



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

Факультет энергетики и электроники  
(наименование факультета/института)  
Турбиностроение  
(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
по учебной работе и цифровизации  
\_\_\_\_\_ В.А. Шкаберин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
учебной дисциплины  
**Современные методы численных исследований и оптимизации  
турбомашин и комбинированных турбоустановок**

(наименование дисциплины)

13.06.01 Электро- и теплотехника

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Турбомашины и комбинированные турбоустановки

(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

(уровень образования)

Исследователь. Преподаватель-исследователь

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

Очная

(форма обучения)

2020

(год набора)

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины  
Современные методы численных исследований и оптимизации турбомашин  
и комбинированных турбоустановок

*(наименование дисциплины)*

13.06.01 Электро- и теплотехника

*(код и наименование специальности или направления подготовки)*

Турбомашин и комбинированные турбоустановки

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

Разработал:

Зав. кафедрой «Т»,

К.Т.Н., доцент

*(должность, ученая степень, ученое звание)*

*(подпись)*

А.В. Осипов

*(И.О. Фамилия)*

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Турбиностроение

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

«23» марта 2022 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой

К.Т.Н., доцент

*(ученая степень, ученое звание)*

*(подпись)*

А.В. Осипов

*(И.О. Фамилия)*

© Осипов А.В., 2022

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2022

### **Предисловие.**

Дисциплина «Современные методы численных исследований и оптимизации турбомашин и комбинированных турбоустановок» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 2.4.7. «Турбомашин и поршневые двигатели».

### **1. Цель освоения дисциплины.**

Целью освоения дисциплины является расширение и углубление комплекса фундаментальных знаний, необходимых для изучения и понимания рабочих процессов в турбомашинах и комбинированных турбоустановках, а также для решения практических задач их термогазодинамических и прочностных расчетов, проектирования и оптимизации.

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП.**

Дисциплина «Современные методы численных исследований и оптимизации турбомашин и комбинированных турбоустановок» относится к обязательным дисциплинам вариативной части программы высшего образования — программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

**3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Таблица 1

Компетенции и требования к освоению дисциплины

1	2	3
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-1	способность использовать методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях комплексного решения проблем в области турбиностроения	<b>знать:</b> основные методы решения проблем в области турбиностроения <b>уметь:</b> применять методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях решения узконаправленных задач в области турбиностроения <b>владеть:</b> навыками диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования
ПК-2	способность к анализу, оценке и использованию положений теории разработки и создания турбомашин при решении исследовательских инженерных задач	<b>знать:</b> основы теории разработки и создания турбомашин <b>уметь:</b> использовать положения теории разработки и создания турбомашин при решении простейших исследовательских инженерных задач <b>владеть:</b> навыками проектирования узлов и агрегатов турбомашин
ПК-3	способность применять углубленные знания в сфере турбиностроения с учетом современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.)	<b>знать:</b> основы современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.) <b>уметь:</b> применять базовые знания в сфере турбиностроения <b>владеть:</b> навыками проектирования и расчета узлов и агрегатов турбомашин

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	12	12
В том числе:	-	-
Лекции (Л)	6	6
Практические занятия (ПЗ)	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) (без учета подготовки к экзамену)</b>	51	51
В том числе:	-	-
Курсовой проект	-	-
Подготовка к занятиям	-	-
Самоподготовка	51	51
<i>Экзамен</i>	45	45
Общая трудоемкость: 108 часов; 3 зачетные единицы	108	108

#### 5. Содержание дисциплины.

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины (табл. 2).

Таблица 2

Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	2	3
1	Двухмерные течения в решётках турбомашин на поверхностях тока.	Двухмерные течения в решетках осевых тепловых турбомашин. Методы сеток, конформного отображения и особенностей. Современные методы расчёта обтекания вязким газом и оптимизации решетки турбомашин.
2	Потери кинетической энергии в решётках турбомашин под влиянием конструктивных и режимных параметров.	Влияние вязкости газа, чисел Рейнольдса и шероховатости поверхности лопаток на профильные потери. Отрыв пограничного слоя. Влияние турбулентности потока и чисел Маха на профильные потери. Вторичные потери. Влияние саблевидности лопаток на вторичные потери. Потери у периферии рабочего колеса с бандажом и без бандажа. Потери от протечек рабочего тела. Потери от неоптимальных углов входа потока на лопаточные венцы.
3	Двухмерный поток в проточных частях турбомашин	Двухмерный поток в проточной части осевой турбомашин. Система исходных уравнений. Проектирование ступени осевой турбомашин с учетом радиальных скоростей (обратная задача). Проверочный расчет ступени турбомашин (прямая задача). Цели снижения градиента степени реактивности в турбинной ступени. Тангенциальный наклон, обратная закрутка и саблевидность направляющих лопаток и их комбинации.

4	Трехмерный поток в проточных частях турбомашин.	Трехмерный поток в проточной части осевой турбомашин. Система исходных уравнений. Проверочный расчет ступени турбомашин (прямая задача).
5	Постановка задачи оптимального проектирования проточной части турбомашин.	Универсальный алгоритм и блок-схема решения задач компьютерной оптимизации проточной части турбомашин на ЭВМ. Основы математических моделей проточной части осевой тепловой турбомашин в одномерной и двухмерной постановках задач. Комплексные решения задач компьютерной оптимизации, моделирования и унификации проточных частей турбин. Многорежимная оптимизация проточных частей многоступенчатых турбомашин, в том числе в составе теплоэнергетических установок.
6	Аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин.	Аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин.
7	Численные методы определения НДС элементов различной геометрии.	Численные методы определения НДС элементов различной геометрии.
8	Современные нормы запасов прочности деталей и узлов в энергетическом машиностроении, а также по виброненадежности.	Современные нормы запасов прочности деталей и узлов в энергетическом машиностроении, а также по виброненадежности.
9	Решение задач на основе применения пакета ANSYS. Ознакомление с возможностями пакета для решения задач определения НДС при различных механических и температурных нагрузках.	Решение задач на основе применения пакета ANSYS. Ознакомление с возможностями пакета для решения задач определения НДС при различных механических и температурных нагрузках.
10	Источники возбуждения механических колебаний и акустических колебаний элементов турбомашин и рабочей среды.	Источники возбуждения механических колебаний и акустических колебаний элементов турбомашин и рабочей среды.
11	Вероятностные методы оценок надежности и ресурса энергетических турбомашин.	Вероятностные методы оценок надежности и ресурса энергетических турбомашин.
12	Основные особенности случайных нагрузок применительно к энергетическим турбонашннам и методам оценки их воздействий.	Основные особенности случайных нагрузок применительно к энергетическим турбонашннам и методам оценки их воздействий.

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий (в часах) (табл.4).

Таблица 4

### Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	С	СРС	ЭКЗ	Всего часов
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Двухмерные течения в решётках турбомашин на поверхностях тока.	2	-	-	-	3	2	7
2	Потери кинетической энергии в решётках турбомашин под влиянием конструктивных и режимных параметров.	2	-	-	-	3	2	7
3	Двухмерный поток в проточных частях турбомашин	2	-	-	-	3	2	7
4	Трёхмерный поток в проточных частях турбомашин.	-	2	-	-	3	2	7
5	Постановка задачи оптимального проектирования проточной части турбомашин.	-	2	-	-	3	2	7
6	Аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин.	-	2	-	-	3	2	7
7	Численные методы определения НДС элементов различной геометрии.	-	-	-	-	5	5	10
8	Современные нормы запасов прочности деталей и узлов в энергетическом машиностроении, а также по вибронадежности.	-	-	-	-	5	5	10
9	Решение задач на основе применения пакета ANSYS. Ознакомление с возможностями пакета для решения задач определения НДС при различных механических и температурных нагрузках.	-	-	-	-	5	5	10
10	Источники возбуждения механических колебаний и акустических колебаний элементов турбомашин и рабочей среды.	-	-	-	-	5	5	10
11	Вероятностные методы оценок надежности и ресурса энергетических турбомашин.	-	-	-	-	5	5	10
12	Основные особенности случайных нагрузок применительно к энергетическим турбонасосам и методам оценки их воздействий.	-	-	-	-	8	8	16

## 6. Лекции, практические занятия, лабораторные работы.

### 6.1. Лекции (табл. 5).

Таблица 5

Тематика лекций и их трудоемкость

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	2	3	4
1	1	Двухмерные течения в решётках турбомашин на поверхностях тока.	2
2	2	Потери кинетической энергии в решётках турбомашин под влиянием конструктивных и режимных параметров.	2
3	3	Двухмерный поток в проточных частях турбомашин	2
Итого			6

### 6.2. Практические занятия (табл. 6).

Таблица 6

Тематика практических занятий и их трудоемкость

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	2	3	4
1	4	Трехмерный поток в проточных частях турбомашин.	2
2	5	Постановка задачи оптимального проектирования проточной части турбомашин.	2
3	6	Аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин.	2
Итого			6

### 6.4. Образовательные технологии.

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:

<b>Лекции:</b> проводятся в форме мастер-класса преподавателя; используются опорные конспекты (системы слайдов), натурные стенды
<b>Практические занятия:</b> проводятся в форме мастер-класса преподавателя; используется контекстное обучение с привязкой разбираемых примеров к реальным конструкциям и условиям их работы
<b>Самостоятельная работа студентов:</b> при проведении самостоятельной работы обучающиеся имеют доступ в лабораторию турбостроения, а также к электронно-библиотечной системе университета
<b>Консультации:</b> проводятся в форме дискуссии «учебная группа – преподаватель»
<b>Экзамен:</b> письменный, проводится по билетам;

## 7. Самостоятельная работа студентов (табл. 7).

Таблица 7

№ п/п	№ раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	2	3
1	1	Работа с литературой;
2	2	Работа с литературой;
3	3	Работа с литературой;
4	4	Работа с литературой;
5	5	Работа с литературой;
6	6	Работа с литературой;
7	7	Работа с литературой;
8	8	Работа с литературой;
9	9	Работа с литературой;
10	10	Работа с литературой;
11	11	Работа с литературой;
12	12	Работа с литературой;
13	1-12	Подготовка к экзамену

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

### 8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю):

1. Лагереv, В.В. Советы студентам по рациональной организации учебного труда: учеб. пособ. для вузов / В.В. Лагереv. – Брянск: БИТМ, 1992. – 92 с. [259 экз.].
2. Рабочая программа учебной дисциплины «Современные методы численных исследований и оптимизации турбомашин и комбинированных турбоустановок» для направления подготовки кадров высшей квалификации 13.06.01 «Электро- и теплотехника», направленность программы «Турбомашины и комбинированные турбоустановки». [Электронный ресурс каф. ТД]

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

#### а) основная литература:

3. Лапшин К.Л. Оптимизация проточных частей паровых и газовых турбин. СПб., Изд.-во СПбГПУ, 2011. – 177 с. [23 экз.].
4. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов, гриф МО РФ/Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин Ф.Е., Трухний А.Д. Под редакцией А.Г.Костюка. - Изд.-во МЭИ, 2008. – 556 с. [135 экз.].

#### б) дополнительная литература:

5. Кириллов И.И., Кириллов А.И. Теория турбомашин. Л.: Машиностроение, 1974.-320 с. [92 экз.].
6. Аэродинамические характеристики ступеней тепловых турбин. Под общей редакцией В.А. Черникова. – Л. «Машиностроение». 1980.-164с. [15 экз.].



7. Манушин Э.А. Конструирование и расчет на прочность турбомашин газотурбинных и комбинированных установок: учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов / Э.А. Манушин, И.Г. Суровцев. – М.: Машиностроение, 1990.-400 с. [38 экз.].
8. Костюк А.Г. Динамика и прочность турбомашин / А.Г. Костюк. – М.: Машиностроение, 2007.- 474 с. [69 экз.].

### **8.3. Перечень ресурсов сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины:**

- Электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) БГТУ;
- [www.tu-bryansk.ru](http://www.tu-bryansk.ru) - официальный сайт БГТУ;
- [mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2](http://mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2) - электронная библиотечная система БГТУ;
- [lib.tu-bryansk.ru](http://lib.tu-bryansk.ru) - сайт библиотеки БГТУ со ссылками на внешние ЭБС;
- <http://www.scopus.com>.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

### ***Специальные помещения:***

- помещение для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций (ауд. 50);
- помещение для текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе итоговой аттестации (ауд. 50);

Перечисленные специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

### ***Перечень необходимого программного обеспечения:***

При изучении курса не используются компьютерные программы.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

### **10.1. Методические рекомендации для преподавателей.**

При чтении лекций должна решаться задача доступного изложения всех материалов по данной дисциплине согласно рабочей программе.

Главной задачей каждой лекции и практического занятия является раскрытие тематики и увязка с практическим применением турбомашин в производстве.

При чтении лекций и проведении практических занятий целесообразно использовать опорные конспекты (систему слайдов с наглядными изображениями и тезисами лекций), а также натурные стенды.

### **10.2. Методические рекомендации для обучающихся.**

Подготовку по дисциплине «Современные методы численных исследований и оптимизации турбомашин и комбинированных турбоустановок» можно разбить на несколько этапов:

- работа с литературой;

- подготовка к экзамену.

При подготовке к экзамену необходимо возникающие вопросы задать преподавателю на консультациях.

## 11. Фонд оценочных средств

### 11.1. Этапы формирования компетенций

Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины)	Показатель освоения (коды)								
	ПК-1			ПК-2			ПК-3		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Двухмерные течения в решётках турбомашин на поверхностях тока.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Потери кинетической энергии в решётках турбомашин под влиянием конструктивных и режимных параметров.	+	+	+				+	+	+
Двухмерный поток в проточных частях турбомашин	+	+	+				+	+	+
Трёхмерный поток в проточных частях турбомашин.	+	+	+				+	+	+
Постановка задачи оптимального проектирования проточной части турбомашин.				+	+	+			
Аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин.				+	+	+			
Численные методы определения НДС элементов различной геометрии.	+	+	+				+	+	+
Современные нормы запасов прочности деталей и узлов в энергетическом машиностроении, а также по вибробезопасности.	+	+	+				+	+	+
Решение задач на основе применения пакета ANSYS. Ознакомление с возможностями пакета для решения задач определения НДС при различных механических и температурных нагрузках.	+	+	+				+	+	+
Источники возбуждения механических колебаний и акустических колебаний элементов турбомашин и рабочей среды.				+	+	+			
Вероятностные методы оценок надежности и ресурса энергетических турбомашин.	+	+	+				+	+	+
Основные особенности случайных нагрузок применительно к энергетическим турбомашинам и методам оценки их воздействий.	+	+	+				+	+	+

## 11.2. Индексированные показатели и критерии оценивания результатов

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель освоения	Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
Профессиональные компетенции				
ПК-1	способностью использовать методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях комплексного решения проблем в области турбиностроения	<b>Р1 – знает:</b> основные методы решения проблем в области турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> применять методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях решения узконаправленных задач в области турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р3 – владеет:</b> навыками диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
ПК-2	способностью к анализу, оценке и использованию положений теории разработки и создания турбомашин при решении исследовательских инженерных задач	<b>Р1 – знает:</b> основы теории разработки и создания турбомашин	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> использовать положения теории разработки и создания турбомашин при решении простейших исследовательских инженерных задач	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р3 – владеет:</b> навыками проектирования узлов и агрегатов турбомашин	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
ПК-3	способностью применять углубленные знания в сфере турбиностроения с учетом современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.)	<b>Р1 – знает:</b> основы современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.)	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> применять базовые знания в сфере турбиностроения	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену

		<b>РЗ – владеет:</b> навыками проектирования и расчета узлов и агрегатов турбомашин	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
--	--	---	-----------------------------------	--------------------

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания

Уровень освоения обучающимся учебного материала определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций

Оценку «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, изучивший основную и знакомый с дополнительной литературой. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить на три теоретических вопроса билета.

Оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполнивший предусмотренные учебной программой задания, изучивший основную литературу. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить хотя бы на два теоретических вопроса билета.

Оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знание основного учебного материала в полном объеме, необходимом для дальнейшей учебы и работы по профессии, выполнивший предусмотренные учебной программой задания, знакомый с основной литературой. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить хотя бы на один теоретический вопрос билета и частично на два других вопроса.

Оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший пробелы в знаниях основного учебного материала, допустивший принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой заданий. Во время экзамена обучающийся частично отвечает на вопросы.

#### Процедура промежуточной аттестации – письменный экзамен.

#### Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации

#### Вопросы к экзамену по дисциплине

##### Раздел «Двухмерные течения в решётках турбомашин на поверхностях тока»

- 1) Двухмерные течения в решетках осевых тепловых турбомашин.
- 2) Методы сеток, конформного отображения и особенностей.
- 3) Современные методы расчёта обтекания вязким газом и оптимизации решетки турбомашин.

##### Раздел «Потери кинетической энергии в решётках турбомашин под влиянием конструктивных и режимных параметров»

- 4) Влияние вязкости газа, чисел Рейнольдса и шероховатости поверхности лопаток на профильные потери.
- 5) Отрыв пограничного слоя.
- 6) Влияние турбулентности потока и чисел Маха на профильные потери.
- 7) Вторичные потери.
- 8) Влияние саблевидности лопаток на вторичные потери.
- 9) Потери у периферии рабочего колеса с бандажом и без бандажа.
- 10) Потери от протечек рабочего тела.
- 11) Потери от неоптимальных углов входа потока на лопаточные венцы.

#### **Раздел «Двухмерный поток в проточных частях турбомашин»**

- 12) Двухмерный поток в проточной части осевой турбомашин.
- 13) Система исходных уравнений.
- 14) Проектирование ступени осевой турбомашин с учетом радиальных скоростей (обратная задача).
- 15) Проверочный расчет ступени турбомашин (прямая задача).
- 16) Цели снижения градиента степени реактивности в турбинной ступени.
- 17) Тангенциальный наклон, обратная закрутка и саблевидность направляющих лопаток и их комбинации.

#### **Раздел «Трехмерный поток в проточных частях турбомашин»**

- 18) Трехмерный поток в проточной части осевой турбомашин.
- 19) Система исходных уравнений.
- 20) Проверочный расчет ступени турбомашин (прямая задача).

#### **Раздел «Постановка задачи оптимального проектирования проточной части турбомашин»**

- 21) Универсальный алгоритм и блок-схема решения задач компьютерной оптимизации проточной части турбомашин на ЭВМ.
- 22) Основы математических моделей проточной части осевой тепловой турбомашин в одномерной и двухмерной постановках задач.
- 23) Комплексные решения задач компьютерной оптимизации, моделирования и унификации проточных частей турбин.
- 24) Многорежимная оптимизация проточных частей многоступенчатых турбомашин, в том числе в составе теплоэнергетических установок.

#### **Раздел «Аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин»**

- 25) Аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин.

#### **Раздел «Численные методы определения НДС элементов различной геометрии»**

- 26) Численные методы определения НДС элементов различной геометрии

**Раздел «Современные нормы запасов прочности деталей и узлов в энергетическом машиностроении, а также по виброненадежности»**

- 27) Современные нормы запасов прочности деталей и узлов в энергетическом машиностроении, а также по виброненадежности.

**Раздел «Решение задач на основе применения пакета ANSYS. Ознакомление с возможностями пакета для решения задач определения НДС при различных механических и температурных нагрузках»**

- 28) Решение задач на основе применения пакета ANSYS.  
29) Ознакомление с возможностями пакета для решения задач определения НДС при различных механических и температурных нагрузках.

**Раздел «Источники возбуждения механических колебаний и акустических колебаний элементов турбомашин и рабочей среды.»**

- 30) Источники возбуждения механических колебаний и акустических колебаний элементов турбомашин и рабочей среды.

**Раздел «Вероятностные методы оценок надежности и ресурса энергетических турбомашин»**

- 31) Вероятностные методы оценок надежности и ресурса энергетических турбомашин.

**Раздел «Основные особенности случайных нагрузок применительно к энергетическим турбомашинам и методам оценки их воздействий»**

- 32) Основные особенности случайных нагрузок применительно к энергетическим турбомашинам и методам оценки их воздействий.

## **12. 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).

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).



### 13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с Федеральным законом от 31.07.2020г. № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся» 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, вкус к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения, и т

# АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## Современные методы численных исследований и оптимизации турбомашин и комбинированных турбоустановок

*(наименование дисциплины)*

13.06.01 Электро- и теплотехника

*(код и наименование специальности или направления подготовки)*

Турбомашин и комбинированные турбоустановки

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

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

*(уровень образования)*

Исследователь. Преподаватель-исследователь

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

Очная

*(форма обучения)*

2020

*(год набора)*

### 1. Цели, задачи дисциплины

Цель дисциплины: подготовка обучающихся к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы и реализуется на 2 курсе в 4 семестре.

### 3. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

ПК-1 – способность использовать методы диагностики, прогнозирования, проектирования, планирования в целях комплексного решения проблем в области турбиностроения;

ПК-2 – способность к анализу, оценке и использованию положений теории разработки и создания турбомашин при решении исследовательских инженерных задач;

ПК-3 – способность применять углубленные знания в сфере турбиностроения с учетом современных принципов научного исследования (интегративность, антропоцентричность, коммуникативность, функциональность и др.).

### 4. Общая трудоемкость дисциплины

3 зачетных единиц (108 академических часа).

### 5. Форма (формы) промежуточной аттестации обучающихся

Экзамен.

### 6. Основные разделы дисциплины:

1) двухмерные течения в решётках турбомашин на поверхностях тока; 2) потери кинетической энергии в решётках турбомашин под влиянием конструктивных и режимных параметров; 3) двухмерный поток в проточных частях турбо-

машин; 4) трехмерный поток в проточных частях турбомашин; 5) постановка задачи оптимального проектирования проточной части турбомашин; 6) аналитические методы определения статического напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов турбомашин; 7) численные методы определения НДС элементов различной геометрии; 8) современные нормы запасов прочности деталей и узлов в энергетическом машиностроении, а также по вибробезопасности; 9) решение задач на основе применения пакета ANSYS; 10) Источники возбуждения механических колебаний и акустических колебаний элементов турбомашин и рабочей среды; 11) Вероятностные методы оценок надежности и ресурса энергетических турбомашин; 12) Основные особенности случайных нагрузок применительно к энергетическим турбонасосам и методам оценки их воздействий.

**7. Автор:** Осипов А.В., доцент, к.т.н.