросы к экзамену и собеседованию по результатам выполненной курсовой работы, экзаменационные задачи
ПК 3.1	Вопросы для устного экспресс-опроса перед практическими и лабораторными занятиями. Вопросы к защите лабораторных работ. Оценка адекватности полученных результатов по итогам решения практических задач и выполнения лабораторных работ.	Контрольные вопросы к экзамену, экзаменационные задачи.
ПК 3.2	Вопросы для устного экспресс-опроса перед практическими и лабораторными занятиями. Вопросы к защите лабораторных работ. Оценка адекватности полученных результатов по итогам решения практических задач и выполнения лабораторных работ.	Контрольные вопросы к экзамену, экзаменационные задачи.
ПК 3.3	Вопросы для устного экспресс-опроса перед практическими и лабораторными занятиями. Вопросы к защите лабораторных работ. Оценка адекватности полученных результатов по итогам решения практических задач и выполнения лабораторных работ.	Контрольные вопросы к экзамену, экзаменационные задачи.

### 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, успешно выполнил практические работы, 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, выполнил практические работы 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, выполнил практические работы 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, не выполнил все или выполнил часть практических работ 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).

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 таблице 14.

Таблица 14 – Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
Высокий («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.
Повышенный («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 приёмами. Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе.

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
Базовый («удовлетворительно»)	Обучающийся знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении в ходе промежуточной аттестации. Обучающийся испытывает определённые затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приёмами. Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине.
Низкий («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 серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине.

Уровень знаний, умений и навыков обучающегося при выполнении и защите курсовой работы оценивается по пятибалльной системе. Шкала оценивания представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Шкала оценивания, применяемая при выполнении и защите курсовой работы

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
«отлично»	<p><b>а) Содержание работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работа полностью соответствует теме исследования;</li> <li>– грамотно обоснована актуальность работы;</li> <li>– обучающийся показывает глубокую общетеоретическую подготовку;</li> <li>– обучающийся корректно использует терминологический аппарат;</li> <li>– в работе используются актуальные источники, нормативные документы, законодательные акты;</li> <li>– обучающийся демонстрирует умение работать с различными видами источников информации, в том числе с данными, полученными экспериментальным путем и с электронными библиотечными системами вуза;</li> <li>– обучающийся проявляет умение обобщать, систематизировать и научно классифицировать материал;</li> <li>– исследование завершается научно-значимыми выводами и/или практическими рекомендациями.</li> </ul> <p><b>б) Владение навыками научного исследования:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся владеет методологическими подходами к изучению предмета исследования и конкретными методиками;</li> <li>– обучающийся умеет грамотно составить программу исследования (определить научную проблему, объект, предмет, цели, задачи,</li> </ul>

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
	<p>подобрать методы исследования), обосновать научную новизну и/или практическую значимость данного исследования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся умеет делать аргументированные выводы, соответствующие поставленным целям и задачам;</li> <li>– обучающийся умеет предложить варианты использования результатов исследования в профессиональной деятельности.</li> </ul> <p><b>в) Оформление курсовой работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работа оформлена в соответствии с локальными актами.</li> </ul> <p><b>г) Защита курсовой работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся в устном выступлении на защите адекватно представляет результаты исследования;</li> <li>– обучающийся аргументированно отвечает на вопросы и ведет научную дискуссию;</li> <li>– обучающийся владеет научным стилем изложения;</li> <li>– обучающийся владеет понятийным аппаратом.</li> </ul>
«хорошо»	<p><b>а) Содержание работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– полностью соответствует теме исследования;</li> <li>– актуальность работы обоснована недостаточно аргументированно;</li> <li>– обучающийся показывает достаточную общетеоретическую подготовку, допуская погрешности в использовании терминологического аппарата;</li> <li>– обзор теоретических и практических наработок по проблеме имеет описательный, а не аналитический характер;</li> <li>– информационная база исследования недостаточно широкая;</li> <li>– обучающийся демонстрирует умение работать с различными видами источников, в том числе с данными, полученными экспериментальным путем;</li> <li>– обучающийся проявляет способности обобщать, систематизировать и научно классифицировать материал;</li> <li>– в работе отсутствуют научно-значимые выводы и/или практические результаты.</li> </ul> <p><b>б) Владение навыками научного исследования:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не обоснована научная новизна и практическая значимость данного исследования;</li> <li>– присутствуют отдельные недочеты в программе исследования (недостаточно аргументированно определена научная проблема, неверно сформулированы объект, предмет, цели, задачи, методы исследования подобраны не вполне корректно);</li> <li>– выводы исследования недостаточно аргументированы, не соответствуют поставленным целям и задачам.</li> </ul> <p><b>в) Оформление курсовой работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работа оформлена в соответствии с локальными актами.</li> </ul> <p><b>г) Защита курсовой работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся в устном выступлении на защите адекватно представляет результаты исследования;</li> <li>– обучающийся владеет научным стилем изложения;</li> <li>– обучающийся владеет понятийным аппаратом;</li> </ul>



Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
	– обучающийся во время защиты не смог ответить на ряд вопросов по предмету исследования.
«удовлетворительно»	<p><b>а) Содержание работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– частично соответствует теме исследования;</li> <li>– не обоснована актуальность работы;</li> <li>– обучающийся обнаружил удовлетворительные знания по предмету;</li> <li>– в работе отсутствует обзор теоретических и практических наработок по проблеме;</li> <li>– информационная база исследования недостаточно широка, обучающийся использует лишь данные научной литературы;</li> <li>– обучающийся не сумел продемонстрировать умение работать с различными видами источников;</li> <li>– в работе отсутствуют научно-значимые выводы или практические результаты.</li> </ul> <p><b>б) Оформление курсовой работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работа оформлена в соответствии с локальными актами.</li> </ul> <p><b>в) Защита курсовой работы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в устном выступлении на защите обучающийся не может адекватно представить результаты исследования;</li> <li>– обучающийся отстает от научного стиля изложения;</li> <li>– обучающийся затрудняется в аргументации, отвечая на вопросы по теме работы.</li> </ul>
«неудовлетворительно»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– имеются принципиальные замечания по пяти и более параметрам курсовой работы;</li> <li>– обучающийся допустил грубые теоретические ошибки, не владеет навыками исследования.</li> </ul>

#### 12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине

Итоговая оценка по дисциплине определяется с учетом результатов промежуточной аттестации обучающегося (экзамена) и оценок, полученных обучающимся в ходе текущего контроля успеваемости в семестре.

#### 12.5. Характеристика результатов обучения

Характеристики результатов обучения по дисциплине в зависимости от полученной обучающимся оценки приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Характеристика результатов обучения по дисциплине

Оценка	Характеристика результатов обучения
«Отлично» (высокий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все цели достигнуты, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены
«Хорошо» (повышенный уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями

Оценка	Характеристика результатов обучения
«Удовлетворительно» (базовый уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки
«Неудовлетворительно» (низкий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	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

Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся представлены в электронном курсе «Нагнетатели и тепловые двигатели», размещенном в системе электронной поддержки учебных курсов на базе программного обеспечения Moodle со встроенной подсистемой тестирования (edu.tu-bryansk.ru), входящей в состав электронной информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>) и «Фонд оценочных средств по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели».

## 13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» воспитание - «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».

В учебном процессе воспитательная работа с обучающимися реализуется средствами учебных дисциплин.

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, самостоятельно мыслить, стремление к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения.