



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

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИАТЭ
протокол №9 от 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор _____ ИАТЭ _____

Наименование института

С.О. Гапоненко

«__17__» _____ 03 _____ 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.02.02 Современные технологии цифрового моделирования
турбомашин

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки _____ 13.03.03 Энергетическое машиностроение _____
(Код и наименование направления подготовки)

Направленность(и) * _____ Цифровой инжиниринг при проектировании и
(профиль(и)) _____ диагностике газотурбинных установок _____
(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация _____ Бакалавр _____
(Бакалавр / Магистр)

* Наименование направленности (профиля) указывается только для дисциплин специализированного модуля 2

Программу разработал(и):

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

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ЭМС	16.03.2026	8	_____ Зав.каф., д.т.н., доц. Мингалеева Г. Р.
Согласована	ЭМС	16.03.2026	8	_____ Зав.каф., д.т.н., доц. Мингалеева Г. Р.
Согласована	Учебно- методический совет института ИАТЭ	17.03.2026	7	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института ИАТЭ	17.03.2026	7	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины «Современные технологии цифрового моделирования турбомашин» является ознакомление с рабочими процессами, происходящими в проточных частях паровых и газовых турбин, овладение методами оценки показателей экономичности при расширении тепловых электростанций газотурбинными надстройками, особенностями проектирования и изучение эксплуатационных свойств, способов и изучение математического моделирования, конструирования, производства и эксплуатации газотурбинных двигателей и энергетических установок.

Задачи дисциплины:

изучение возможностей систем, используемых для анализа и оценки функциональных свойств проектируемых ГТУ, их систем, узлов и деталей, их упруго-напряженного состояния, деформированного состояния, теплового состояния, колебаний конструкции, стационарного и нестационарного газодинамического и теплового моделирования с учетом вязкости, турбулентных явлений, пограничного слоя;

изучение континуальных систем для моделирования на распределенном уровне, использующие решение систем дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных объемов (МКО);

изучение универсальных систем анализа с использованием МКО и специализированные;

научить выбирать литературные источники в области газотурбостроения;

ознакомить с методами решения задач тепло-и массообмена, течения жидкости и газа, химических реакций (горение) и других процессов, происходящих в элементах производства энергии, где в качестве существенных составляющих являются процессы гидродинамики и теплообмена;

изучить возможности некоторых пакетов программ, использующих метод МКЭ, при решении этих задач.

изучить некоторые пакеты программ при моделировании процессов в ГТУ.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-4 Способен разрабатывать и идентифицировать цифровые модели газотурбинных установок	ПК-4.1 Способен разрабатывать цифровые модели газотурбинных установок ПК-4.2 Способен идентифицировать цифровые модели газотурбинных установок
ПК-1 Способен участвовать в эксплуатации газотурбинных установок и двигателей	ПК-1.1 Разрабатывает техническую документацию в соответствие с требованиями ЕСКД, в том числе с использованием современных систем автоматизированного проектирования

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Цифровое моделирование деталей и узлов ГТУ, Методы моделирования и исследования.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Производственная практика (преддипломная).

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	41	41
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1	34	34
Лекции	0.5	18	18
Практические (семинарские) занятия	0.5	16	16
Лабораторные работы	-	-	-
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2	74	74
Проработка учебного материала		74	74
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	-	-	-
Промежуточная аттестация:			3
			-

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

№ п/ п	Раздел дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуто чной аттестации (по
--------------	----------------------	-----------------------	---------	---	--

								семестрам)
				лк.	пр	ла б.	сам.	
1	Введение. Общая характеристика численных методов при решении инженерных задач в энергомашиностроении.	16	5	2	2	0	12	Устный опрос
2	Газодинамические пакеты “FLOWVISION” и “FLUENT”. Краткий список задач, решаемых методами вычислительной гидродинамики	16	5	2	2	0	12	Устный опрос
3	Расчет течения жидкости и газа методом конечных элементов. Дополнительные возможности численного моделирования газодинамическим пакетом “Fluent”.	16	5	2	2	0	12	Устный опрос
4	Численное решение уравнений. Инженерный анализ энергетическое оборудования при использовании математических моделей различного уровня.	18	5	4	2	0	12	Устный опрос
5	Опыт эксплуатации конечно-элементного комплекса “ANSYS” при проектировании и прочностной доводке энергетического оборудования.	21	5	4	4	0	13	Устный опрос
6	Математического моделирования при решении инженерных задач в энергомашиностроении.	21	5	4	4	0	13	Устный опрос

7	Промежуточная аттестация	0	5				0	Зачет
	Итого:	108		18	16	0	74	

Раздел 1. Введение. Прогресс в разработке численных методов. Общая характеристика численных методов при решении инженерных задач в ГТУ.

Содержание курса и отводимое по учебному плану время. Учебная литература. Перспектива курса **«Современные технологии цифрового моделирования турбомашин»**. Область применения. Термины, определения, обозначения и сокращения. Общие положения. Задачи гидрогазодинамики, теплообмена и массообмена, с которыми в настоящее время приходится сталкиваться исследователям и инженерам, не поддаются аналитическому решению, и единственная возможность их теоретического анализа - получение численного решения. Прогресс в разработке численных методов позволил существенно расширить круг задач, доступных анализу. Полученные на их основе результаты используются практически во всех областях техники. Особенно велика их роль в таких областях, как ракетная техника, авиация, энергетика, в частности ядерная, где численные решения прочно вошли в практику.

Важность процессов теплообмена и газогидродинамики в различных устройствах, применяемых в энергоустановках неоспоримо. Рассматриваются решение следующих задач:

- тепло-и массообмен,
- течением жидкости и газа,
- химические реакции (горение)
- и другие процессы, происходящие в элементах производства энергии, где в качестве существенных составляющих являются процессы гидродинамики и теплообмена.

Эти же процессы являются определяющими при обогреве и кондиционировании зданий. В основные установки металлургической и химической промышленности, конденсаторы и реакторы, в которых имеют место течения жидкостей и газов и теплообмен.

Раздел 2. Газодинамические пакеты “FLOWVISION” и “FLUENT”. Краткий список задач, решаемых методами вычислительной гидродинамики с использованием коммерческих программ.

Предназначенные для решения задач механики жидкости и газа. Применение этих пакетов освобождает пользователя от необходимости овладения тонкостями вычислительной математики, а также изнурительной работы по созданию численных алгоритмов и программ для их реализации, позволяя сосредоточить все внимание на поиске наиболее эффективных технических решений.

- Технологические процессы производства материалов;
- моделирование литья металлов и пластмасс в форму;
- моделирование физико-химических процессов в химических и

биологических реакторах;

2. Строительство:

- расчет ветровых нагрузок на здания и сооружения;
- вентиляция и пожаробезопасность зданий ;
- определение сопротивлений воздуховодов и водо-раздаточных устройств;

3. Энергетика:

- расчет горелок для сжигания топлива в котлах ТЭЦ;
- расчет выбросов оксидов азота котлами ТЭЦ;
- определение сопротивлений газопроводов;

4. Экология и чрезвычайные ситуации:

- моделирование распространения загрязнений в водо-воздушных бассейнах;
- моделирование распространения пожаров в лесах и городах.

Раздел 3. Шаги, выполняемые пользователем в процессе расчета течения жидкости методом конечных элементов. Дополнительные возможности численного моделирования газодинамическим пакетом “Fluent”:

1. Создание области расчета;
 2. Задание математической модели изучаемого процесса;
 3. Задание граничных условий;
 4. Задание сетки;
 5. Задание критериев адаптации сетки по решению и по граничным условиям;
 6. Задание параметров методов расчета;
 7. Проведение расчета без участия пользователя;
 8. Просмотр результатов расчета в графической форме (“визуализация” результатов расчетов);
 9. Определение и сохранение числовых значений характеристик параметров течения и /или силового воздействия на элементы, находящиеся в потоке, в виде файлов;
 10. Оценка точности расчетов.
- единый интерфейс для создания геометрии и сетки (ведение журнала создания геометрии и сетки позволяет редактировать и “проигрывать” построенную модель при параметрических исследованиях);
 - уникальная гибкость сеток Fluent значительно сокращает время расчетов на сложных геометриях, по сравнению с другими программами для численного моделирования газодинамических процессов (можно использовать четырех-, шестигранные нерегулярные сетки для быстрого моделирования на сложной геометрии);
 - большой набор моделей турбулентности;
 - возможность моделирования движения многофазных дисперсных сред.

Раздел 4. Численное решение уравнений. Инженерный анализ ГТУ при использовании математических моделей различного уровня.

- Навье-Стокса,

- теплопереноса,
- конвективной диффузии,
- энергии с использованием методов сеток и конечных элементов.

Программные комплексы для моделирования сложных циклов ГТУ.

Задание граничных условий на основе расчетов по таким моделям для пакетов, использующих МКО.

Раздел 5. Опыт эксплуатации конечно-элементного комплекса “ANSYS” при проектировании и прочностной доводке ГТУ.

Верифицированные модели расчета с применением конечно-элементного комплекса ANSYS следующих элементов ГТУ и ГПА:

- напряженно-деформированное состояние(НДС) и устойчивость наружных и внутренних корпусов камеры сгорания
- НДС дисков турбины и компрессора
- НДС и разрушающие обороты диска турбины стартера
- НДС и собственные частоты центробежных рабочих колеса турбомашин
- собственные частоты рабочей лопатки турбины ВД
- НДС средней опоры изделия НК-86
- НДС наружных корпусов двигателей НК-20СТ
- НДС сильфонных уплотнений
- Выбор оптимальной посадки диска турбины ВД двигателя НК-38 на вал.
- НДС рабочих колеса эмульгаторов
- НДС рамы кожуха шумо- тепло- изолирующего устройства
- НДС башни комплексного воздухоочистительного устройства (КБОУ)

Раздел 6. Математическое моделирование при решении инженерных задач в ГТУ.

Пакеты компьютерного моделирования процессов литья. Специализированный инженерный программный комплекс, предназначенный для анализа процессов обработки металлов давлением.

4.4. Практические занятия

№ п/п	Тема практических занятий	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	2	3	4	5
1	Введение. Общая характеристика численных методов при решении инженерных задач в энергомашиностроении.	6	1	1
2	Газодинамические пакеты “FLOWVISION” и “FLUENT”. Краткий список задач, решаемых методами вычислительной гидродинамики	6	2	1
3	Расчет течения жидкости и газа методом конечных элементов. Дополнительные возможности численного моделирования газодинамическим пакетом “Fluent”.	6	3	1

4	Численное решение уравнений. Инженерный анализ энергетического оборудования при использовании математических моделей различного уровня.	6	4	1
5	Опыт эксплуатации конечно-элементного комплекса “ANSYS” при проектировании и прочностной доводке энергетического оборудования.	6	5	1
6	Математического моделирования при решении инженерных задач в энергомашиностроении.	6	6	1
7	Представление презентаций авторефератов.	6	1,2,3,4,5,6	1
8	Итоговое занятие.	6	1,2,3,4,5,6	1
Итого:		–	–	16

3.5. Тематический план лабораторных работ

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

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-4	ПК-4.1	знать:				
		область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками в общей энергетической системе, основные источники научно-технической	Знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками и в общей	Знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками и в общей	Знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками и в общей	Не знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками

		информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе	энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров в рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе, не допускает ошибок	энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров в рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе, допускает незначительные ошибки	энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров в рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе, допускает грубые ошибки	ми в общей энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров в рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе
		уметь:				
		обобщать, анализировать информацию о новых достижениях в области парогазовых технологий;	Умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях	Умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях	Умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях	Не умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях

		выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разрабатываемых схем, дать критический анализ	ях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и	ях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и	ях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и	иях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и
--	--	---	---	---	---	--

		экономичности и обоснованности выбора используемых технических решений и научиться прогнозировать перспективы развития парогазовой и газотурбинных технологий.	выбирать необходимые материалы ; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разработываемых схем, дать критический анализ экономической и обоснованности выбора используемых технических решений и научиться прогнозировать перспективы развития парогазовой и	выбирать необходимые материалы ; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разработываемых схем, дать критический анализ экономической и обоснованности выбора используемых технических решений и научиться прогнозировать перспективы развития парогазовой и	выбирать необходимые материалы ; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разработываемых схем, дать критический анализ экономической и обоснованности выбора используемых технических решений и научиться прогнозировать перспективы развития парогазовой и	информацию и выбирать необходимые материалы; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разработываемых схем, дать критический анализ экономической и обоснованности выбора используемых технических решений и научиться прогнозировать перспективы развития парогазовой и газотурби
--	--	--	--	--	--	--

			газотурбинных технологий, не допускает ошибок	газотурбинных технологий, допускает незначительные ошибки	газотурбинных технологий, допускает грубые ошибки	новых технологий
		владеть:				
		навыками конструирования проточной части элементов парогазовых блоков, оптимизации определяющих параметров (по расходу, степени сжатия, экономичности, массовым параметрам и габаритам, стоимости); методами графического представления конструкций, схем ГТУ–программными продуктами для подготовки презентаций; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами расчетов по определению основных параметров и характеристик проточной части элементов, а также показателей экономичности и надежности ПГУ; приемами использования полученной информации при проектировании	Владеет навыками конструирования проточной части элементов парогазовых блоков, оптимизации определяющих параметров (по расходу, степени сжатия, экономичности, массовым параметрами и габаритам, стоимости); методами графического представления конструкций, схем ГТУ–программными продуктами для подготовки презентаций; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами	Владеет навыками конструирования проточной части элементов парогазовых блоков, оптимизации определяющих параметров (по расходу, степени сжатия, экономичности, массовым параметрами и габаритам, стоимости); методами графического представления конструкций, схем ГТУ–программными продуктами для подготовки презентаций; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами	Владеет навыками конструирования проточной части элементов парогазовых блоков, оптимизации определяющих параметров (по расходу, степени сжатия, экономичности, массовым параметрами и габаритам, стоимости); методами графического представления конструкций, схем ГТУ–программными продуктами для подготовки презентаций; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами	Не владеет навыками конструирования проточной части элементов парогазовых блоков, оптимизации определяющих параметров (по расходу, степени сжатия, экономичности, массовым параметрами и габаритам, стоимости); методами графического представления конструкций, схем ГТУ–программными продуктами для подготовки презентаций; навыками поиска информации о достижениях

		элементов парогазовой техники	расчетов по определен ию основных параметро в и характерис тик проточной части элементов, а также показателе й экономичн ости и надежност и ПГУ; приемами использова ния полученно й информац ии при проектиро вании элементов парогазово й техники, не допускает ошибок	расчетов по определен ию основных параметро в и характерис тик проточной части элементов, а также показателе й экономичн ости и надежност и ПГУ; приемами использова ния полученно й информац ии при проектиро вании элементов парогазово й техники, допускает незначител ьные ошибки	расчетов по определен ию основных параметро в и характерис тик проточной части элементов, а также показателе й экономичн ости и надежност и ПГУ; приемами использова ния полученно й информац ии при проектиро вании элементов парогазово й техники, допускает грубые ошибки	иях ПГУ технологий; методами расчетов по определен ию основных параметро в и характери стик проточной части элементов , а также показател ей экономич ности и надежност и ПГУ; приемами использов ания полученно й информац ии при проектиро вании элементов парогазов ой техники
--	--	-------------------------------------	---	---	---	---

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

а) основная литература

1. Шлянников, В. Н. Введение в метод конечных элементов : учебное пособие для вузов / В.Н.Шлянников, Б.В.Ильченко. - Казань : КГЭУ, 2004. - 144 с. - ISBN 5-89873-100-8. - Текст : непосредственный.
2. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учебное пособие / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; под ред. С. В. Цанева. - 3-е изд., стер. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2020. - 573 с. - URL:

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014240.html>. - ISBN 978-5-383-01424-0. - Текст : электронный.

б) дополнительная литература

3. Осипов Б.М., Титов А.В. Автоматизированная система газодинамических расчетов энергетических турбомашин: Учеб. пособие / Б.М. Осипов, А.В. Титов – Казань: Казан. гос. энерг. Ун-т, 2012 – 277 с.
4. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС : учебное пособие для вузов / Г. П. Гладышев, Р. З. Аминов, В. З. Гуревич [и др.]; под ред. А. И. Андрущенко. - Москва : Высш. шк., 1991. - 303 с. : ил. - ISBN 5-06-001752-4. - Текст : непосредственный.
5. Каплун, А. Б. ANSYS в руках инженера : практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - 2-е изд., испр. - М. : Едиториал УРСС, 2004. - 272 с. - ISBN 5-354-00729-1. - Текст : непосредственный.
6. Цифровое моделирование при проектировании теплотехнических систем и теплоэнергетических установок : учебное пособие / И. А. Январев, А. А. Татевосян, Д. В. Сентемов, И. С. Божко. - Омск : Издательство ОмГТУ, 2022. - 228 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/343676>. - ISBN 978-5-8149-3476-5. - Текст : электронный.
7. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - 4-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212063>. - ISBN 978-5-8114-1888-6. - Текст : электронный.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

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

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	http://nlr.ru/

2	Платформа SpringerLink	www.link.springer.com	www.link.springer.com
3	КиберЛенинка	https://cyberleninka.ru/	https://cyberleninka.ru/
4	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru
5	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	https://rusneb.ru/	https://rusneb.ru/
6	Техническая библиотека	http://techlibrary.ru	http://techlibrary.ru
7	eLIBRARY.RU	www.elibrary.ru	www.elibrary.ru
8	SpringerLink	www.link.springer.com	www.link.springer.com
9	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/	http://window.edu.ru/
10	Физика твёрдого тела	journals.ioffe.ru	journals.ioffe.ru
11	«Консультант плюс»	http://www.consultant.ru/	http://www.consultant.ru/

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

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 семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Д-514	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (доска 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. 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:

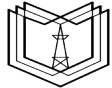
- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- 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					



КГУ

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

**Б1.В.ДЭ.01.02.02 Современные технологии цифрового моделирования
турбомашин**

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

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

Квалификация _____ **Бакалавр**
(Бакалавр / Магистр)

Оценочные материалы по дисциплине «Циклы парогазовых установок» 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 7

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
Раздел 1. «Введение. Общая характеристика численных методов при решении инженерных задач в энергомашиностроении.»	ТК1	15	0-15					15-30	15-30
Тест или письменный опрос		6							
Защита практической работы		1							
Раздел 2. «Газодинамические пакеты “FLOWVISION” и “FLUENT”. Краткий список задач, решаемых методами вычислительной гидродинамики»	ТК1			15	0-15			15-30	15-30
Тест или письменный опрос		6							
Защита практической работы		1							
Раздел 3. «Расчет течения жидкости и газа методом конечных элементов. Дополнительные возможности численного моделирования газодинамическим пакетом “Fluent”»	ТК1			15	0-15			15-30	15-30
Тест или письменный опрос				2					
Защита практической работы				1					
Раздел 4. «Численное решение уравнений. Инженерный анализ энергетическое	ТК2			15	0-15			15-30	15-30

оборудования при использовании математических моделей различного уровня.»									
Тест или письменный опрос				3					
Защита практической работы				2					
Раздел 5. « Опыт эксплуатации конечно-элементного комплекса “ANSYS” при проектировании и прочностной доводке энергетического оборудования»	ТК2			15	0-15			15-30	15-30
Тест или письменный опрос						15			
Защита практической работы						1			
Раздел 6. « Математического моделирования при решении инженерных задач в энергомашиностроении»	ТК2			15	0-15			15-30	15-30
Тест или письменный опрос						1			
Защита практической работы						1			
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен, КП, КР)	ОМ								0-45
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-4	ПК-4.1	знать:				
		область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования, предъявляемые к установкам,	Знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования	Знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования	Знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике, требования	Не знает область использования ГТУ и ПГУ в энергетике ,

		задачи, выполняемые парогазовыми установками в общей энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе	, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками и в общей энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе, не допускает ошибок	, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками и в общей энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе, допускает незначительные	, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками и в общей энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе грубые ошибки	требования, предъявляемые к установкам, задачи, выполняемые парогазовыми установками в общей энергетической системе, основные источники научно-технической информации по парогазовым установкам и технологиям; компьютерные программы расчета термо- и газодинамических параметров рабочих тел); методы расчета и оптимизации элементов и систем парогазовых установок, участвовать в испытаниях объектов профессиональной деятельности по заданной программе
--	--	---	--	---	---	---

			ошибки		е	
		уметь:				
		обобщать, анализировать информацию о новых достижениях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых	Умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике;	Умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике;	Умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатацию технике;	Не умеет обобщать, анализировать информацию о новых достижениях в области парогазовых технологий; выслушивать членов команды и стремиться их понять, согласовывать свою деятельность с коллегами и вносить вклад в общее дело; самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и выполнять расчет тепловых схем парогазовых установок; формулировать основные требования к создаваемой или внедряемой в эксплуатации

		типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разрабатываемых схем, дать критический анализ экономичности и обоснованности выбора используемых технических решений и научиться прогнозировать перспективы развития парогазовой и газотурбинных технологий.	осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы ; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разрабатываемых схем, дать критический анализ экономичности и обоснованности выбора используемых технических	осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы ; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разрабатываемых схем, дать критический анализ экономичности и обоснованности выбора используемых технических	осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы ; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разрабатываемых схем, дать критический анализ экономичности и обоснованности выбора используемых технических	цию технике; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы; осваивать техническую документацию и осуществлять проектно-конструкторскую работу в соответствии с техническим заданием, а также новых типов оборудования в области ПГУ технологий; прогнозировать эффективность разрабатываемых схем, дать критический анализ экономичности и обоснованности выбора используемых технических
--	--	---	--	--	--	--

			их решений и научиться прогнози ровать перспекти вы развития парогазово й и газотурбин ных технологи й, не допускает ошибок	их решений и научиться прогнози ровать перспекти вы развития парогазово й и газотурбин ных технологи й, допускает незначител ьные ошибки	их решений и научиться прогнози ровать перспекти вы развития парогазово й и газотурбин ных технологи й, допускает грубые ошибки	их решений и научиться прогнози ровать перспекти вы развития парогазов ой и газотурби нных технологи й
		владеть:				
		навыками конструирования проточной части элементов парогазовых блоков, оптимизации определяющих параметров (по расходу, степени сжатия, экономичности, массовым параметрам и габаритам, стоимости); методами графического представления конструкций, схем ГТУ– программными продуктами для подготовки презентаций; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами расчетов по определению основных параметров и характеристик проточной части	Владеет навыками конструир ования проточной части элементов парогазов ых блоков, оптимизац ии определяю щих параметро в (по расходу, степени сжатия, экономичн ости, массовым параметра м и габаритам, стоимости) ; методами графическ ого представле ния конструкц ий, схем ГТУ– программн ыми продуктам и для подготовк и презентаци	Владеет навыками конструир ования проточной части элементов парогазов ых блоков, оптимизац ии определяю щих параметро в (по расходу, степени сжатия, экономичн ости, массовым параметра м и габаритам, стоимости) ; методами графическ ого представле ния конструкц ий, схем ГТУ– программн ыми продуктам и для подготовк и презентаци	Владеет навыками конструир ования проточной части элементов парогазов ых блоков, оптимизац ии определяю щих параметро в (по расходу, степени сжатия, экономичн ости, массовым параметра м и габаритам, стоимости) ; методами графическ ого представле ния конструкц ий, схем ГТУ– программн ыми продуктам и для подготовк и презентаци	Не владеет навыками конструир ования проточной части элементов парогазов ых блоков, оптимизац ии определя ющих параметро в (по расходу, степени сжатия, экономич ности, массовым параметра м и габаритам , стоимости); методами графическ ого представл ения конструкц ий, схем ГТУ– программ ными продуктам

		элементов, а также показателей экономичности и надежности ПГУ; приемами использования полученной информации при проектировании элементов парогазовой техники	й; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами расчетов по определению основных параметров в и характеристик проточной части элементов, а также показателей экономичности и надежности ПГУ; приемами использования полученной информации при проектировании элементов парогазовой техники, не допускает ошибок	й; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами расчетов по определению основных параметров в и характеристик проточной части элементов, а также показателей экономичности и надежности ПГУ; приемами использования полученной информации при проектировании элементов парогазовой техники, допускает незначительные ошибки	й; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами расчетов по определению основных параметров в и характеристик проточной части элементов, а также показателей экономичности и надежности ПГУ; приемами использования полученной информации при проектировании элементов парогазовой техники	и для подготовки презентаций; навыками поиска информации о достижениях ПГУ технологий; методами расчетов по определению основных параметров в и характеристик проточной части элементов, а также показателей экономичности и надежности ПГУ; приемами использования полученной информации при проектировании элементов парогазовой техники
--	--	--	--	--	---	--

Оценка «отлично» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание принципов работы парогазовых установок, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка «хорошо» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание принципов работы парогазовых*

установок, 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

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

Для текущего контроля ТК:

Темы для устного опроса:

1. С какой целью в инженерной практике энергомашиностроения вместо натурного эксперимента применяются численные методы?
2. Каковы основные преимущества конечно-элементного подхода перед конечно-разностным при решении задач механики сплошной среды?
3. Какие классы инженерных задач в энергомашиностроении могут быть решены с использованием газодинамических пакетов «FLOWVISION» и «FLUENT»?
4. В чем заключается принципиальное различие между задачами гидродинамики и прочностными задачами с точки зрения постановки граничных условий?
5. Какие дополнительные возможности численного моделирования (помимо стационарного газодинамического расчета) предоставляет пакет «Fluent»?
6. Почему решение уравнений Навье-Стокса в общем виде невозможно

- аналитически и требует численной дискретизации расчетной области?
7. Каким образом конечно-элементный комплекс «ANSYS» позволяет связать газодинамический расчет с прочностным анализом энергетического оборудования?
 8. Какие уровни математических моделей (одномерные, двумерные, трехмерные) используются при инженерном анализе и чем определяется выбор конкретного уровня?
 9. Какую роль играет верификация математической модели при проектировании и прочностной доводке энергетического оборудования?

Темы практических работ:

Введение. Общая характеристика численных методов при решении инженерных задач в энергомашиностроении.
Газодинамические пакеты “FLOWVISION” и “FLUENT”. Краткий список задач, решаемых методами вычислительной гидродинамики
Расчет течения жидкости и газа методом конечных элементов. Дополнительные возможности численного моделирования газодинамическим пакетом “Fluent”.
Численное решение уравнений. Инженерный анализ энергетического оборудования при использовании математических моделей различного уровня.
Опыт эксплуатации конечно-элементного комплекса “ANSYS” при проектировании и прочностной доводке энергетического оборудования.
Математического моделирования при решении инженерных задач в энергомашиностроении.
Представление презентаций авторефератов.

Для промежуточной аттестации:

Билет 1

1. Общая характеристика численных методов при решении инженерных задач в энергомашиностроении.
2. Газодинамический пакет «FLUENT»: краткая характеристика и дополнительные возможности моделирования.

Билет 2

1. Краткий список задач, решаемых методами вычислительной гидродинамики в энергомашиностроении.
2. Газодинамический пакет «FLOWVISION»: назначение и область применения.