



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института теплоэнергетики

  
С.О. Гапоненко  
« 30 » мая 20\_\_ г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.02.06 Термодинамические процессы в ступенях турбомашин

Направление  
подготовки

13.03.03 Энергетическое машиностроение

Направленность(и)\*  
(профиль(и))

Газотурбинные, паротурбинные установки и  
двигатели

Квалификация

Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ЭМС	доцент каф. ЭМС, к.т.н.	Титов Александр Вячеславович

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ЭМС	12.05.2023	11	 Зав.каф., д.т.н., доц. Мингалеева Г. Р.
Согласована	ЭМС	12.05.2023	11	 Зав.каф., д.т.н., доц. Мингалеева Г. Р.
Согласована	Учебно-методический совет ИТЭ	30.05.2023	9	 Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИТЭ	30.05.2023	9	 Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины Термодинамические процессы в ступенях турбомашин является:

- получение знаний фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов;
- получение представлений о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах, системах и агрегатах и показателях эффективности и экономичности их работы;
- приобретение студентами знаний по теории процессов тепломассообмена;
- приобретение знаний об основных физических свойствах жидкостей и газов, общих законах и уравнениях статики, кинематики и динамики жидкостей и газов, особенностях физического и математического моделирования течений идеальных и реальных несжимаемых и сжимаемых жидкостей.

Задачами дисциплины являются:

- овладение основными понятиями, терминологией, законами технической термодинамики и теплопередачи;
- изучение основных процессов, протекающих в тепловых машинах;
- приобретение навыков расчета и экспериментального определения свойств рабочих тел, тепло- и энергоносителей;
- овладение методами расчетов процессов тепломассообмена при эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен к проектированию газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей	ПК-1.4 Проводит комплекс расчетов элементов газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей с применением специализированного ПО

*Знать:*

физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, процессы, протекающие в проточной части турбины

*Уметь:*

- пользоваться принятыми в отрасли методами расчетов, графическими пакетами, базами данных, обеспечивающими проектирование и эксплуатацию паротурбинных установок

*Владеть:*

навыками выполнения расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Физика, Материаловедение и технология конструкционных материалов, Теоретические основы теплотехники, Энергетические установки и двигатели, Теория горения топлив.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Парогазовые установки, Режимы работы парогазовых установок, Динамика и прочность турбомашин.

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			7
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	36	36
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,5	46	46
Лекции	1	30	30
Практические (семинарские) занятия	0,5	16	16
Лабораторные работы	0	0	0
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	1	26	26
Проработка учебного материала	1	26	26
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Промежуточная аттестация:			3
			-

#### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	54	15	0	8	13	ТК1	ПК-1.4 З
Раздел 2	54	15	0	8	13	ТК2	ПК-1.4 У,В
Экзамен	18				18	<b>ОМ 1</b>	ПК-1.4 З, У, В
<b>Итого за 6 семестр</b>	<b>108</b>	<b>130</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>34</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>34</b>		

#### 3.3. Содержание дисциплины

## Раздел 1. Основы термодинамики

Термодинамическая система и ее взаимодействие с окружающей средой. Параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние. Законы идеальных газов. Термодинамический процесс. Газы и газовые смеси, уравнение состояния Клапейрона-Менделеева. Теплоемкость. Работа, теплота, внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия. P-V и T-S диаграммы. Уравнение первого закона для потока рабочего тела. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Реальные газы, водяной пар, P-V, T-S, H-S диаграммы водяного пара. Параметры влажного пара. Процессы в реальных газах и парах. Истечение газов и паров. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Тепловые процессы в двигателях. Энергетический баланс ДВС. Особенности рабочих процессов в двигателях, работающих на газообразном топливе. Циклы газотурбинных установок (ГТУ).

## Раздел 2. Теплообмен

Основные понятия и определения теории теплообмена. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Теплопроводность при стационарном режиме плоской и цилиндрической стенок. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его зависимость от различных факторов. Основы теории подобия. Опытное и расчетное определение коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении и конденсации жидкости. Теплообмен излучением. Законы излучения. Излучение газов. Теплопередача. Уравнение и коэффициент теплопередачи. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Конструктивный и поверочный тепловые расчеты теплообменных аппаратов.

### 3.4. Тематический план практических занятий

1	Определение параметров смеси идеальных газов
2	Расчет термодинамических функций
3	Определение КПД циклов ДВС с различными способами подвода теплоты
4	Расчет теплопередачи через плоскую стенку
5	Расчет лучистого теплообмена между телами
6	Тепловой расчет теплообменника

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

#### 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.4 Проводит комплекс расчетов элементов газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей с применением специализированного ПО	знать:				
		физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины	знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины в полном объеме	знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины, допускает незначительные ошибки	знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины, допускает грубые ошибки	не знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины
		уметь:				
		- рассчитывать основные параметры термодинамических процессов в паровых	умеет рассчитывать основные параметры	умеет рассчитывать основные параметры	умеет рассчитывать основные параметры	не умеет рассчитывать основные параметры

		турбинах	термодинамических процессов в паровых турбинах, не допускает ошибок	термодинамических процессов в паровых турбинах, допускает незначительные ошибки	термодинамических процессов в паровых турбинах, допускает грубые ошибки	термодинамических процессов в паровых турбинах
		владеть:				
		навыками выполнения расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО	владеет навыками выполнения расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО в полном объеме	владеет навыками выполнения расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО, допускает незначительные ошибки	владеет навыками выполнения расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО, допускает грубые ошибки	не владеет навыками выполнения расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1.1. Основная литература

- Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / Н. М. Цирельман. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-8522-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176665>.

- Техническая термодинамика и теплотехника : учебное пособие для вузов / Л. Т. Бахшиева, Б. П. Кондауров, А. А. Захарова, В.С. Салтыкова; под ред. А. А. Захаровой. - М. : Академия, 2006. - 272 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-2763-3.

- Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок : учебное пособие / А. И. Андриященко. - Изд.3-е, перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1985. - 319 с.

- Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник / А. Г. Костюк [и др.] ; под ред. А. Г. Костюка. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 557 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html>. - ISBN 978-5-383-01157-7. - Текст : электронный.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

- Основы энергетики : учебник / Г. Ф. Быстрицкий. - 4-е изд., стер. - Москва : Кнорус, 2021. - 350 с. - URL: <https://www.book.ru/book/939854>. - ISBN 978-5-406-08258-4. - Текст : электронный.

- Динамика и прочность турбомашин : учебник / А. Г. Костюк. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2020. - 472 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014271.html>. - ISBN 978-5-383-01427-1. - Текст : электронный.

- Теоретические основы теплотехники : учебник для ссузов / И. А. Прибытков, И. А. Левицкий. - М. : Академия, 2004. - 464 с.

- Основы теории тепловых процессов и машин : учебное пособие для вузов / Н. Е. Александров, А. И. Богданов, К. И. Костин [и др.]; под ред. Н. И. Прокопенко. - 3-е изд., испр. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - ISBN 5-94774-379-5. - Текст : непосредственный.

**Ч. 1.** - 2006. - 560 с.

- Термодинамические свойства воды и водяного пара : справочное издание / М. П. Вукалович. - 6-е изд. - М.-Берлин : Машгиз-ФЕБ, 1958. - 245 с.

БИБЛИОТЕКА  
КТЭУ

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	<a href="https://ibooks.ru/">https://ibooks.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	<a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>
4	Энциклопедии, словари, справочники	<a href="http://www.rubricon.com">http://www.rubricon.com</a>
5	Портал "Открытое образование"	<a href="http://npoed.ru">http://npoed.ru</a>
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
7	Научно-технический центр «АПМ»	<a href="https://apm.ru/">https://apm.ru/</a>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
2	Платформа SpringerLink	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>
3	КиберЛенинка	<a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>	<a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>
4	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
5	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>
6	Техническая библиотека	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>
7	eLIBRARY.RU	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>
8	SpringerLink	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>
9	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
10	Физика твёрдого тела	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>
11	«Консультант плюс»	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно

2	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010 от 04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
3	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
5	Компас-3D V13 Модуль APM FEM	Программное обеспечение для трёхмерного моделирования, дополнительный модуль с применением МКЭ в механических задачах	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №33659/KZN12 от 04.05.2012 Неискл. право. Бессрочно
6	APM WinMachine	ПО для проведения расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения, в том числе с применением МКЭ.	ООО "НТЦ "АПМ" №2018.53027 от 15.10.2018 Неискл. право. Бессрочно
7	ANSYS	ПО для анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкций методом конечных элементов и прогнозирования остаточного ресурса	лицензия
8	АС ГРЭТ	Автоматизированная система газотермодинамических расчетов энергетических турбомашин	КГЭУ

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа Д-517	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (доска

	семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Д-514	аудиторная (2 шт.), компьютеры в комплекте с монитором (21 шт.), учебные плакаты с изображениями деталей и узлов) и др., лицензионное программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;

- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;

- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;
- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ П/П	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Б1.В.ДЭ.01.02.06 Термодинамические процессы в ступенях турбомашин**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки \_\_\_\_\_ **13.03.03 Энергетическое машиностроение**  
*(Код и наименование направления подготовки)*

Квалификация \_\_\_\_\_ **Бакалавр**  
*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине Термодинамические процессы в ступенях турбомашин, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

### 1. Технологическая карта

Семестр \_\_\_\_\_

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
<b>Раздел 1. « Основы термодинамики »</b>	<b>ТК1</b>	<b>15</b>	<b>0-15</b>					<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Тест или письменный опрос		7							
Защита лабораторной работы		4							
Отчет по самостоятельной работе		4							
<b>Раздел 2. «Тепломассообмен »</b>	<b>ТК2</b>			<b>15</b>	<b>0-15</b>			<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Тест или письменный опрос				7					
Защита лабораторной работы				4					
Выполнение индивидуальных заданий (рефератов)				4					
<b>Промежуточная аттестация (зачет, экзамен, КП, КР)</b>	<b>ОМ</b>								<b>0-45</b>
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

### 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
Шкала оценивания						

			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
			зачтено				не зачтено
ПК-1	ПК-1.4 Проводит комплекс расчетов элементов газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей с применением специализированного ПО	знать:					
		физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины	знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины в полном объеме	знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины, допускает незначительные ошибки	знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины, допускает грубые ошибки	не знает физические основы и математические модели процессов преобразования энергии в паротурбинной установке и ее элементах, протекающие в проточной части турбины	
		уметь:					
		- рассчитывать основные параметры термодинамических процессов в паровых турбинах	умеет рассчитывать основные параметры термодинамических процессов в паровых турбинах, не допускает ошибок	умеет рассчитывать основные параметры термодинамических процессов в паровых турбинах, допускает незначительные ошибки	умеет рассчитывать основные параметры термодинамических процессов в паровых турбинах, допускает грубые ошибки	не умеет рассчитывать основные параметры термодинамических процессов в паровых турбинах	
владеть:							
	навыками выполнения расчетов по	владеет навыками выполнен	владеет навыками выполнен	владеет навыками выполнен	не владеет навыкам		

		определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО	ия расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО в полном объеме	ия расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО, допускает незначительные ошибки	ия расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО, допускает грубые ошибки	и выполнения расчетов по определению основных характеристик течения в проточной части турбины, а также показателей экономичности и надежности паротурбинных установок с использованием специализированного ПО
--	--	--	---	--	--	---

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание термодинамических процессов, происходящих в ступенях паровых турбин, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание термодинамических процессов, происходящих в ступенях паровых турбин, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или выполнения заданий по разделу или дисциплине в целом	Комплект индивидуальных заданий для выполнения РГР

#### **4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

Примерный перечень вопросов для подготовки к дифференцированному зачету (по дисциплине):

1. Параметры состояния – температура, давление, удельный объем.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Термодинамический процесс.
4. Функции состояния – внутренняя энергия, работа расширения, теплота.
5. Теплоемкость газов.
6. Первый закон термодинамики.
7. Смеси газов, задание состава смеси массовыми и объемными долями.
8. Энтропия.
9. Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы.
10. Термодинамические диаграммы.
11. Обратимые и необратимые процессы.
12. Второй закон термодинамики.
13. Цикл быстрого сгорания (карбюраторного ДВС).
14. Цикл медленного сгорания (дизеля), цикл смешанного сгорания.
15. Цикл газотурбинной установки.
16. Закон Фурье. Температурное поле. Градиент температуры. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Тепловой поток.
17. Граничные условия. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах.
18. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок.
19. Регулирование интенсивности теплопередачи.
20. Нестационарная теплопроводность.
21. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.

22. Режимы движения жидкости. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.
23. Основы теории подобия. Критериальные уравнения, обобщение опытных данных на основе теории подобия.
24. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции. Теплоотдача при кипении и конденсации.
25. Законы теплового излучения.
26. Лучистый теплообмен между телами, экранирование. Излучение газов и паров.
27. Процессы сложного теплообмена.
28. Типы теплообменных аппаратов.
29. Расчетные уравнения рекуперативных аппаратов.
30. Конструкторский и поверочный расчеты теплообменных аппаратов.
31. Физические свойства жидкостей. 3
2. Гидростатика. Давление жидкости на стенки.
33. Уравнение Бернулли.
34. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Расходомер.
35. Кавитация. Гидравлический удар в трубах.
36. Гидравлические сопротивления.
37. Гидравлический расчет трубопроводов.
38. Скорость звука в газе, число Маха. 3
9. Уравнение энергии. Критическая и максимальная скорость газа.
40. Связь скорости газа с сечением потока. Сопло Лаваля.
41. Безвихревое и вихревое течение. Циклонные аппараты.
42. Критерии подобия, моделирование в гидрогазодинамике.
43. Пограничный слой, его расчет. Отрыв пограничного слоя, сопротивление при отрывном обтекании.
44. Распыливание жидкостей. Диффузоры. Эжекторы.

#### Типовые вопросы к опросу

##### 1. Предмет технической термодинамики и ее задачи

Ответ: Техническая термодинамика – раздел термодинамики, занимающийся приложениями законов термодинамики в теплотехнике. Техническая термодинамика занимается разработкой теории тепловых двигателей и установок таких, как двигатели внутреннего сгорания, паровые и газовые Турбины, реактивные и ракетные двигатели, холодильные и компрессорные машины. На ее основе формируются методы прямого преобразования теплоты в электрическую энергию, проводится анализ эффективности термодинамических циклов, процессов теплообмена, изучаются термодинамические свойства различных веществ, закономерности теплового движения и др.

##### 2. Два принципиально различных направления использования теплоты

Ответ: Различают два принципиально различных направления использования теплоты – энергетическое и технологическое. При энергетическом использовании, теплота преобразуется в механическую работу, с помощью которой в генераторах создается электрическая энергия, удобная для передачи на расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания. При технологическом – теплота используется для направленного изменения свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры, механических, физических, химических свойств).

##### 3. Неравновесный и равновесный процессы

Ответ: Процессы делятся на равновесные и неравновесные. Если при протекании процесса различные части системы имеют отличающиеся свойства, то система не находится в состоянии равновесия и процесс называется неравновесным. Действительные процессы,

протекающие с конечными скоростями, всегда неравновесны. Равновесным термодинамический процессом называется в том случае, если протекает настолько медленно, что в системе в каждый момент времени успевает установиться равновесное состояние.