



КГУ У

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

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИАТЭ
протокол №9 от 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ИАТЭ

С.О. Гапоненко
« 25 » 03 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.11.04 Программное обеспечение и программирование в
профессиональной деятельности

Направление
подготовки

13.03.03 Энергетическое машиностроение

Направленность(и)
(профиль(и))

Цифровой инжиниринг при проектировании и
диагностике газотурбинных установок

Квалификация

Бакалавр
(Бакалавр / Магистр)

г.Казань, 2026

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч. степень, уч. звание	ФИО разработчика
ЭМС	Доцент, к.т.н., доцент	Савина М.В.
ЭМС	Доцент, к.т.н., доцент	Лаптев С.А.
ЭМС	Доцент, к.т.н., доцент	Титов А.В.
ЭМС	Ассистент	Новоселова М.С.

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 ИАТЭ	17.03.2026	7	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИАТЭ	17.03.2026	7	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Программное обеспечение и программирование в профессиональной деятельности» является изучение современных CAD/CAM/CAE-систем для автоматизации конструирования и моделирования сложных технических систем энергетического профиля, основными агрегатами которых являются газотурбинные и паротурбинные энергетические установки, и двигатели.

Задачи дисциплины:

- изучение различных компьютерных технологий проектирования деталей и узлов энергетических машин (ГТУ, ПТУ);
- приобретение практических навыков автоматизированного проектирования и моделирования деталей и узлов ГТУ с анализом их прочности в CAD/CAM/ CAE -системе APM WinMachine;
- освоение основ и практических навыков работы с CFD-системами (CFD – системы численного моделирования течений жидкости и газа, теплопереноса с помощью методов вычислительной гидродинамики. Освоение CFD-системы FlowVision.
- освоение принципов работы и основ математического моделирования с использованием автоматизированной системы газодинамического расчета энергетических турбомашин (АС ГРЭТ).

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-1 – Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.2– Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК-3–Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении Профессиональных задач	ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

Алгоритмизация и программирование; Начертательная геометрия и инженерная графика; Механика; Материаловедение и технология конструкционных материалов; Основы проектной деятельности

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

Энергетические установки и двигатели; Тепломассообменное оборудование предприятий; Методы моделирования и исследования; Расчет и конструирование паровых турбин; Конструирование газотурбинных 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)			
			5	6	7	8
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	12	432	112	128	98	94
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	154	40	42	37	35
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	3,4	122	32	32	30	28
Лекции	1,7	62	16	16	16	14
Лабораторные работы	1,7	60	16	16	14	14
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	8,6	310	80	96	68	66
Проработка учебного материала	8,6	310	80	96	68	66
Подготовка к промежуточной аттестации						
Промежуточная аттестация:			3	3	3	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	28	4	4	-	20	ТК1	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Раздел 2	28	4	4	-	20	ТК2	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Раздел 3	28	4	4	-	20	ТК3	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Раздел 4	28	4	4	-	20	ТК4	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Зачет						ОМ1	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У, В
Итого за 5 семестр	112	16	16	-	80		
Раздел 1	32	4	4	-	24	ТК1	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Раздел 2	32	4	4	-	24	ТК2	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Раздел 3	32	4	4	-	24	ТК3	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Раздел 4	32	4	4	-	24	ТК4	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У
Зачет						ОМ1	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У, В
Итого за 6 семестр	128	16	16	-	96		
Раздел 1	24	4	4	-	16	ТК1	ОПК-1.2, ОПК-3.53, У

Раздел2	24	4	4	-	16	TK2	ОПК-1.2,ОПК-3.53, У
Раздел3	24	4	4	-	16	TK3	ОПК-1.2,ОПК-3.53, У
Раздел4	26	4	4		16	TK4	ОПК-1.2,ОПК-3.53, У
Зачет						OM1	ОПК-1.2,ОПК-3.53,У,В
Итого за 7 семестр	98	16	14		68		
Раздел1	24	4	4	-	18	TK1	ОПК-1.2,ОПК-3.53,У
Раздел2	24	4	4	-	18	TK2	ОПК-1.2,ОПК-3.53, У
Раздел3	24	4	4	-	18	TK3	ОПК-1.2,ОПК-3.53, У
Раздел4	22	2	2		12	TK4	ОПК-1.2,ОПК-3.53, У
Зачет						OM1	ОПК-1.2,ОПК-3.53,У,В
Итого за 8 семестр	94	14	14		66		
ИТОГО	432	62	60	-	310		

3.3. Содержание дисциплины

5 семестр.

Раздел 1. CAD/CAM/CAE технологии и инструменты НЦ „АРМ“ в инженерном проектировании

Краткий обзор и характеристики некоторых CAD/CAM/CAE-систем. Классификация, структура и функциональное разделение. История развития CAD/CAM/CAE – систем. Перспективы CAD/CAM/CAE – систем. Основные составляющие современных CAD/CAM/CAE-систем. Место НЦ «АРМ» в современном инженерном проектировании. Основные модули комплекса: APM WinMachine, APM Structure 3D, APM Studio, APM FGA – их назначение и взаимосвязь. Применение модулей для проектирования и расчёта элементов. APM WinMachine – как многофункциональный программный комплекс для проектирования и расчета механических систем, деталей машин и строительных конструкций, основанный на стандартных инженерных методиках, а также на методе конечных элементов. Система APM WinMachine для комплексного анализа изделий, включая расчеты на прочность, устойчивость, динамику. Возможности APM WinMachine для проектирования механических передач и соединений с автоматическим созданием конструкторской документации. Применение APM WinMachine в машиностроении и строительстве для создания цифровых двойников и оптимизации инженерных решений газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) установок.

Раздел 2. Применение APM Joint и APM Structure 3D для расчёта соединений и анализа машиностроительных конструкций

Освоение практических навыков работы с программными модулями системы APM для инженерного анализа и проектирования. Рассмотрены методы расчёта различных типов соединений деталей машин (шпоночных, штифтовых, шлицевых, заклёпочных, болтовых и сварных) с использованием модуля APM Joint, а также основы конечно-элементного анализа конструкций в модуле APM Structure 3D — включая построение КЭ-сеток,

создание геометрических моделей и расчётных схем, задание нагрузок и граничных условий, выполнение линейного статического расчёта (определение напряжений, деформаций и перемещений)

Раздел 3. Основы и продвинутое возможности инженерного анализа в APM Structure 3D. CAD/CAM/CAE -системы. Общие сведения о программе APM WinMachine.

Применением модуля APM Structure 3D для проектирования и расчёта конструкций на основе стержневых элементов. Базовые приёмы построения стержневых моделей (на примере рамы газотурбинной установки), приложение различных типов нагрузок, поиск опасных сечений и проверка прочности. Продвинутое методы инженерного анализа: модальный анализ (определение собственных частот и форм колебаний), гармонический и случайный вибрационный анализ, а также усталостный расчёт для оценки долговечности конструкций при циклическом нагружении (на примере анализа вибраций ротора турбины).

Раздел 4. Проектирование и мультидисциплинарный анализ конструкций в программных модулях APM Studio, APM Structure 3D и APM FGA

Рассмотрены методы компьютерного моделирования и комплексного инженерного анализа конструкций. Изучаются принципы работы с модулями APM: проектирование поверхностных, твердотельных и сборочных моделей в APM Studio, их прочностной расчёт и анализ методом конечных элементов в APM Structure 3D, а также моделирование течений жидкостей и газов в APM FGA. Построение расчётных сеток, задание граничных условий, анализ полей давления, скорости и температуры, выполнение термпрочностного анализа и оптимизацию конструкций, на основе полученных данных – на примерах расчёта деталей турбины и элементов газотурбинных установок (ГТУ), включая совместные расчёты с передачей нагрузок между модулями.

6 семестр.

Раздел 5. Основы вычислительной гидродинамики (CFD) и практическое освоение FlowVision

Базовые понятия и термины метода вычислительной гидродинамики. Современные промышленные программные комплексы вычислительной гидродинамики. Обзор популярных CFD-пакетов: ANSYS Fluent, OpenFOAM, STAR-CCM+, FlowVision. Фундаментальные понятия вычислительной гидродинамики и принципами работы в программном комплексе FlowVision. Основные уравнения математической модели (уравнение неразрывности, уравнения Навье-Стокса, уравнение энергии), метод конечных объёмов, этапы создания CFD-модели и примеры применения FlowVision в энергомашиностроении.

Раздел 6. Моделирование однофазных течений и процессов теплообмена в энергоустановках

Методы численного моделирования гидродинамических и тепловых процессов в энергетических установках. Физические свойства однофазных

сред, подходы к выбору моделей турбулентности (k-ε, k-ω, SST, LES), способы задания граничных условий и особенности моделирования вращающихся областей и сопряжённого теплообмена. Анализ результатов расчётов: полей скоростей и давлений, температурных полей, линий тока. Этапы расчета: построение расчётной сетки, задание свойства материалов и граничных условий, моделирование и анализ результата расчета, сравнение результатов с аналитическими оценками.

Раздел 7. Моделирование рабочих процессов в камерах сгорания и потоках с дисперсной фазой

Методы численного моделирования физико-химических процессов в энергомашиностроении, включая горение топлив и двухфазные течения. Основы теории горения (стехиометрия, пределы воспламенения, скорость реакций), специализированные модели в программном комплексе FlowVision (Eddy Dissipation Model, Finite Rate Chemistry). Разработка подходов к моделированию двухфазных потоков (Эйлерово-Эйлерово описание, Лагранжева модель для дисперсных частиц, модели межфазного взаимодействия). Моделирование горения метана в камере сгорания с анализом распределения температуры и концентрации вредных выбросов (CO₂, NO_x).

Раздел 8. Оптимизация проектных решений и валидация результатов CFD моделирования в FlowVision

Изучению методов оптимизации и процедур валидации/верификации в рамках CFD-моделирования с применением программного комплекса FlowVision. Постановка оптимизационных задач (включая формулировку целевой функции, ограничений и варьируемых параметров). Ключевые методы оптимизации: метода покоординатного спуска; метод генетических алгоритмов. Анализ результаты (построение и интерпретация Pareto-фронта). Верификация (проверка корректности численной модели через сеточную сходимость и сравнение с аналитическими решениями) и валидация (сопоставление с экспериментальными данными, бенчмаркинг, оценка неопределённости результатов).

7 семестр.

Раздел 9. Понятие математической модели

Понятие математической модели. Классификация математических моделей по характеру описываемых режимов работы ГТД. Классификация по числу описываемых режимов работы ГТД. Детерминированные математические модели. Стохастические математические модели. Классификация математических моделей по уровню сложности. Классификация по глубине описания. Классификация по способу организации.

Раздел 10. Многоуровневое моделирование и расчет сложности

Комбинация термодинамического и механического аспектов при сетевом моделировании ГТД. Многоуровневая многоаспектная модель ТРД. Уровни сложности модулей узлов. Расчет уровня сложности математической модели двигателя. Классификация уровней описания термодинамических процессов в

проточной части ГТД. Зависимость энтальпии и энтропии рабочего тела от относительного количества топлива. Модуль массы и габаритов.

Раздел 11. Системы автоматизированного проектирования и их структура

Роль различных компонент инструментария CALS в рамках компьютеризированного интегрированного проектирования и производства. Типовая функциональная структура авиамоторного ОКБ. Место универсальных систем и технологий в разработке двигателя. Недостатки существующих САПР. Принципы создания и совершенствования САПР. Модульность и модифицируемость САПР. Структурированность и надежность САПР. Эффективность и точность САПР. Удобство для пользователя. Мобильность САПР. CAD/CAM/CAE-системы. Универсальные CAD/CAM/CAE-системы. Связь PDM и CAD/CAM-систем в авиадвигателестроении. Условная схема принятия проектных решений с помощью СППР при структурном синтезе. Организация параллельного проектирования.

Раздел 12. Программные и технические средства автоматизации

Требования к вычислительным ресурсам и составу периферийных устройств. Уровни CAD/CAM/CAE-систем. Тяжелая система. Легкая система. Полномасштабная система. Наиболее распространенные CAD/CAM/CAE-системы. Преимущества и недостатки системы CADD5. Преимущества и недостатки системы CATIA. Преимущества и недостатки системы Pro/ENGINEER. Преимущества и недостатки системы UNIGRAPHICS. CAM-системы. Вопросы технологической подготовки производства. Схема управления технологическим оборудованием с ЧПУ с помощью компонент CALS. Технологическая подготовка производства новых турбинных лопаток. Принцип типизации конструкции.

8 семестр.

Раздел 13. CAE-системы и методы анализа. CAE-системы. Метод конечных элементов. Существующие CAE-системы. Программные продукты фирмы MTU. Основные задачи, решаемые с помощью MSC/NASTRAN в MTU. Задачи, решаемые с помощью пакета ABAQUS в MTU. Задачи, решаемые с помощью пакета MSC/PATRAN Thermal в MTU.

Раздел 14. Специализированные CAE-пакеты в двигателестроении. Задачи, решаемые с помощью пакета Samcef в MTU. Задачи, решаемые с помощью пакета Dyna3D в MTU. Задачи, решаемые с помощью пакета Mechanica в MTU. Задачи, решаемые с помощью пакета POLOPT в MTU. Применение MSC/PATRAN в MTU.

Раздел 15. Сравнение систем и выбор CAD/CAM/CAE Причины использования различных систем в разных организациях. Гетерогенные системы CAD/CAM/CAE. Принципы, представляющие интерес для пользователя. Неоднородность прикладного программного обеспечения. Переход к единой базовой системе. Перечень оцениваемых параметров сложных систем. Тяжелые системы с наибольшими возможностями. Более дешевые аналоги. Легкая система для двигателестроения.

Раздел 16. Тенденции развития и объектно-ориентированное проектирование

Разработка концепции автоматизации. Критерии соответствия пакета UG. Соединение UG с другими пакетами. Требования к системам проектирования. Препятствия развития систем проектирования. Основное препятствие в развитии систем CAD/CAM/CAE. Объектно-ориентированная модель. Преимущества построения на основе объектно-ориентированных моделей систем CAD/CAM. Процесс проектирования при использовании объектно-ориентированных моделей. Характеристики объектно-ориентированной архитектуры.

3.4. Тематический план практических занятий

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

3.5. Тематический план лабораторных работ

5-6 семестр, 1-8 разделы

1. Использование модулей APM Trans и APM Shaft для расчёта механических передач и расчёта валов с генерацией рабочих чертежей основных элементов.

2. Использование модуля APM Joint для расчёта соединений деталей конструкций и машин.

3. Использование модуля APM Structure 3D для проектирования и расчёта конструкций с использованием стержневых элементов.

4. Использование модуля APM Studio для проектирования поверхностных, твердотельных и сборочных моделей устройств с последующим анализом их прочности.

5. Расчёт течения воздуха в канале сложной геометрии.

6. Расчёт теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе».

7. Моделирование процесса горения в модельной камере сгорания.

8. Оптимизация формы диффузора для минимизации потерь давления.

7-8 семестр, 9-16 разделы

1. Составление функциональной схемы ГТУ.

2. Создание математической модели.

3. Создание закона управления и программы управления ММ.

4. Формирование массива результатов.

5. Расчет дроссельной внешней характеристики.

6. Расчет дроссельной внутренней характеристики.

7. Расчет климатической характеристики.

8. Составление отчета.

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 компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			85 - 100	70-84	55-69	0-54
ОПК-1	ОПК-1.2	знать: основы защиты информации и в вычислительных устройствах и сетях; средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах.				
			Знает средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах в полном объеме	Хорошо знает средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах, допускает ошибки	Знает средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах на низком уровне	Знание ниже минимальных требований, допускает много грубых ошибок
		уметь: ориентироваться в видах вредоносных программ и способах борьбы с ними; применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации.				
			Демонстрирует умение применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации. Не допускает ошибок	Допускает незначительные ошибки при применении средств информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации	Допускает много грубых ошибок при использовании средств информационных, компьютерных и сетевых технологий при работе с информацией и данными	Не умеет применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий при работе с информацией
ОПК-3	ОПК-3.5	владеть: средствами защиты информации; навыками работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.				
			Без замечаний и на высоком уровне владеет навыками работы с информацией в глобальных компьютерных сетях	Хорошо владеет навыками работы с информацией в глобальных компьютерных сетях	Допускает много ошибок при работе с информацией в глобальных компьютерных сетях	Нет навыков работы с информацией в глобальных компьютерных сетях
			Знает основные физические законы, не допускает ошибок.	Знает основные физические законы, при ответе может допустить	Плохо знает физические законы, допускает множество	Уровень знаний ниже требуемого уровня, допускает грубые ошибки.

				несколько негрубых ошибок	мелких ошибок.	
	уметь проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД ;уметь рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа), уметь рассчитывать температурные поля ,рассчитывать передаваемые тепловые потоки .					
		Демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД; не допускает ошибок	Демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД. задания выполнены не в полном объеме	При решении задач не демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД; допускает грубые ошибки	
	владеть: навыками выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов					
		Продемонстрированы навыки выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы базовые навыки выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, допущен ряд мелких ошибок.	Имеется минимальный набор навыков выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, допускает много ошибок.	Не продемонстрированы базовые навыки выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, допущены грубые ошибки.	

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

1. Компьютерная графика в САПР : учебное пособие / А. В. Приемышев, В.Н.Крутов, В.А.Треяль, О.А.Коршакова.—Санкт-Петербург:Лань, 2017. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-2284-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90060> (дата обращения: 27.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Копылов, Ю. Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю.Р.Копылов.— Санкт-Петербург:Лань,2022.—496с.—ISBN978-5-8114-3913-3.—Текст: электронный //Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207086>(дата обращения: 07.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Копылов, Ю. Р. Компьютерные технологии в машиностроении. Практикум : учебное пособие / Ю. Р.Копылов. — Санкт-Петербург : Лань,2022.—500с.—ISBN978-5-8114-4005-4.—Текст : электронный //Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207005>(дата обращения: 27.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Хорольский, А.А. Практическое применение КОМПАС в инженерной деятельности : учебное пособие /А.А.Хорольский.—2-еизд.—Москва : ИНТУИТ,2016.—324с.—Текст:электронный //Лань:электронно-библиотечная система. — URL:<https://e.lanbook.com/book/100374> (дата обращения :21.02.2020).—Режим доступа: для авториз.пользователей.

5. Узяков, Р. Н., Детали машин. Путеводитель по курсовому проектированию : учебное пособие /Р.Н.Узяков.—Москва: КноРус,2023. - 310с.—ISBN978-5-406-11005-8.—URL:<https://book.ru/book/947211> (дата обращения : 06.07.2023).—Текст: электронный

6. Звонцов, И.Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург:Лань,2019.—696с.—ISBN978-5-8114-4520-2.—Текст: электронный //Лань : электронно-библиотечная система.— URL:<https://e.lanbook.com/book/121985>(дата обращения: 20.02.2020).— Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Звонцов, И. Ф. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ : учебное пособие / И. Ф. Звонцов, К. М. Иванов, П. П. Серебrenицкий. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 588 с. — ISBN 978-5- 8114-2123-7.— Текст : электронный //Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107059>(дата обращения: 05.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Русецкий А.М. [и др.]. Автоматизация и управление в технологических комплексах / А.М.Русецкий.-Минск : Беларуская навука, 2014.-375с.-ISBN 978-985-08-1774-7. -URL: <https://ibooks.ru/reading.php?productid=343195>(дата обращения: 17.02.2020). - Текст: электронный.

9. Должиков, В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве : учебное пособие / В. П. Должиков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 328 с. — ISBN 978-5-8114-4385-7. — Текст : электронный//Лань: электронно-библиотечная система.—URL:<https://e.lanbook.com/book/119289> (дата обращения: 27.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Яняк, С. В. Программирование станков и центров с ЧПУ : учебное пособие / С. В. Яняк, В. В. Яхричев. — Вологда : ВоГУ, 2017. — 79 с. — ISBN 978-5-87851-762-1.— Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171297>(дата обращения: 04.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Лыков, А.Н. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / А. Н. Лыков. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 423 с. — ISBN 978-5-398-00116-7.—Текст:электронный//Лань:электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160499>(дата обращения: 04.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Абульханов, С. Р. Системы ЧПУ металлорежущих станков : учебное пособие / С. Р. Абульханов, А. Н. Жидяев. — Самара : Самарский университет, 2020. — 118 с. — ISBN 978-5-7883-1555-3.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/188968>(дата обращения: 05.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

13. Балла, О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология / О. М. Балла. — 6-е изд, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-507-44191-4.— Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/214733> (дата обращения: 05.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

14. Скуратов, Д.Л. Обработка конструкционных материалов. Процессы, инструменты и станки: учебное пособие /Д.Л.Скуратов, А.И.Хаймович, С.Р. Абульханов.— 2-е изд., пер. и доп.—Самара :Самарский университет, 2022.— 92с.—ISBN978-5-7883-1776-2.—Текст:электронный //Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/336488>(дата обращения: 05.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Рязанов, А. И. Базовые методы подготовки управляющих программ для токарных станков с ЧПУ : учебное пособие / А. И. Рязанов, А. В. Карпов. — Самара: Самарский университет, 2021. — 88 с. - ISBN 978-5-7883-1703-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.— URL:<https://e.lanbook.com/book/257063> (дата обращения:06.07.2023).—Режим доступа: для авториз. пользователей.

15. Маничев В.Б., Глазкова В.В., Кузьмина И.А. Численные методы. Достоверное и точное численное решение дифференциальных и алгебраических уравнений в САЕ-системах САПР. —Москва : Инфра-М 2019 г.— 152 с. — Электронное издание. — ISBN 978-5-16-010366-2/ Режим доступа: <https://ibooks.ru/reading.php?productid=361704>

16. Имитационное моделирование и цифровое производство с использованием 3D-сканеров и 3D-принтеров при проектировании и изготовлении сложных деталей ракетно-космической техники : учебное пособие/ Д.В.Сорокин, Л.А. Бабкина, В.А.Нестеров [и др.]— Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2017. — 90 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147500> (дата обращения: 06.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

17. Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии : учебное пособие / А. В. Трофимов. - Санкт-Петербург:СПбГЛТУ,2019. - 72с. - ISBN978-5-9239-1114-5. - Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/120060> (дата обращения: 07.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.1.2.Дополнительная литература

1. Александрина, Н.А. Компьютерное моделирование в системе КОМПАС-ГРАФИК 2D. Графическое 2D моделирование : учебное пособие / Н.А. Александрина. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2016. — 152 с.— Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.— URL:<https://e.lanbook.com/book/100826> (дата обращения: 20.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 192 с.: ил.

3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов.2-изд.,перераб.идоп.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.- 336с.:ил.- (Сер. Информатика в техническом университете).

4. Чемпинский Л.А. Основы геометрического моделирования в машиностроении: конспект лекций / Л.А. Чемпинский. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 160с.

5. Схиртладзе, А. Г. Автоматизация технологических процессов в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, С. В. Бочкарев, А. Н. Лыков.—Пермь:ПНИПУ,2010.—505с.—ISBN978-5-398-00518-9.— Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160687>(дата обращения: 04.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Фоминых, В. В. Обработка деталей машин на токарных станках : учебное пособие/В.В.Фоминых,А.Л.Флакман.—Киров:ВятГУ,2016. — 82с.—Текст:электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/339929>(дата обращения: 04.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Фоминых, В. В. Методы обработки отверстий : учебное пособие / В. В. Фоминых, А. Л. Флакман. — Киров : ВятГУ, 2015. — 111 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: - <https://e.lanbook.com/book/339932>(дата обращения:04.07.2023). Режим доступа ;для авториз. пользователей.

8. Егорова, Р. В. Технология изготовления деталей методом порошковой металлургии и перспективные материалы, применяемые в

аддитивных технологиях : учебное пособие / Р. В. Егорова, М. С. Егоров. — Ростов-на-Дону : Донской ГТУ, 2020. — 140 с. — ISBN 978-5-7890-1721-0. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/238001> (дата обращения: 06.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Современные технологии: проблемы и перспективы : материалы конференции / главный редактор О. В. Мухина. — Севастополь : СевГУ, 2022. — 126 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301631> (дата обращения: 06.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных 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 "Открытоеобразование"	http://npoad.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	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	Единое окно доступа к	http://window.edu.ru/	http://window.edu.ru/
9	Физика твёрдого тела	journals.ioffe.ru	journals.ioffe.ru
10	«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	OfficeStandard2007Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010от04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
3	LMSMoodle	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-3DV21	Программное обеспечение для трёхмерного моделирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" от 04.05.2020 Неискл. право. Бессрочно
6	APM WinMachine	ПО для проведения расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения	ООО"НТЦ "АПМ" №2018.53027 от 15.10.2018Неискл. право.Бессрочно

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	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Лабораторные занятия	Учебная лаборатория «ЭОО«Bosch», Д-002	доска аудиторная (2 шт.), бак-водонагреватель Logalux LT135/1, мембранный расширительный бак ГВС 12, бак-водонагреватель Logalux SU160, мембранный расширительный бак ГВС 12/10, дымоход общий для G234-38WS, G20 и G125-25 SE, котел Logano G125-25 SE (дизельная горелка), мембранный расширительный бак 35/3, котел Logano G215-78 WS (газовая горелка), котел Logano G234-38 WS, G20, мембранный расширительный бак 35/3, котел настенный Logamax U052-24, радиаторы VK Profil 22/300/700 (7 шт.), бак-водонагреватель Logalux S120/5, котел настенный Term 8000S (2 шт.), котел настенный Logamax plus GB162-65 (2 шт.), газовый проточный водонагреватель WTD27 AME (2 шт.), стендовая установка по измерению расхода жидкости и тепла, котел настенный Condens 7000W, котел настенный Logamax plus GB 72-24K, котел настенный ZBR42-3, бивалентный бак Logalux 200/5, стенд «Радиатор отопления Buderus», плакаты «Современные образцы отопительной техники» (13 шт.), компьютер в комплекте с монитором (11 шт.), проектор
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 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.

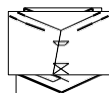
Научно-образовательное воспитание:

- 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 кафедра)
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



КГУ У

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.О.11.04 Программное обеспечение и программирование в
профессиональной деятельности

Оценочные материалы по дисциплине, предназначенны 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_5_

[illegible]

Семестр_6

наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели									
		1 текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	2 текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	3 текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	4 текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК4	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. «Основы вычислительной гидродинамики (CFD) и практическое освоение FlowVision»	ТК1	12	0-13							13-25	13-25
Тест или письменный опрос			13								
Защита лабораторной работы		12									
Раздел 2. «Моделирование однофазных течений и процессов теплообмена в энергоустановках»	ТК2			12	0-13					13-25	13-25
Тест или письменный опрос					13						
Защита лабораторной работы				12							
Раздел 3. «Моделирование рабочих процессов в камерах сгорания и потоках с дисперсной фазой»	ТК3					12	0-13			13-25	13-25
Тест или письменный опрос							13				
Защита лабораторной работы						12					
Раздел 4. «Оптимизация проектных решений и валидация результатов CFD-моделирования в FlowVision»	ТК4							12	0-13	13-25	13-25
Тест или письменный опрос									13		

[illegible]

Семестр 7

[illegible]

Семестр_8_

[illegible]

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 компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			85 - 100	70-84	55-69	0-54
ОПК-1	ОПК-1.2	знать: основы защиты информации и в вычислительных устройствах и сетях; - средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах.				
			Знает средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах в полном объеме	Хорошо знает средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах, допускает ошибки	Знает средства работы с информацией в глобальных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах на низком уровне	Знание ниже минимальных требований, допускает много грубых ошибок
		уметь: ориентироваться в видах вредоносных программ и способах борьбы с ними; применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации.				
			Демонстрирует умение применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации. Не допускает ошибок	Допускает незначительные ошибки при умении применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации	Допускает много грубых ошибок при использовании средств информационных, компьютерных и сетевых технологий при работе с информацией и данными	Не умеет применять средства информационных, компьютерных и сетевых технологий при работе с информацией
ОПК-3	ОПК-3.5	владеть: средствами защиты информации; навыками работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.				
			Без замечаний и на высоком уровне владеет навыками работы с информацией в глобальных компьютерных сетях	Хорошо владеет навыками работы с информацией в глобальных компьютерных сетях	Допускает много ошибок при работе с информацией в глобальных компьютерных сетях	Нет навыков работы с информацией в глобальных компьютерных сетях
ОПК-3	ОПК-3.5	знать: Основные физические законы в области механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма				
			Знает основные физические законы, не допускает ошибок.	Знает основные физические законы, при ответе может допустить несколько	Плохо знает физические законы, допускает множество мелких	Уровень знаний ниже требуемого уровня, допускает грубые ошибки.

			негрубых ошибок	ошибок.	
		уметь проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД ;уметь рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа), уметь рассчитывать температурные поля ,рассчитывать передаваемые тепловые потоки .			
		Демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД; не допускает ошибок	Демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД. задания выполнены не в полном объеме	При решении задач не демонстрирует умение проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД; допускает грубые ошибки
		владеть: навыками выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов			
		Продемонстрированы навыки выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы базовые навыки выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, допущен ряд мелких ошибок.	Имеется минимальный набор навыков выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, допускает много ошибок.	Не продемонстрированы базовые навыки выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, допущены грубые ошибки.

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, 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
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Тест(Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

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

5 семестр

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест по лабораторной работе 1

«Использование модулей APM Trans и APM Shaft для расчёта механических передач и расчёта валов с генерацией рабочих чертежей основных элементов»

1. Какой параметр задаётся в APM Trans для учёта режима работы передачи?
 - а) коэффициент безопасности
 - б) коэффициент режима нагрузки
 - в) коэффициент трения
 - г) коэффициент упругости
2. Что отображается на эпюре крутящих моментов в APM Shaft?
 - а) распределение изгибающих моментов
 - б) распределение крутящих моментов вдоль оси вала
 - в) распределение осевых сил
 - г) распределение радиальных сил
3. Какой тип опоры вала нельзя задать в APM Shaft?
 - а) жёсткая заделка
 - б) шарнирно-неподвижная опора
 - в) упругая опора
 - г) магнитная опора
4. Какой материал нельзя выбрать в стандартной библиотеке APM Shaft?
 - а) сталь 45
 - б) чугун СЧ20
 - в) алюминий Д16
 - г) дерево дуб
5. Что означает красный цвет на эпюре напряжений в APM Shaft?
 - а) нормальные напряжения
 - б) касательные напряжения
 - в) напряжения выше допустимых значений
 - г) нулевые напряжения
6. Какой параметр не влияет на расчёт усталостной прочности вала?
 - а) предел выносливости материала
 - б) коэффициент концентрации напряжений
 - в) цвет поверхности вала
 - г) масштабный фактор
7. Какой модуль используется для проверки прочности шпоночного соединения?
 - а) APM Trans
 - б) APM Shaft
 - в) APM Bear
 - г) APM Joint
8. Что такое «галтель» в конструкции вала?
 - а) канавка для выхода инструмента
 - б) плавный переход между диаметрами вала
 - в) участок с резьбой
 - г) посадочное место под подшипник
9. Какой параметр передаётся из APM Trans в APM Shaft при совместном расчёте?
 - а) геометрические размеры вала
 - б) нагрузки на вал от передачи
 - в) материал вала
 - г) частота вращения вала
10. Какой формат файла не поддерживается для импорта геометрии в APM Shaft?
 - а) STEP

- б) IGES
- в) DWG
- г) DOCX

11. Что показывает коэффициент запаса по пределу текучести?

- а) отношение предела текучести к максимальному напряжению
- б) отношение максимального напряжения к пределу текучести
- в) разность предела текучести и максимального напряжения
- г) произведение предела текучести и максимального напряжения

12. Какой тип расчёта выполняется в APM Trans после проектировочного?

- а) проверочный расчёт на прочность
- б) расчёт на жёсткость
- в) тепловой расчёт
- г) вибрационный расчёт

13. Что такое «концентратор напряжений» в конструкции вала?

- а) участок с равномерным распределением напряжений
- б) участок резкого изменения геометрии (канавка, отверстие и т.д.)
- в) участок максимального диаметра вала
- г) участок минимального диаметра вала

14. Какой параметр не отображается в отчёте расчёта вала в APM Shaft?

- а) коэффициенты запаса прочности
- б) прогибы и углы поворота
- в) температура вала
- г) эпюры моментов и сил

15. Какой инструмент используется в APM Graph для нанесения размеров на чертёж?

- а) «Линия»
- б) «Размер»
- в) «Текст»
- г) «Штамп»

16. Что необходимо сделать перед экспортом модели вала из APM Shaft в APM Graph?

- а) сохранить модель в формате PDF
- б) выполнить полный расчёт вала и проверить результаты
- в) удалить все нагрузки с модели
- г) изменить материал вала

17. В модуле APM Trans первым выполняется _____ расчёт, который определяет основные геометрические параметры передачи на основе заданных нагрузок и условий работы.

18. Для учёта влияния резких изменений геометрии вала (канавок, отверстий, переходов диаметров) в расчёте усталостной прочности используется коэффициент _____ напряжений.

19. После выполнения расчёта вала в модуле APM Shaft результаты (эпюры напряжений, прогибы, коэффициенты запаса прочности) можно визуализировать в виде _____, которые наглядно показывают распределение нагрузок вдоль оси вала.

20. Для генерации рабочего чертежа вала рассчитанную модель необходимо экспортировать в модуль _____, где настраиваются масштаб, формат листа, штамп и добавляются необходимые размеры и обозначения.

Отчет по лабораторной работе 1 (ОЛР)

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

«Использование модулей APM Trans и APM Shaft для расчёта механических передач и расчёта валов с генерацией рабочих чертежей основных элементов»

Выполнил(а): студент(ка) группы _____

Ф.И.О.: _____

Проверил(а): _____

Дата выполнения: _____

Дата сдачи: _____

1. Цель работы

2. Исходные данные

- для расчёта передачи в APM Trans:
 - тип передачи: _____
 - мощность: $P =$ _____ кВт
 - частота вращения: $n =$ _____ об/мин
 - передаточное число: $u =$ _____
 - условия работы: _____
- для расчёта вала в APM Shaft:
 - геометрические параметры: _____
 - нагрузки: _____
 - материал вала: _____

3. Результаты расчёта в APM Trans

- геометрические размеры передачи: _____
- силы в зацеплении: _____
- КПД передачи: $\eta =$ _____
- эпюры нагрузок: (вставить скриншоты)
- чертёж элемента передачи: (вставить изображение)

4. Результаты расчёта в APM Shaft

- модель вала: (вставить скриншот)
- коэффициенты запаса прочности: _____
- деформации вала: _____
- эпюры напряжений: (вставить скриншоты)
- оптимизированная конструкция (если проводилась): _____

5. Рабочий чертёж вала

- масштаб: _____
- формат: _____
- изображение чертежа: (вставить файл)

6. Анализ результатов

- соответствие результатов нормативным требованиям: _____
- выявленные проблемы и способы их решения: _____

7. Выводы

Подпись студента: _____

Подпись преподавателя: _____

Контрольные вопросы к лабораторной работе 1

«Использование модулей APM Trans и APM Shaft для расчёта механических передач и расчёта валов с генерацией рабочих чертежей основных элементов»

1. «Каковы основные функции модуля APM Trans?
2. Какие типы механических передач можно рассчитать в модуле APM Trans?
3. Какие исходные данные необходимы для проектировочного расчёта зубчатой передачи?
4. Как в APM Trans задать условия работы передачи (нагрузка, режим работы)?
5. Какие результаты расчёта предоставляет модуль APM Trans после выполнения проектировочного расчёта?
6. Как экспортировать результаты расчёта из APM Trans в графический модуль?
7. Каковы основные этапы создания модели вала в модуле APM Shaft?
8. Как задать опоры вала в APM Shaft?
9. Какие виды нагрузок можно приложить к валу в модуле APM Shaft?
10. Как указать параметры материала вала в APM Shaft?
11. Какие типы расчётов вала можно выполнить в модуле APM Shaft?
12. Что показывает коэффициент запаса прочности вала?
13. Как интерпретировать эпюры напряжений и деформаций, полученные в результате расчёта вала?
14. Как оптимизировать конструкцию вала на основе результатов расчёта?
15. Как сгенерировать рабочий чертёж вала из рассчитанной модели в APM Shaft?
16. Какие параметры чертежа можно настроить перед генерацией?
17. В каких форматах можно сохранить рабочий чертёж, созданный в APM Graph?
18. Как проверить соответствие результатов расчёта вала нормативным требованиям?
19. Какие факторы влияют на усталостную прочность вала?
20. Каковы преимущества использования модулей APM Trans и APM Shaft по сравнению с ручным расчётом?
21. Каковы основные функции модуля APM Trans?
22. Какие типы механических передач можно рассчитать в модуле APM Trans?
23. Какие исходные данные необходимы для проектировочного расчёта зубчатой передачи?
24. Как в APM Trans задать условия работы передачи (нагрузка, режим работы)?
25. Какие результаты расчёта предоставляет модуль APM Trans после выполнения проектировочного расчёта?
26. Как экспортировать результаты расчёта из APM Trans в графический модуль?
27. Каковы основные этапы создания модели вала в модуле APM Shaft?
28. Как задать опоры вала в APM Shaft?
29. Какие виды нагрузок можно приложить к валу в модуле APM Shaft?
30. Как указать параметры материала вала в APM Shaft?
31. Какие типы расчётов вала можно выполнить в модуле APM Shaft?
32. Что показывает коэффициент запаса прочности вала?
33. Как интерпретировать эпюры напряжений и деформаций, полученные в результате расчёта вала?
34. Как оптимизировать конструкцию вала на основе результатов расчёта?
35. Как сгенерировать рабочий чертёж вала из рассчитанной модели в APM Shaft?
36. Какие параметры чертежа можно настроить перед генерацией?
37. В каких форматах можно сохранить рабочий чертёж, созданный в APM Graph?
38. Как проверить соответствие результатов расчёта вала нормативным требованиям?
39. Какие факторы влияют на усталостную прочность вала?
40. Каковы преимущества использования модулей APM Trans и APM Shaft по сравнению с ручным расчётом?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест по лабораторной работе 2
«Использование модуля APM Joint для расчёта соединений деталей конструкций и машин»

1. Какой тип соединения не рассматривается в модуле APM Joint?
 - а) Шпоночное
 - б) Резьбовое
 - в) Клеёное
 - г) Заклёпочное

2. При расчёте болтового соединения в отверстие с зазором учитывается:
 - а) Только растяжение болта
 - б) Растяжение и срез болта
 - в) Смятие стенок отверстия
 - г) Все перечисленные варианты

3. Для шпоночного соединения основным критерием прочности является:
 - а) Напряжение растяжения
 - б) Напряжение среза
 - в) Напряжение изгиба
 - г) Напряжение кручения

4. В многорядном заклёпочном соединении нагрузка распределяется:
 - а) Равномерно между всеми заклёпками
 - б) Неравномерно, с концентрацией в крайних рядах
 - в) Зависит от типа нагрузки и схемы соединения
 - г) Только на первый ряд заклёпок

5. При расчёте сварного стыкового шва учитывается:
 - а) Только растягивающие напряжения
 - б) Растягивающие и изгибающие напряжения
 - в) Касательные напряжения от сдвига
 - г) Все виды напряжений

6. Коэффициент запаса прочности показывает:
 - а) Во сколько раз нагрузка превышает допустимую
 - б) Во сколько раз допустимая нагрузка превышает расчётную
 - в) Отношение предела текучести к пределу прочности
 - г) Процент износа детали

7. Для штифтового соединения критическим напряжением является:
 - а) Растяжение штифта
 - б) Срез штифта
 - в) Изгиб штифта
 - г) Кручение штифта

8. В APM Joint можно задать:
 - а) Только статические нагрузки
 - б) Статические и динамические нагрузки
 - в) Только распределённые нагрузки
 - г) Только сосредоточенные силы

9. При расчёте шлицевого соединения учитывается:
 - а) Только крутящий момент

- б) Крутящий момент и радиальная нагрузка
- в) Осевая нагрузка
- г) Все виды нагрузок

10. Для нахлесточного сварного шва основным типом разрушения является:

- а) Разрыв основного металла
- б) Разрушение по сварному шву
- в) Отслоение шва от основного металла
- г) Усталостное разрушение

11. В модуле APM Joint результаты расчёта отображаются в виде:

- а) Числовых таблиц
- б) Цветовой карты напряжений
- в) Графиков зависимости нагрузки от деформации
- г) Всех перечисленных вариантов

12. При увеличении катета сварного шва прочность соединения:

- а) Увеличивается
- б) Уменьшается
- в) Не изменяется
- г) Сначала увеличивается, потом уменьшается

13. Для болтового соединения с предварительной затяжкой учитывается:

- а) Только внешняя нагрузка
- б) Внешняя нагрузка и усилие затяжки
- в) Только усилие затяжки
- г) Температурные напряжения

14. В заклёпочном соединении разрушение может произойти из-за:

- а) Среза заклёпки
- б) Смятия стенок отверстия
- в) Разрыва листа
- г) Всех перечисленных причин

15. Модуль APM Joint позволяет рассчитывать:

- а) Только простые соединения
- б) Простые и сложные соединения
- в) Только сварные соединения
- г) Только болтовые соединения

16. При расчёте группы болтов произвольного расположения учитывается:

- а) Расстояние между болтами
- б) Направление нагрузки
- в) Жёсткость соединяемых деталей
- г) Все перечисленные факторы

17. В шпоночном соединении основным видом деформации является _____, возникающий под действием крутящего момента.

18. При расчёте заклёпочного соединения необходимо проверить прочность заклёпок на _____ и _____, а также прочность соединяемых листов на разрыв.

19. Коэффициент запаса прочности соединения определяется как отношение _____ напряжения к _____ напряжению.

20. В сварном нахлесточном соединении катет шва — это размер _____ треугольника,

образующего поперечное сечение сварного шва.

Отчет по лабораторной работе2 (ОЛР)

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № 2

«Использование модуля APM Joint для расчёта соединений деталей конструкций и машин»

Выполнил(а): студент(ка) группы _____

Ф. И. О. _____

Проверил(а): _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

2. Исходные данные

Тип соединения: _____

Материалы деталей: _____

Нагрузки: _____

Прочие параметры: _____

3. Расчётная схема

(вставить скриншот модели из APM Joint)

4. Результаты расчёта

Параметр	Значение	Единицы измерения
Максимальные напряжения		МПа
Деформации		мм
Коэффициент запаса прочности		—
Прочие показатели		

5. Графики и эпюры

(вставить скриншоты распределения напряжений, деформаций)

6. Анализ результатов

- Соответствие нормам прочности: да/нет
- Критические зоны: _____
- Рекомендации по оптимизации: _____

7. Выводы

Подпись студента: _____

Дата сдачи: _____

Контрольные вопросы к лабораторной работе 2

«Использование модуля APM Joint для расчёта соединений деталей конструкций и машин»

1. Какие типы соединений деталей машин рассматриваются в модуле APM Joint?
2. В чём отличие расчёта болтового соединения в отверстие без зазора от расчёта в отверстие с зазором?
3. Какие нагрузки учитываются при расчёте шпоночного соединения?
4. Как влияет количество рядов заклёпок на прочность соединения?
5. Какие параметры сварного шва необходимо задать для расчёта в APM Joint?
6. Что такое коэффициент запаса прочности и как он определяется для болтовых соединений?
7. Какие виды напряжений возникают в штифтовом соединении при работе?
8. Как задаётся предварительная затяжка болтов в модуле APM Joint?
9. Какие факторы влияют на прочность шлицевого соединения?

10. В чём преимущество многорядного заклёпочного соединения перед однорядным?
11. Как учитывается концентрация напряжений в зоне сварного шва при расчёте?
12. Какие критерии используются для оценки прочности нахлёсточного сварного соединения?
13. Как влияет расположение группы болтов на распределение нагрузок между ними?
14. Какие материалы можно использовать для деталей соединений в APM Joint?
15. Как визуализируются результаты расчёта напряжений в модуле?
16. Какие допущения принимаются при моделировании соединений в APM Joint?
17. Как проверить корректность расчётной схемы перед запуском расчёта?
18. Какие отчёты можно сформировать по результатам расчёта в APM Joint?
19. В каких случаях рекомендуется использовать штифтовое соединение вместо шпоночного?
20. Как интерпретировать цветовые карты напряжений на модели соединения?

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест по лабораторной работе 3

«Использование модуля APM Structure 3D для проектирования и расчёта конструкций с использованием стержневых элементов. Анализ прочности рамы газотурбинной установки»

1. Какой тип элемента используется для моделирования рамы в APM Structure 3D?
 - а) пластинчатый;
 - б) объёмный;
 - в) стержневой;
 - г) оболочечный.
2. Что необходимо задать перед выполнением расчёта в APM Structure 3D?
 - а) только геометрию модели;
 - б) геометрию, материалы, сечения, нагрузки и закрепления;
 - в) только нагрузки;
 - г) только материалы и сечения.
3. Как в APM Structure 3D задаётся собственный вес конструкции?
 - а) вручную вводится значение силы;
 - б) выбирается загрузка «Собственный вес»;
 - в) задаётся распределённая нагрузка;
 - г) собственный вес не учитывается.
4. Какое закрепление обеспечивает запрет всех перемещений в узле?
 - а) шарнирное;
 - б) скользящее;
 - в) жёсткое;
 - г) упругое.
5. Что показывает карта напряжений в APM Structure 3D?
 - а) распределение температуры;
 - б) распределение напряжений по элементам;
 - в) распределение деформаций;
 - г) распределение масс.

6. Какой параметр используется для оценки прочности конструкции?
- а) коэффициент трения;
 - б) коэффициент запаса прочности;
 - в) коэффициент теплопроводности;
 - г) коэффициент Пуассона.
7. Как найти опасное сечение в раме?
- а) по минимальному напряжению;
 - б) по максимальному напряжению;
 - в) по средней величине напряжения;
 - г) по отсутствию напряжений.
8. Что произойдёт, если напряжения в конструкции превысят допускаемые?
- а) конструкция станет легче;
 - б) возможно разрушение или пластическая деформация;
 - в) ничего не произойдёт;
 - г) увеличится жёсткость.
9. Какой тип расчёта выполняется для анализа статической прочности?
- а) динамический;
 - б) статический;
 - в) тепловой;
 - г) частотный.
10. Что влияет на точность расчёта методом конечных элементов?
- а) цвет модели;
 - б) плотность сетки конечных элементов;
 - в) время суток;
 - г) версия операционной системы.
11. Как проверить правильность приложения нагрузок?
- а) визуально на модели;
 - б) в отчёте о нагрузках;
 - в) с помощью инструмента «Проверка нагрузок»;
 - г) все варианты верны.
12. Какой материал чаще всего используется для рам газотурбинных установок?
- а) дерево;
 - б) бетон;
 - в) сталь;
 - г) пластик.
13. Что означает красный цвет на карте напряжений?
- а) низкие напряжения;
 - б) высокие напряжения;
 - в) отсутствие напряжений;
 - г) нейтральные напряжения.
14. Какой параметр задаётся для учёта надёжности нагрузки?
- а) модуль упругости;
 - б) коэффициент надёжности;
 - в) предел текучести;
 - г) плотность материала.
15. Как сохранить результаты расчёта в APM Structure 3D?
- а) через меню «Файл → Сохранить»;
 - б) автоматически после расчёта;
 - в) с помощью кнопки «Экспорт результатов»;
 - г) все варианты верны.

16. Что делать, если расчёт не сходится (возникает ошибка)?
- а) игнорировать ошибку;
 - б) проверить модель на ошибки (геометрия, закрепления, нагрузки);
 - в) сразу изменить материал конструкции;
 - г) закрыть программу и начать заново.
17. Для моделирования рамы газотурбинной установки в APM Structure 3D используются _____ элементы.
18. Опасное сечение — это участок конструкции, где возникают _____ напряжения.
19. Коэффициент запаса прочности показывает, во сколько раз допускаемое напряжение _____ максимального расчётного напряжения в конструкции.
20. Перед выполнением расчёта в APM Structure 3D необходимо задать закрепления, которые определяют _____ конструкции.

Отчет по лабораторной работе3 (ОЛР)

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

«Использование модуля APM Structure 3D для проектирования и расчёта конструкций с использованием стержневых элементов. Анализ прочности рамы газотурбинной установки»

Выполнил(а): студент(ка) группы _____

Ф. И. О. _____

Проверил(а): _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

2. Исходные данные

- Геометрические параметры рамы (эскиз с размерами).
- Характеристики материалов (модуль упругости, предел текучести и т. д.).
- Нагрузки: собственный вес, вес турбины, вес генератора, дополнительные нагрузки.
- Условия закрепления рамы.

3. Построение модели

- Скриншоты интерфейса APM Structure 3D с построенной моделью.
- Описание назначенных сечений и материалов.

4. Приложение нагрузок и закреплений

- Схема приложения нагрузок (сосредоточенные силы, распределённые нагрузки).
- Типы закреплений и их расположение.

5. Результаты расчёта

- Карты напряжений (нормальных, касательных), деформаций, перемещений.
- Таблицы с максимальными значениями напряжений и перемещений.
- Указание опасных сечений и их характеристик.

6. Анализ прочности

- Сравнение полученных напряжений с допускаемыми.
- Расчёт коэффициентов запаса прочности.
- Выводы о прочности и жёсткости рамы.

7. Рекомендации

- Предложения по усилению конструкции (если необходимо).
- Возможные пути оптимизации рамы.

8. Выводы

- Краткое резюме по результатам работы.
- Достигнута ли цель работы?
- Какие навыки получены в ходе выполнения лабораторной работы?

Приложения (при необходимости):

- Файлы проекта APM Structure 3D (.apj ит.п.).
- Дополнительные расчёты или графики.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 3
«Использование модуля APM Structure 3D для проектирования и
расчета конструкций с использованием стержневых элементов. Анализ
прочности рамы газотурбинной установки»

1. Что такое стержневой элемент в контексте метода конечных элементов?
2. Какие типы нагрузок можно приложить к стержневой конструкции в APM Structure 3D?
3. Как в APM Structure 3D задать собственный вес конструкции?
4. Какие виды закреплений можно использовать для рамы?
5. Что такое опасное сечение и как его найти в APM Structure 3D?
6. Как проверить соответствие напряжений допускаемым значениям?
7. Какие параметры влияют на точность расчёта в APM Structure 3D?
8. Как задать сечение стержня в APM Structure 3D?
9. Что такое коэффициент запаса прочности и как он рассчитывается?
10. Какие материалы можно использовать в APM Structure 3D для стержневых конструкций?
11. Как интерпретировать карту напряжений, полученную в результате расчёта?
12. Что означает цветное отображение напряжений на модели?
13. Какие факторы могут привести к превышению допускаемых напряжений в раме?
14. Как влияет плотность сетки конечных элементов на точность расчёта?
15. Какие ошибки могут возникнуть при построении модели и как их исправить?
16. Как учесть вес оборудования (турбины, генератора) при расчёте рамы?
17. Что такое статический расчёт и чем он отличается от динамического?
18. Какие результаты расчёта можно получить в APM Structure 3D?
19. Как оценить жёсткость конструкции по результатам расчёта?
20. Какие рекомендации можно дать для оптимизации конструкции рамы?

Для текущего контроля ТК4:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест к лабораторной работе 4

1. Какой тип модели нельзя создать в APM Studio?
 - а) Поверхностную.
 - б) Твердотельную.
 - в) Сборочную.
 - г) Кинематическую.
2. Для чего используется конечно-элементная сетка?
 - а) Для визуализации модели.
 - б) Для расчёта распределения нагрузок и напряжений.
 - в) Для задания материала детали.
 - г) Для экспорта модели в другие форматы.
3. Какой тип контакта не предусмотрен в APM Studio?
 - а) Жёсткий.
 - б) Скользящий.

- в) Упругий.
- г) Пользовательский.

4. Что показывает коэффициент запаса прочности?

- а) Максимальную нагрузку, которую может выдержать деталь.
- б) Отношение предела прочности материала к действующим напряжениям.
- в) Величину деформации детали.
- г) Температуру плавления материала.

5. Какой модуль лучше подходит для сложных расчётов с комбинацией стержневых, пластинчатых и объёмных элементов?

- а) APM Studio.
- б) APM Structure 3D.
- в) Оба одинаково.
- г) Ни один из них.

6. Как задать материал детали в APM Studio?

- а) Через меню «Файл».
- б) Через панель инструментов «Материалы».
- в) Автоматически при создании модели.
- г) Через экспорт из другой программы.

7. Что такое граничные условия?

- а) Размеры детали.
- б) Условия закрепления и нагрузки на деталь.
- в) Свойства материала.
- г) Параметры КЭ-сетки.

8. Какой вид расчёта не выполняется в APM Studio?

- а) Статический.
- б) На устойчивость.
- в) Гидродинамический.
- г) Теплопроводности.

9. Что означает карта напряжений?

- а) Распределение температур в детали.
- б) Распределение нагрузок по поверхности.
- в) Распределение напряжений по объёму детали.
- г) Распределение деформаций.

10. Какой формат файла нельзя импортировать в APM Studio?

- а) STEP.
- б) IGES.
- в) DWG.
- г) SAT.

11. Что нужно сделать перед генерацией КЭ-сетки?

- а) Задать материал и граничные условия.
- б) Выполнить расчёт.
- в) Экспортировать модель.
- г) Изменить цвет детали.

12. Какой параметр не влияет на точность КЭ-расчёта?

- а) Размер элемента сетки.
- б) Количество элементов.
- в) Цвет модели.

г) Качество сетки.

13. Что такое статический расчёт?

- а) Расчёт на ударные нагрузки.
- б) Расчёт при постоянных нагрузках.
- в) Расчёт вибраций.
- г) Расчёт теплопроводности.

14. Какой модуль используется для более детального анализа сложных конструкций?

- а) APM Studio.
- б) APM Structure 3D.
- в) Оба одновременно

15. Какой тип анализа нельзя выполнить в APM Structure 3D?

- а) Статический.
- б) Динамический.
- в) Оптимизации формы.
- г) Устойчивость.

16. Что необходимо сделать для сравнения результатов расчёта между APM Studio и APM Structure 3D?

- а) Использовать одинаковые граничные условия и нагрузки.
- б) Изменить материал детали.
- в) Применить разные типы КЭ-сеток.
- г) Выполнить расчёт без нагрузок.

17. Вставьте пропущенное словосочетание:

«Для проведения конечно-элементного анализа необходимо сначала создать _____, которая разбивает модель на множество малых элементов».

18. Вставьте пропущенное слово:

«Коэффициент _____ показывает, во сколько раз действующие напряжения меньше предела прочности материала».

19. Вставьте пропущенное словосочетание:

«В APM Studio для сборки деталей можно задать различные типы _____, такие как жёсткий, скользящий и пользовательский».

20. Вставьте пропущенное словосочетание:

«Сравнение результатов расчёта в APM Studio и APM Structure 3D позволяет оценить _____ методов моделирования и точности расчётов».

Отчет по лабораторной работе 4 (ОЛР)

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Тема: Использование модуля APM Studio для проектирования поверхностных, твердотельных и сборочных моделей устройств с последующим анализом их прочности.

Выполнил: студент группы _____ Ф. И. О. _____

Проверил: _____ Дата: _____

Цель работы: Освоить методы моделирования и расчёта поверхностных, твердотельных и сборочных моделей в модуле APM Studio, провести сравнительный анализ результатов расчёта в APM Studio и APM Structure 3D.

Задание:

1. Создать поверхностную модель детали турбины, выполнить расчёт и анализ прочности.
2. Создать твердотельную модель детали, выполнить расчёт и анализ прочности.
3. Создать сборочную модель элемента ГТУ, выполнить расчёт и анализ прочности.
4. Сравнить результаты статического расчёта конструкции в APM Studio с расчётом в APM Structure 3D.

Ход работы:

1. Поверхностная модель детали турбины:

- Описание этапов моделирования.
- Параметры материала.
- Граничные условия и нагрузки.
- Характеристики КЭ-сетки.
- Результаты расчёта (карты напряжений, деформаций, коэффициент запаса прочности).
- Скриншоты интерфейса APM Studio с результатами.

2. Твердотельная модель детали:

- Аналогично п. 1, с учётом особенностей твердотельного моделирования.

3. Сборочная модель элемента ГТУ:

- Состав сборки (перечень деталей).
- Типы контактов между деталями.
- Материалы деталей.
- Граничные условия и нагрузки для сборки.
- Результаты расчёта (распределение напряжений и деформаций по сборке).
- Скриншоты интерфейса APM Studio с результатами.

4. Сравнение с расчётом в APM Structure 3D:

- Параметры расчёта в APM Structure 3D.
- Таблица сравнения результатов (максимальные напряжения, деформации, коэффициенты запаса прочности).
- Анализ расхождений.
- Выводы о применимости каждого модуля для данного типа задач.

Выводы:

- Краткое резюме по каждому этапу работы.
- Обобщённые выводы о возможностях APM Studio и APM Structure 3D.
- Рекомендации по выбору программного обеспечения для аналогичных задач.

Приложения:

- Файлы моделей (*.apm, *.step и т. д.).
- Скриншоты результатов расчёта.

Контрольные вопросы к лабораторной работе 4

«Использование модуля APM Studio для проектирования поверхностных, твердотельных и сборочных моделей устройств с последующим анализом их прочности»

1. Каковы основные функции модуля APM Studio?
2. Какие типы моделей можно создавать в APM Studio?
3. В чём отличие поверхностной модели от твердотельной?
4. Как задать материал детали в APM Studio?
5. Какие виды граничных условий можно наложить в APM Studio?
6. Что такое конечно-элементная сетка и для чего она нужна?
7. Какие параметры влияют на качество КЭ-сетки?
8. Какие виды расчётов доступны в APM Studio?
9. Что показывает карта напряжений?
10. Как интерпретировать коэффициент запаса прочности?
11. Какие типы контактов между деталями можно задать в сборке?
12. В чём разница между жёстким и скользящим контактом?
13. Как экспортировать модель из APM Studio в APM Structure 3D?
14. Каковы основные отличия APM Studio от APM Structure 3D?

15. Какие данные необходимы для проведения статического расчёта?
16. Как проверить корректность наложенных граничных условий?
17. Что может привести к расхождению в результатах расчёта между APM Studio и APM Structure 3D?
18. Как оценить достоверность результатов конечно-элементного анализа?
19. Какие факторы могут повлиять на точность расчёта напряжений в сборке?
20. В каких случаях предпочтительнее использовать APM Structure 3D вместо APM Studio?

Для промежуточной аттестации:

Вопросы к зачету (5 семестр)

1. Что обозначают аббревиатуры CAD, CAM и CAE? Кратко раскройте суть каждой системы.
2. Назовите основные составляющие современных CAD/CAM/CAE-систем и кратко охарактеризуйте их функции.
3. Приведите классификацию CAD/CAM/CAE-систем по уровню сложности и функционалу.
4. Опишите ключевые этапы истории развития CAD/CAM/CAE-систем (основные периоды и достижения).
5. Какие структурные компоненты обычно входят в типовую CAD/CAM/CAE-систему?
6. Каковы основные перспективы развития CAD/CAM/CAE-систем в ближайшем будущем (3–5 лет)? Приведите 3–4 конкретных направления.
7. Какую роль занимает НЦ «АРМ» на рынке инженерного проектирования? Кратко охарактеризуйте его нишу и целевую аудиторию.
8. Перечислите основные модули комплекса АРМ и укажите назначение каждого.
9. В чём заключаются ключевые возможности APM WinMachine для проектирования механических передач и соединений?
10. Как APM WinMachine помогает создавать цифровые двойники? Приведите 2–3 примера применения.
11. На каких инженерных методиках основан APM WinMachine? Укажите как стандартные методики, так и продвинутые подходы.
12. Опишите, как APM WinMachine применяется в машиностроении и строительстве для оптимизации инженерных решений (приведите по одному примеру для каждой отрасли).
13. Какие типы соединений деталей машин рассматриваются в модуле APM Joint? Перечислите все категории из лекции.
14. В чём состоят особенности расчёта шпоночных и шлицевых соединений «вал-ступица» в APM Joint?
15. Как выполняется расчёт заклёпочных соединений в модуле? Сравните однорядные и многорядные варианты.
16. Какие варианты болтовых соединений можно рассчитать в APM Joint? Охарактеризуйте расчёт группы болтов с разными нагрузками.
17. Какие виды сварных соединений поддерживает модуль APM Joint? Приведите примеры стыковых и нахлесточных швов.
18. Какие исходные данные необходимы для корректного расчёта соединения вал-ступица в APM Joint (на примере одного типа соединения)?
19. В чём суть конечно-элементного анализа (КЭ-анализа), реализуемого в APM Structure 3D? Кратко опишите концепцию.
20. Что такое КЭ-сетка? Какие факторы влияют на выбор размера и плотности сетки?
21. Перечислите типы элементов, поддерживаемые APM Structure 3D, и укажите, для каких конструкций каждый тип подходит.
22. Опишите последовательность создания геометрической модели стержневой конструкции (на примере рамы под агрегаты ПГУ).
23. Какие нагрузки и граничные условия можно задать в APM Structure 3D при расчёте конструкции? Приведите по 2–3 примера каждого.

24. Что показывает линейный статический расчёт в APM Structure 3D? Перечислите ключевые выходные параметры (напряжения, деформации и т. д.).
25. Опишите пошаговый процесс построения стержневой модели рамы в APM Structure 3D.
26. Как в APM Structure 3D прикладываются весовые нагрузки от собственного веса конструкции и от веса оборудования (турбина, генератор)?
27. Что такое «опасное сечение» в контексте прочностного расчёта? Как его найти в APM Structure 3D?
28. По каким критериям выполняется проверка на соответствие допускаемым напряжениям? Приведите формулу или критерий оценки.
29. Какие визуальные и табличные результаты предоставляет APM Structure 3D после расчёта рамы ГТУ?
30. Как интерпретировать карту напряжений и деформаций, полученную в результате расчёта рамы опоры ГТУ?
31. Что такое модальный анализ? Какие параметры определяются в ходе модального расчёта (собственные частоты и формы колебаний)?
32. Чем гармонический вибрационный анализ отличается от случайного вибрационного анализа? Приведите пример задачи для каждого типа.
33. Для чего выполняется усталостный расчёт? Какие исходные данные нужны для определения долговечности при циклическом нагружении?
34. Опишите, как проводится анализ вибраций ротора турбины в APM Structure 3D (ключевые шаги и выходные данные).
35. Как учитываются демпфирующие свойства материала в динамических расчётах APM Structure 3D?
36. Какие меры можно предложить на основе результатов усталостного расчёта для повышения долговечности конструкции?
37. Какие типы моделей можно создавать в APM Studio? Кратко охарактеризуйте поверхностные, твердотельные и сборочные модели.
38. Опишите процесс моделирования и расчёта поверхностной модели детали турбины в APM Studio.
39. Чем отличается моделирование твердотельной модели от поверхностной в APM Studio? Приведите преимущества и недостатки каждого подхода.
40. Как выполняется моделирование и расчёт сборочной модели элемента ГТУ в APM Studio? Какие связи между деталями учитываются?
41. Сравните возможности расчёта прочности в APM Studio и APM Structure 3D. В каких случаях предпочтительнее использовать каждый модуль?
42. Проанализируйте, почему результаты статического расчёта одной и той же конструкции могут различаться в APM Studio и APM Structure 3D (укажите 2–3 ключевые причины).
43. Для каких задач предназначен модуль APM FGA? Перечислите 3–4 основных применения.
44. Опишите последовательность построения геометрической модели элемента в APM Studio с последующей передачей в APM FGA.
45. Какие типы расчётных сеток можно использовать в APM FGA? Как выбор сетки влияет на точность и время расчёта?
46. Чем отличаются стационарные и нестационарные течения в моделировании APM FGA? Приведите пример для каждого случая.
47. Какие поля (давления, скорости, температуры и т. д.) анализируются в результате расчёта течения газа в проточной части ГТУ? Как эти данные визуализируются?
48. Объясните концепцию комплексного анализа в APM: как выполняется совместный расчёт в APM Structure 3D и APM FGA? Приведите пример термпрочностного анализа с учётом температурных напряжений.

6 семестр

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест к лабораторной работе 5

«Расчёт течения воздуха в канале сложной геометрии»

1. Какой тип модели используется для описания турбулентного течения в данной лабораторной работе?
 - а) k- ω ;
 - б) k- ϵ ;
 - в) LES;
 - г) DNS.
2. Что задаётся на входе в канал в качестве граничного условия?
 - а) Давление;
 - б) Температура;
 - в) Скорость;
 - г) Плотность.
3. Что означает адаптация сетки в FlowVision?
 - а) Автоматическое изменение цвета сетки;
 - б) Увеличение количества ячеек в зонах с резкими изменениями параметров;
 - в) Удаление ячеек из сетки;
 - г) Изменение формы канала.
4. Какой параметр используется для контроля сходимости расчёта?
 - а) Остаточные невязки;
 - б) Размер ячейки;
 - в) Температура;
 - г) Вязкость.
5. Какое уравнение описывает сохранение массы в CFD?
 - а) Уравнение Навье-Стокса;
 - б) Уравнение энергии;
 - в) Уравнение неразрывности;
 - г) Уравнение состояния.
6. Что показывает поле скоростей в результатах расчёта?
 - а) Распределение температуры;
 - б) Направление и величину скорости в каждой точке;
 - в) Плотность среды;
 - г) Давление.
7. Какой параметр характеризует интенсивность турбулентности?
 - а) Кинетическая энергия турбулентности (k);
 - б) Давление;
 - в) Вязкость;
 - г) Температура.

8. Что такое отрыв потока?

- а) Увеличение скорости потока;
- б) Образование вихрей и обратных течений у стенки;
- в) Уменьшение давления;
- г) Увеличение температуры.

9. Какой инструмент в FlowVision используется для визуализации линий тока?

- а) График;
- б) Изоповерхность;
- в) Траектория;
- г) Векторное поле.

10. Что влияет на потери давления в канале?

- а) Только длина канала;
- б) Только скорость потока;
- в) Геометрия канала, скорость потока, шероховатость стенок;
- г) Температура окружающей среды.

11. Что такое остаточная невязка?

- а) Разница между расчётным и экспериментальным значением;
- б) Ошибка округления в компьютере;
- в) Мера небаланса уравнения на итерации;
- г) Погрешность измерения.

12. Какой тип сетки чаще всего используется в FlowVision?

- а) Структурированная;
- б) Неструктурированная;
- в) Гибридная;
- г) Регулярная.

13. Что необходимо сделать перед запуском расчёта?

- а) Построить сетку и задать граничные условия;
- б) Сохранить проект;
- в) Закрыть программу;
- г) Изменить цвет интерфейса.

14. Как определить зону с наибольшими потерями давления?

- а) По графику распределения давления;
- б) По полю скоростей;
- в) По остаточным невязкам;
- г) По температуре.

15. Что произойдёт, если размер ячеек сетки слишком велик?

- а) Расчёт будет более точным;
- б) Расчёт займёт больше времени;
- в) Точность расчёта снизится;
- г) Ничего не изменится.

16. Какой параметр задаётся на выходе канала в качестве граничного условия?

- а) Скорость;
- б) Температура;
- в) Давление;
- г) Плотность.

17. Уравнение _____ описывает сохранение массы в потоке жидкости или газа и имеет вид

$$\partial \rho / \partial t + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0.$$

18. Модель турбулентности k-ε рассчитывает два параметра: кинетическую энергию турбулентности (k) и _____ диссипации турбулентной энергии (ε).

19. Для повышения точности расчёта в зонах резкого изменения сечения канала необходимо выполнить _____ расчётной сетки — увеличить плотность ячеек в этих областях.

20. Визуализация _____ позволяет наглядно увидеть области отрыва потока и вихревые зоны в канале.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № 5

«Расчёт течения воздуха в канале сложной геометрии»

Выполнил: студент группы _____, Ф. И. О. _____

Проверил: преподаватель _____

Дата выполнения: _____

Цель работы: освоить основы работы в программном комплексе FlowVision на примере расчёта течения воздуха в канале сложной геометрии.

Задание: выполнить расчёт течения воздуха в заданном канале, проанализировать распределение давления и скорости, определить потери давления и зоны вихреобразования.

Исходные данные:

- Геометрия канала: [описание или ссылка на файл].
- Скорость на входе: $V_{\text{вх}} = \dots$ м/с.
- Давление на выходе: $P_{\text{вых}} = \dots$ Па.
- Модель турбулентности: k-ε.
- Свойства среды: воздух ($\rho = \dots$ кг/м³, $\mu = \dots$ Па·с).

Ход работы:

1. Импорт геометрии: [краткое описание действий].
2. Построение сетки: [параметры сетки, зоны адаптации].
3. Задание граничных условий: [таблица или описание].
4. Запуск расчёта: [параметры решателя, время расчёта].
5. Анализ результатов:
 - о График распределения давления вдоль канала (рис. 1).
 - о Поле скоростей (рис. 2).
 - о Зоны вихреобразования (рис. 3).
 - о Потери давления: $\Delta P = \dots$ Па.

Результаты:

- Максимальное значение скорости: $V_{\text{max}} = \dots$ м/с.
- Минимальное давление: $P_{\text{min}} = \dots$ Па.
- Зоны с обратными токами: [описание расположения].

Выводы:

[Краткий анализ результатов: соответствие ожидаемым значениям, обнаруженные особенности течения, возможные источники погрешностей, рекомендации по улучшению расчёта.]

Приложения:

- Скриншот импортированной геометрии.
- Скриншот расчётной сетки.
- Графики сходимости (остаточные невязки).
- Поля давления и скорости.
- График распределения давления вдоль оси.

Дата: _____

Подпись студента: _____

Контрольные вопросы к лабораторной работе 5

«Расчёт течения воздуха в канале сложной геометрии»

1. Что такое CFD? Расшифруйте аббревиатуру и дайте краткое определение.
2. Какие основные уравнения сохранения используются в CFD-расчётах?
3. В чём заключается физический смысл уравнения неразрывности?
4. Что описывает уравнение Навье-Стокса?
5. Какие типы расчётных сеток существуют в CFD? Приведите примеры.
6. Для чего нужна адаптация сетки? В каких зонах канала она наиболее важна?
7. Какие граничные условия были заданы на входе и выходе канала в данной работе?
8. Что означает модель турбулентности $k-\epsilon$? Какие параметры она рассчитывает?
9. Что такое остаточные невязки (residuals) в CFD-расчёте?
10. По каким критериям можно судить о сходимости расчёта?
11. Как визуализировать линии тока в FlowVision?
12. Как построить график распределения давления вдоль оси канала?
13. Что такое отрыв потока? Как его можно обнаружить по результатам расчёта?
14. Как рассчитать потери давления в канале на основе полученных данных?
15. Влияет ли размер ячеек сетки на точность расчёта? Обоснуйте ответ.
16. Какие факторы могут привести к расходимости расчёта в FlowVision?
17. Как проверить качество импортированной CAD-геометрии перед построением сетки?
18. Что такое коэффициент гидравлического сопротивления? Как он связан с потерями давления?
19. Какие меры можно предпринять для ускорения сходимости расчёта?
20. Какие практические задачи можно решать с помощью CFD-моделирования течения в каналах?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест к лабораторной работе 6

«Расчёт теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе»

1. Какой вид теплообмена преобладает в жидкости внутри трубы?

- а) Излучение
- б) Кондукция
- в) Конвекция
- г) Диффузия

2. Что необходимо задать для моделирования сопряжённого теплообмена?

- а) Только свойства жидкости
- б) Только свойства твёрдого тела
- в) Свойства жидкости и твёрдого тела, а также условия на границах
- г) Ничего, программа рассчитает автоматически

3. Какой параметр влияет на толщину теплового пограничного слоя?

- а) Цвет поверхности
- б) Скорость потока
- в) Атмосферное давление

г) Влажность воздуха

4. Как в FlowVision задаётся расход теплоносителя?

- а) Через давление на входе
- б) Через массовый или объёмный расход
- в) Через температуру
- г) Через вязкость

5. Какой материал обычно используется для труб в теплообменниках?

- а) Резина
- б) Дерево
- в) Сталь
- г) Стекло

6. Что показывает коэффициент теплопередачи?

- а) Скорость движения жидкости
- б) Интенсивность теплообмена между теплоносителями
- в) Давление в системе
- г) Вязкость теплоносителя

7. Какой тип сетки рекомендуется использовать для учёта теплового пограничного слоя?

- а) Равномерная
- б) Неструктурированная
- в) Сгущённая у стенок
- г) Случайная

8. Что такое тепловой поток?

- а) Количество теплоты, передаваемое в единицу времени
- б) Температура поверхности
- в) Скорость жидкости
- г) Давление в системе

9. Какой параметр не влияет на коэффициент теплопередачи?

- а) Толщина стенки трубы
- б) Теплопроводность материала
- в) Цвет поверхности
- г) Скорость потока

10. Какая модель используется для описания турбулентного теплообмена?

- а) Модель идеального газа
- б) Модель k-ε
- в) Модель Ньютона
- г) Модель Гука

11. Что означает сходимость расчёта?

- а) Завершение расчёта
- б) Достижение заданных критериев точности
- в) Остановка программы
- г) Ошибка в модели

12. Как визуализируется распределение температуры в FlowVision?

- а) Через график давления
- б) Через цветовой код на модели
- в) Через таблицу чисел
- г) Через звуковое оповещение

13. Какой параметр задаётся на входе в межтрубное пространство?

- а) Температура и расход воздуха
- б) Цвет трубы
- в) Длина теплообменника
- г) Материал стенки

14. Что такое критерий Рейнольдса?

- а) Показатель вязкости
- б) Показатель плотности
- в) Показатель режима течения (ламинарный/турбулентный)
- г) Показатель температуры

15. Какой метод используется для решения уравнений теплообмена в FlowVision?

- а) Метод конечных разностей
- б) Метод конечных элементов
- в) Метод контрольных объёмов
- г) Аналитический метод

16. Что нужно сделать перед запуском расчёта в FlowVision?

- а) Проверить геометрию и сетку
- б) Закрыть программу
- в) Изменить цвет интерфейса
- г) Сохранить документ Word

17. Теплообмен, происходящий за счёт движения макроскопических частей среды (жидкости или газа), называется _____.

18. В модели сопряжённого теплообмена учитывается передача тепла между _____ и _____ (укажите две среды).

19. Для повышения точности расчёта теплового пограничного слоя необходимо _____ сетку у стенок труб (указать действие с сеткой).

20. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность теплообмена между двумя теплоносителями через _____ (указать элемент конструкции).

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

по лабораторной работе №6

«Расчёт теплообмена в теплообменнике типа „труба в трубе“»

Выполнил(а): [Ф. И. О. студента]

Группа: [номер группы]

Дата выполнения: [число, месяц, год]

Преподаватель: [Ф. И. О.]

1. Цель работы

Кратко сформулировать цель лабораторной работы.

2. Теоретическая часть

- Краткое описание видов теплообмена.
- Основные уравнения, используемые в моделировании (уравнение теплопроводности, уравнение конвективного теплообмена).
- Определение коэффициента теплопередачи и его физический смысл.

3. Параметры модели

- Геометрические размеры теплообменника (диаметры труб, длина).
- Свойства материалов (вода, сталь).

- Граничные условия (температура, расход).

4. Методика расчёта

- Этапы создания геометрии и сетки в FlowVision.
- Настройки физических моделей и параметров расчёта.
- Критерии сходимости.

5. Результаты расчёта

- Таблицы с расчётными данными (температура, скорость, тепловой поток).
- Графики распределения температуры в жидкости и стенке трубы.
- Значение коэффициента теплопередачи.

6. Анализ результатов

- Сравнение с теоретическими оценками или справочными данными.
- Оценка погрешности расчёта.
- Выявление возможных источников ошибок.

7. Выводы

- Краткие итоги работы.
- Соответствие результатов ожидаемым значениям.
- Рекомендации по улучшению точности моделирования.

Приложения

- Скриншоты интерфейса FlowVision (геометрия, сетка, результаты).
- Дополнительные графики и таблицы.

Контрольные вопросы к Лабораторной работе 6

«Расчёт теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе»

1. Какие виды теплообмена существуют? Кратко охарактеризуйте каждый.
2. Что такое сопряжённый теплообмен? Приведите пример.
3. В чём отличие теплопроводности от конвекции?
4. Как задаётся тепловой пограничный слой в FlowVision?
5. Какие параметры влияют на толщину теплового пограничного слоя?
6. Как свойства воды (плотность, вязкость, теплопроводность) зависят от температуры?
7. Почему для стали можно считать теплопроводность постоянной в диапазоне рабочих температур?
8. Как задаются граничные условия для температуры и расхода в FlowVision?
9. Что такое массовый расход? Как он связан со скоростью потока и площадью сечения?
10. Какие модели турбулентности можно использовать в FlowVision для расчёта теплообмена?
11. Как проверить качество расчётной сетки перед стартом расчёта?
12. Что означает критерий сходимости в численном моделировании?
13. Как визуализировать распределение температуры в FlowVision?
14. Что такое коэффициент теплопередачи? От каких параметров он зависит?
15. Как рассчитать тепловой поток через стенку трубы?
16. В чём разница между прямоточной и противоточной схемами движения теплоносителей?
17. Как влияет скорость потока на интенсивность теплообмена?
18. Какие факторы могут привести к расхождениям между расчётными и экспериментальными данными?
19. Как оценить погрешность расчёта коэффициента теплопередачи?
20. Какие рекомендации можно дать для повышения точности моделирования теплообмена в FlowVision?

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и

экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест к лабораторной работе 7 **«Моделирование процесса горения в модельной камере сгорания»**

1. Какой состав топлива задаётся в данной лабораторной работе?
 - а) Пропан.
 - б) Метан.
 - в) Водород.
 - г) Бензин.

2. Какой окислитель используется в моделировании?
 - а) Чистый кислород.
 - б) Воздух.
 - в) Азот.
 - г) Углекислый газ.

3. Какая модель горения выбирается в работе?
 - а) Laminar Flamelet Model.
 - б) Flamelet Generated Manifolds.
 - в) Eddy Dissipation Model.
 - г) PDF Transport Model.

4. Что такое адаптивная сетка?
 - а) Сетка с постоянным размером ячеек.
 - б) Сетка, автоматически изменяющая размер ячеек в зависимости от решения.
 - в) Сетка, созданная вручную пользователем.
 - г) Сетка только для двумерных задач.

5. Какой тип расчёта запускается в работе?
 - а) Стационарный.
 - б) Нестационарный.
 - в) Линейный.
 - г) Спектральный.

6. Что показывает поле концентрации CO₂?
 - а) Распределение температуры.
 - б) Распределение скорости потока.
 - в) Распределение углекислого газа.
 - г) Распределение давления.

7. Что такое стехиометрическое соотношение?
 - а) Соотношение топлива и окислителя для максимального выделения тепла.
 - б) Соотношение топлива и окислителя для полного сгорания без избытка.
 - в) Соотношение продуктов сгорания.
 - г) Соотношение скоростей потоков.

8. Какой параметр обычно задаётся на выходе из камеры сгорания?
 - а) Скорость потока.
 - б) Статическое давление.
 - в) Концентрация топлива.
 - г) Температура стенки.

9. Что визуализируется для анализа структуры пламени?
 - а) Поле давления.

- б) Изоповерхности температуры.
- в) Векторы скорости.
- г) Линии тока.

10. Что влияет на образование NO_x?

- а) Только состав топлива.
- б) Только давление.
- в) Температура и избыток кислорода.
- г) Скорость потока на входе.

11. Что контролирует сходимость расчёта?

- а) Цвет визуализации.
- б) Невязки уравнений.
- в) Размер сетки.
- г) Граничные условия.

12. Что означает «квазистационарный режим»?

- а) Полное прекращение расчёта.
- б) Режим, когда параметры слабо меняются во времени.
- в) Режим с максимальной скоростью.
- г) Режим с нулевым давлением.

13. Какой компонент является основным в воздухе как окислителе?

- а) Кислород.
- б) Азот.
- в) Углекислый газ.
- г) Аргон.

14. Что задаётся в начальных условиях?

- а) Только геометрия.
- б) Параметры во всей расчётной области в начальный момент времени.
- в) Только граничные условия.
- г) Только шаг по времени.

15. Что такое «зона реакции»?

- а) Область с максимальной скоростью потока.
- б) Область, где происходит химическая реакция горения.
- в) Область с минимальным давлением.
- г) Область у стенок камеры.

16. Какой параметр напрямую влияет на точность расчёта температуры в зоне пламени?

- а) Цвет визуализации.
- б) Размер расчётной ячейки в зоне реакции.
- в) Общее время расчёта.
- г) Тип граничного условия на выходе.

17. Для полного сгорания 1 моля метана (CH₄) требуется _____ моля кислорода (O₂).

18. Модель горения Eddy Dissipation Model основана на предположении, что скорость химической реакции определяется скоростью _____ процессов в турбулентном потоке.

19. Адаптивная сетка позволяет увеличить плотность ячеек в зоне _____, что повышает точность моделирования процесса горения.

20. При увеличении коэффициента избытка воздуха температура пламени _____.

Отчет по лабораторной работе(ОЛР)

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № 7

«Моделирование процесса горения в модельной камере сгорания»

Выполнил: студент группы _____, Ф. И. О. _____

Проверил: Ф. И. О. преподавателя _____

Дата выполнения: _____

Цель работы: освоить основы моделирования процесса горения в программном комплексе FlowVision, изучить влияние параметров на структуру пламени и образование вредных выбросов.

1. Теоретическая часть

- Краткое описание процесса горения метана.
- Уравнение химической реакции полного сгорания метана.
- Расчёт стехиометрического соотношения.
- Краткий обзор модели горения Eddy Dissipation Model и её применимости.

2. Методика расчёта

- Описание созданной геометрии камеры сгорания (эскиз/рисунок).
- Параметры расчётной сетки (базовая сетка + адаптация).
- Состав топлива и окислителя.
- Начальные условия (таблица параметров).
- Граничные условия (таблица с указанием типа условия и значений).
- Параметры нестационарного расчёта (шаг по времени, общее время, критерии сходимости).

3. Результаты расчёта

- Скриншоты визуализации структуры пламени.
- Поля распределения температуры (с указанием максимальных и минимальных значений).
- Поля концентрации CO₂.
- Поля концентрации NO_x.
- Графики изменения ключевых параметров во времени (температура в контрольной точке, концентрация CO₂ на выходе и т.д.).

4. Анализ результатов

- Сравнение полученных распределений с теоретическими представлениями.
- Обсуждение влияния условий на образование NO_x.
- Оценка адекватности результатов (сравнение с известными данными/литературой).
- Выявление возможных источников погрешностей.

5. Выводы

- Основные результаты работы.
- Соответствие результатов ожиданиям.
- Практическая значимость проведённого моделирования.
- Предложения по улучшению модели/расчёта.

Приложения (при необходимости):

- Файлы проекта FlowVision (.fvp).
- Дополнительные графики/таблицы.

Контрольные вопросы к Лабораторной работе 7

«Моделирование процесса горения в модельной камере сгорания»

1. Что такое стехиометрическое соотношение? Приведите его для метано-воздушной смеси.
2. Какие основные продукты полного сгорания метана?
3. В чём заключается суть модели горения Eddy Dissipation Model?
4. Какие преимущества даёт использование адаптивной сетки в зоне пламени?
5. Какие граничные условия необходимо задать на входе в камеру сгорания?
6. Какие граничные условия обычно задаются на выходе из камеры сгорания?
7. Какие условия задаются на стенках камеры сгорания?

8. Чем отличается стационарный расчёт от нестационарного?
9. Почему для моделирования горения предпочтительнее использовать нестационарный расчёт?
10. Какие параметры контролируют сходимость расчёта в FlowVision?
11. Как визуализировать структуру пламени в FlowVision?
12. Какие факторы влияют на образование NOx при горении?
13. Как влияет коэффициент избытка воздуха на температуру пламени?
14. Что такое «зона реакции» в контексте моделирования горения?
15. Какие физические процессы учитываются в модели Eddy Dissipation?
16. Как проверить адекватность результатов моделирования?
17. Какие допущения делаются при использовании модели Eddy Dissipation?
18. Как влияет размер расчётной ячейки на точность моделирования пламени?
19. Какие меры можно предпринять для ускорения сходимости расчёта?
20. Каковы основные источники погрешностей при моделировании горения в FlowVision?

Для текущего контроля ТК4:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест к лабораторной работе 8

«Оптимизация формы диффузора для минимизации потерь давления»

1. Какой метод оптимизации используется в данной лабораторной работе?
 - а) Генетический алгоритм.
 - б) Метод Ньютона.
 - в) Метод покоординатного спуска.
 - г) Метод Монте-Карло.
2. Что является целевой функцией в задаче оптимизации диффузора?
 - а) Максимизация расхода.
 - б) Минимизация потерь давления.
 - в) Минимизация длины диффузора.
 - г) Максимизация угла раскрытия.
3. Какой параметр диффузора НЕ является варьируемым в данной работе?
 - а) Угол раскрытия.
 - б) Длина.
 - в) Входной диаметр.
 - г) Выходной диаметр.
4. Что такое Pareto-фронт?
 - а) График зависимости давления от скорости.
 - б) Множество оптимальных решений, где улучшение одного параметра ведёт к ухудшению другого.
 - в) Кривая сходимости оптимизационного процесса.
 - г) График распределения сетки по объёму.
5. Какой тип сетки рекомендуется использовать для параметризованной геометрии?
 - а) Фиксированная структурированная сетка.
 - б) Случайная неструктурированная сетка.

- в) Параметрическая сетка с автоматическим перестроением.
- г) Гибридная сетка без адаптации.

6. Какое ограничение НЕ учитывается при оптимизации диффузора?

- а) Максимальная длина.
- б) Допустимый угол раскрытия.
- в) Минимальный расход.
- г) Температура стенки.

7. Какой инструмент FlowVision используется для визуализации полей скорости?

- а) Препроцессор.
- б) Постпроцессор.
- в) Оптимизационный модуль.
- г) Геометрический редактор.

8. Что означает сходимость оптимизационного процесса?

- а) Увеличение числа итераций.
- б) Достижение заданного критерия остановки.
- в) Изменение параметров геометрии.
- г) Построение новой сетки.

9. Какой критерий НЕ используется для оценки качества сетки?

- а) Аспектное отношение.
- б) Скошенность.
- в) Размер ячеек.
- г) Давление на границе.

10. Что проверяется на этапе верификации?

- а) Скорость расчёта.
- б) Соответствие результатов контрольному расчёту.
- в) Количество итераций.
- г) Параметры геометрии.

11. Какой параметр влияет на потери давления в диффузоре сильнее всего?

- а) Длина.
- б) Угол раскрытия.
- в) Материал стенки.
- г) Температура жидкости.

12. Что такое параметризация геометрии?

- а) Построение 3D-модели.
- б) Задание параметров, которые можно варьировать.
- в) Создание сетки.
- г) Задание граничных условий.

13. Какой метод НЕ относится к методам оптимизации?

- а) Градиентный спуск.
- б) Генетический алгоритм.
- в) Метод конечных разностей.
- г) Покоординатный спуск.

14. Что отображается на графике Pareto-фронта?

- а) Зависимость давления от времени.
- б) Компромисс между потерями давления и габаритами.

- в) Распределение скорости по сечению.
- г) Изменение сетки в процессе расчёта.

15. Какой этап следует после проведения серии расчётов?

- а) Создание геометрии.
- б) Настройка сетки.
- в) Анализ Pareto-фронта.
- г) Задание граничных условий.

16. Что является признаком успешного завершения оптимизации?

- а) Максимальное число итераций.
- б) Достижение минимума целевой функции при соблюдении ограничений.
- в) Изменение параметров геометрии.
- г) Построение графика сходимости.

17. В задаче оптимизации формы диффузора целевая функция формулируется как _____
потерь полного давления.

18. Метод _____ спуска предполагает последовательное изменение каждого параметра до достижения локального оптимума.

19. Множество решений, где улучшение одного параметра приводит к ухудшению другого, называется _____ фронтом.

20. На этапе _____ результатов проводится контрольный расчёт для выбранного оптимального варианта геометрии диффузора, чтобы подтвердить корректность оптимизационного решения.

Отчет по лабораторной работе(ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа № 8

Тема: Оптимизация формы диффузора для минимизации потерь давления

Выполнил: [ФИО студента]

Группа: [Номер группы]

Дата выполнения: [Дата]

1. Цель работы

Кратко сформулировать цель (например: «Оптимизация геометрии диффузора методом покоординатного спуска для минимизации потерь полного давления при заданных габаритах»).

2. Теоретическая часть

- Краткое описание методов оптимизации, используемых в работе.
- Постановка задачи: целевая функция, ограничения, варьируемые параметры.
- Обоснование выбора метода покоординатного спуска.

3. Методика выполнения

- Этапы создания параметризованной геометрии.
- Параметры расчётной сетки и критерии её качества.
- Настройки оптимизационного сценария в FlowVision (диапазоны параметров, критерии остановки).

4. Результаты

- Таблица с результатами расчётов (параметры геометрии, потери давления, сходимость).
- График Pareto-фронта (потери давления vs. угол раскрытия/длина).
- Скриншоты полей давления и скорости для оптимального варианта.

5. Анализ результатов

- Сравнение оптимального варианта с исходным (выигрыш в потерях давления, изменение габаритов).

- Обсуждение влияния параметров геометрии на гидродинамику течения.
- Оценка достоверности результатов (сходимость, верификация).

6. Выводы

- Краткий итог оптимизации (оптимальные значения α , L и достигнутое снижение потерь).
- Практическая значимость результатов.
- Возможные направления дальнейшего улучшения геометрии.

Приложения

- Файлы проекта FlowVision (при необходимости).
 - Дополнительные графики и таблицы.
-

Контрольные вопросы к Лабораторной работе 8

«Оптимизация формы диффузора для минимизации потерь давления»

1. Что такое параметризованная геометрия и зачем она нужна в задачах оптимизации?
2. Какие параметры диффузора можно варьировать для минимизации потерь давления?
3. В чём заключается суть метода покоординатного спуска?
4. Как задаётся целевая функция в задаче оптимизации формы диффузора?
5. Какие ограничения обычно накладываются при оптимизации диффузоров?
6. Что такое Pareto-фронт и как он используется при выборе оптимального решения?
7. Какие критерии качества расчётной сетки важны при моделировании течения в диффузоре?
8. Как влияет угол раскрытия диффузора на потери давления?
9. Почему важно проводить верификацию результатов после оптимизации?
10. Какие физические модели (ламинарное/турбулентное течение) следует использовать при моделировании диффузора?
11. Как в FlowVision настраивается связь между геометрическими параметрами и расчётной сеткой?
12. Что такое сходимость оптимизационного процесса и как её контролировать?
13. Какие инструменты FlowVision используются для визуализации полей давления и скорости?
14. Как интерпретировать график потерь давления в зависимости от угла раскрытия?
15. В чём преимущество параметрической сетки перед фиксированной?
16. Какие факторы могут привести к расхождениям между расчётными и экспериментальными данными?
17. Как выбрать начальные приближения для параметров оптимизации?
18. Какие дополнительные критерии (помимо потерь давления) могут учитываться при оптимизации диффузора?
19. Как в FlowVision задаётся критерий остановки оптимизационного расчёта?
20. Приведите пример практического применения оптимизированных диффузоров в технике.

Для промежуточной аттестации:

Вопросы к зачету (6 семестр)

1. Что такое CFD и какова его роль в энергомашиностроении?
2. Перечислите основные уравнения математической модели в CFD и кратко охарактеризуйте каждое из них.
3. В чём заключается суть метода конечных объёмов?
4. Опишите общую структуру программного комплекса FlowVision.
5. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные этапы создания CFD-модели.
6. Приведите 2–3 примера применения FlowVision в проектировании газотурбинных и парогазовых установок.
7. Какие шаги включает подготовка CAD-геометрии к расчёту в FlowVision?

8. Назовите и сравните типы расчётных сеток, поддерживаемые FlowVision.
9. Чем отличаются глобальные и локальные параметры при построении расчётной сетки?
10. Что такое адаптация сетки, какие критерии используются для её запуска?
11. Как в FlowVision осуществляется контроль качества расчётной сетки и устранение ошибок?
12. Опишите ключевые шаги построения сетки для проточной части осевого компрессора (на практическом примере).
13. Назовите основные физические свойства однофазных сред, учитываемые в CFD-расчётах (на примере воздуха, водяного пара, продуктов сгорания).
14. Сравните модели турбулентности k - ϵ , k - ω , SST и LES: в каких случаях предпочтительно использовать каждую из них?
15. Перечислите типы граничных условий в FlowVision (inlet, outlet, wall и т.д.) и поясните их назначение.
16. В чём состоит особенность моделирования вращающихся областей с использованием Rotating Frame of Reference?
17. Какие основные поля и визуализации используются для анализа результатов расчёта течения однофазной среды?
18. Охарактеризуйте особенности расчёта течения воздуха в канале с внезапным расширением (на примере из лекции).
19. Перечислите виды теплообмена и дайте краткую характеристику каждому.
20. Как в FlowVision моделируется конвективный теплообмен?
21. Какие типы граничных условий для теплообмена можно задать в FlowVision (фиксированная температура, тепловой поток и т.д.)?
22. Что такое сопряжённый теплообмен (Conjugate Heat Transfer) и зачем он нужен?
23. Опишите особенности моделирования теплопроводности в твёрдых телах в рамках CFD-расчёта.
24. Поясните на примере расчёта теплообмена в охлаждаемой лопатке газовой турбины, какие температурные поля и параметры анализируются.
25. Раскройте понятия стехиометрии и пределов воспламенения в контексте теории горения.
26. Как влияет скорость химической реакции на моделирование горения?
27. Сравните модель вихревого распада (Eddy Dissipation Model) и модель горения с конечными скоростями (Finite Rate Chemistry).
28. Как в FlowVision задаётся состав топлива и окислителя для расчёта горения?
29. Каким образом учитывается образование вредных выбросов (NO_x , CO) при моделировании горения?
30. Опишите особенности моделирования многостадийных химических реакций на примере горения метана в камере сгорания ГТУ.
31. Перечислите основные типы двухфазных течений и приведите примеры их проявления в энергомашиностроении.
32. В чём суть эйлерово-эйлерова описания двухфазных потоков?
33. Как модель Лагранжа применяется для описания дисперсных частиц в потоке?
34. Назовите ключевые модели межфазного взаимодействия (сила сопротивления, теплообмен, массообмен) и поясните их роль.
35. Приведите 2–3 примера применения моделей двухфазных течений в энергомашиностроении (охлаждение лопаток, впрыск воды/пара и т.д.).
36. Охарактеризуйте расчёт движения капель воды в потоке горячего газа: какие параметры и эффекты учитываются?
37. Из каких компонентов состоит постановка задачи оптимизации (целевая функция, ограничения, варьируемые параметры)?
38. Сравните метод покоординатного спуска и генетические алгоритмы: в каких случаях каждый из них предпочтительнее?
39. Опишите процесс создания параметрической модели в FlowVision.
40. Как задаются варьируемые параметры и запускается оптимизационный расчёт в FlowVision?
41. Что такое Pareto-фронт и как он используется при анализе результатов оптимизации?
42. Приведите пример оптимизации аэродинамических характеристик соплового аппарата турбины: какие параметры варьировались и какие результаты были достигнуты?
43. В чём разница между верификацией и валидацией CFD-расчётов?
44. Перечислите основные источники ошибок в CFD-расчётах и кратко охарактеризуйте каждый.

45. Какие методы верификации применяются (сравнение с аналитическими решениями, сеточная сходимость и т. д.)?
46. Опишите методы валидации CFD-результатов (сравнение с экспериментальными данными, бенчмаркинг).
47. Как оценивается неопределённость результатов CFD-расчёта?
48. Какие ключевые разделы должны быть включены в отчёт по CFD-исследованию?

7 семестр

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест

1. Назовите наиболее часто применяемый метод расчетов в САЕ-системах:
 - метод конечных элементов (МКЭ);
 - метод конечных разностей (МКР);
 - метод конечных объемов (МКО);
 - метод граничных элементов (МГЭ);
 - спектральный метод (СПМ);
 - метод свободных сеток (МСС).
2. Перечислите 3 стадии компьютерной реализации метода конечных элементов
3. Основное назначение САЕ-систем:
 - моделирование полей физических величин;
 - расчет состояний и переходных процессов на макроуровне;
 - имитационное моделирование сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри
4. Что является основой САЕ-систем: математическое моделирование процессов и инженерный анализ (S&A) промышленных систем и объектов
5. Установите соответствие в классификации САПР по используемым дифуравнениям:

Моделирование в пространственно-временной области на основе дифуравнений в частных производных (ДУЧП)	ANSYS Multiphysics MSC Nastran NX Nastran Simulia Abaqus APM FEM
Моделирование во временной области на основе как систем ОДУ, разрешенных относительно производных, так и систем ДАУ, не разрешенных относительно производных	SPICE MSC Adams MSC Easy5 MATLAB-Simulink Maple-MapleSim MathCAD EULER Wolfram System Modeler PRADIS MBTU и ПА9

6. Назовите основные требования, которые предъявляются к математическим моделям технических объектов проектирования (3 ответа)

7. Установите соответствие:

Геометрические модели	Модели технических объектов в непрерывном пространстве – независимые переменные (x, y, z)	NX Компас3D
Распределенные модели	Модели технических объектов в непрерывном пространстве и непрерывном течении времени	ANSYS
Сосредоточенные модели	Модели технических объектов в дискретном пространстве и непрерывном времени (используется только одна независимая переменная – время t)	MATLAB
Системные модели	Модели технических объектов в дискретном пространстве и дискретном времени	GPSS Altium Designer

8. Назовите основные алгоритмические языки для специализированных прикладных расчетных программ (2 ответа)

9. Какие библиотеки математических программ используют инженеры-проектировщики (2 ответа)

10. Назовите основные группы САЕ-систем с указанием САПР (3 ответа).

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа №9

Тема: Составление функциональной схемы ГТУ

Выполнил: _____ (ФИО студента)

Группа: _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

(сформулируйте самостоятельно)

2. Теоретическая часть

(кратко опишите принцип работы ГТУ, основные узлы, что такое функциональная схема и чем она отличается от конструкционной)

3. Методика выполнения

(опишите этапы составления схемы: определение границ системы, выбор условных обозначений, последовательность построения)

4. Результаты

(приведите выполненную функциональную схему — вклеить рисунок или описать текстом; перечислите основные узлы и связи между ними)

5. Анализ результатов

(сравните вашу схему с типовой, укажите, какие элементы добавлены или отсутствуют, объясните почему)

6. Выводы

(кратко: достигнута ли цель, какие узлы выделены, какие потоки показаны, практическая значимость, возможные направления усложнения схемы)

Приложения

(файлы, дополнительные рисунки, список условных обозначений — при необходимости)

Контрольные вопросы к лабораторной работе 9

«Составление функциональной схемы ГТУ»

1. Что такое ГТУ? Расшифруйте аббревиатуру и объясните принцип преобразования энергии в установке.
2. Перечислите три основных элемента простейшей ГТУ.
3. Какую функцию выполняет компрессор на функциональной схеме? Куда подается воздух после его сжатия?
4. Для чего нужна камера сгорания (КС)? Какие два компонента (рабочие тела) в нее поступают и что из нее выходит?

5. Роль газовой турбины: за счет какой энергии вращается ротор турбины и что она приводит в движение?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест

1. Перечислите 3 метода решения нелинейных задач в САЕ-системах
2. От чего зависит значение припуска
3. Назовите 4 вида математических моделей для компьютерного моделирования
4. Дайте определение следующим терминам: Линейное программирование
5. Для чего предназначена методика сплайнового двухмерного моделирования виброударного упрочнения
6. Важным условием при моделировании виброударного упрочнения является _____
7. Наклеп поверхностного слоя характеризуется (2 ответа)
8. Какую динамику решают при виброударном упрочнении (4 ответа)
9. Установите последовательность компьютерного моделирования.
10. Установите последовательность использования численных методов моделирования в порядке их расположения на рисунке:

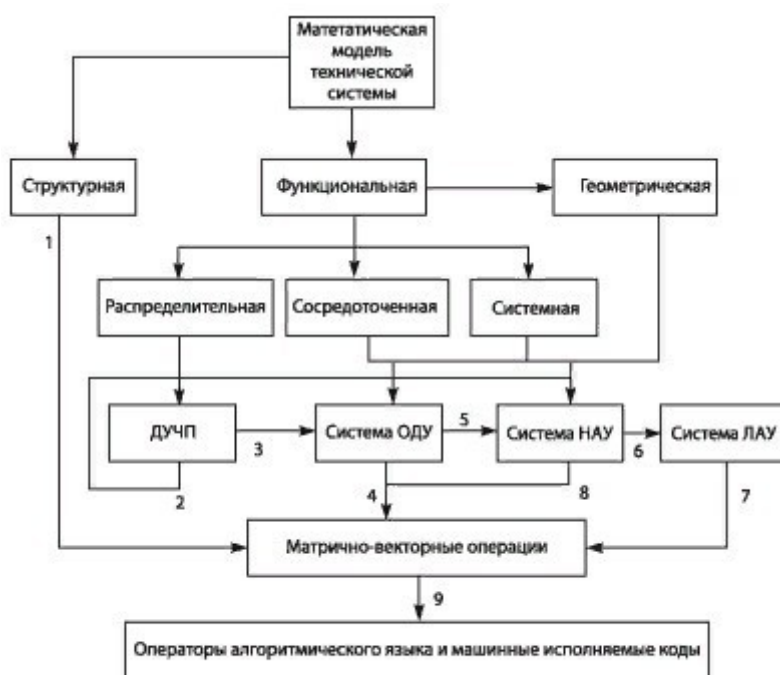


Рис. Схема преобразования основных классов моделей технических систем в рабочие программы численного моделирования

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа № 10

Тема: Создание математической модели

Выполнил: _____ (ФИО студента)

Группа: _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

(сформулируйте самостоятельно, например: «Разработка математической модели ГТУ простого цикла, описывающей связь между основными термодинамическими параметрами»)

2. Теоретическая часть

(кратко опишите: какие уравнения лежат в основе модели — уравнение состояния газа, уравнение энергии для компрессора и турбины, уравнение баланса мощностей. Укажите допущения, принятые при моделировании)

3. Методика выполнения

(опишите этапы: выбор переменных и параметров; запись системы уравнений; приведение модели к удобному для расчёта виду.)

4. Результаты

(приведите полученную математическую модель: систему уравнений, входные и выходные параметры, диапазоны изменения переменных. Запишите конечные формулы для расчёта полезной мощности, КПД, расхода топлива)

5. Анализ результатов

(проверьте модель на адекватность: что происходит при нулевом расходе топлива, при росте температуры газа перед турбиной, при увеличении степени сжатия. Укажите ограничения и границы применимости модели)

6. Выводы

(кратко: достигнута ли цель, какие уравнения вошли в модель, какие входные и выходные параметры выделены, в каком диапазоне модель работает корректно)

Приложения

(листинг кода, скриншоты расчётных формул, таблицы исходных данных — при необходимости)

Контрольные вопросы к лабораторной работе 10 «Создание математической модели»

1. Что такое математическая модель? Дайте определение и объясните, зачем она нужна для ГТУ (почему нельзя ограничиться только экспериментальным стендом?).
2. Перечислите основные этапы создания математической модели.
3. Какими основными особенностями характеризуется моделирование турбины ГТУ?
4. Опишите основные типы операций, используемых при моделировании элементов конструкции турбины ГТУ.
5. Какие основные документы ЕСКД используются при проектировании турбины ГТУ?

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5–

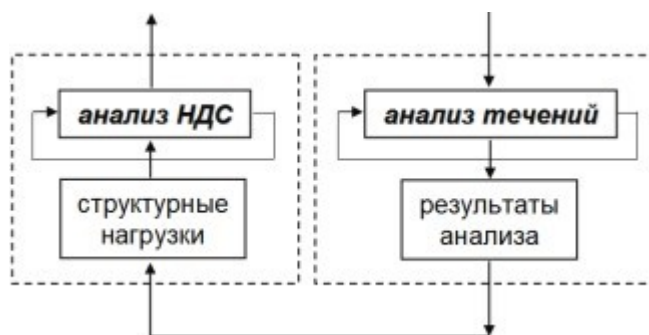
Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест

1. Перечислите основные источники ошибок численного моделирования (4 варианта):
2. Перечислите виды погрешностей (3 варианта):
3. Локальная матрица жесткости и вектор нагрузок — это математическая модель конечного элемента.
4. Ансамблирование — это _____
5. Перечислите типы конечных элементов — солиды первого порядка (4 варианта)
6. Установите соответствие:

Структурный анализ	NASTRAN
Динамический анализ	DYTRAN
Газодинамический анализ	FLOTRAN

7. Плотность, потеря вязкостные, упругость относятся к анализу _____
8. На рисунке изображена _____ связь между решателями



9. Основными допущениями для анализа течений являются (2 варианта)
10. Координаты x, y, z являются _____ переменными в анализе течений.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа № 11

Тема: Создание закона управления и программы управления ММ

Выполнил: _____ (ФИО студента)

Группа: _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

(сформулируйте самостоятельно, например: «Разработка закона управления газотурбинной установкой на основе созданной математической модели и составление программы её реализации»)

2. Теоретическая часть

(кратко опишите: какие параметры ГТУ необходимо регулировать (частота вращения, температура газа, расход топлива); типовые законы управления (П, ПИ, ПИД); понятие программы управления как алгоритмической реализации закона управления в расчётной среде)

3. Методика выполнения

(опишите этапы: выбор регулируемых и управляющих воздействий; определение структуры закона управления (например, регулирование частоты вращения изменением расхода топлива); запись алгоритма; реализация программы в выбранной среде)

4. Результаты

(приведите: математическое выражение закона управления (например, $G_t = G_{t0} + k \cdot (n_{\text{зад}} - n_{\text{тек}})$); блок-схему или словесное описание программы управления; скриншот или листинг программного кода)

5. Анализ результатов

(проверьте работоспособность закона управления: как система реагирует на ступенчатое изменение нагрузки, на уменьшение заданной частоты вращения. Укажите возможные проблемы: запаздывание, перерегулирование, устойчивость)

6. Выводы

(кратко: достигнута ли цель, какой закон управления выбран и почему, какие параметры регулируются, как программа управления интегрируется с математической моделью из работы №2)

Приложения

(листинг программы, графики переходных процессов, файлы проекта — при необходимости)

Контрольные вопросы к лабораторной работе 11 «Создание закона управления и программы управления ММ»

1. Что такое «закон управления»? Чем он отличается от «программы управления»?
2. Что такое варьируемые параметры?
3. Как правильно выбрать варьируемые параметры?
4. Что такое невязки?
5. Зачем нужны параметры, задающие режим (ПЗР)?

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа № 12

Тема: Формирование массива результатов

Выполнил: _____ (ФИО студента)

Группа: _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

(сформулируйте самостоятельно, например: «Формирование массива результатов моделирования ГТУ при различных режимах работы и их систематизация для последующего анализа»)

2. Теоретическая часть

(кратко опишите: какие режимы работы ГТУ существуют (холостой ход, номинальный, перегрузка, частичные нагрузки); какие выходные параметры фиксируются (мощность, КПД, расход топлива, температура газов); понятие массива результатов и способы его представления (таблицы, графики, зависимости))

3. Методика выполнения

(опишите этапы: запуск математической модели (из работы №2) с программой управления (из работы №3) для ряда режимных точек; задание диапазонов изменения входных параметров; фиксация выходных переменных; структурирование полученных данных в виде таблицы)

4. Результаты

(приведите: таблицу с результатами расчётов для разных режимов (например, 3–5 точек); описание зависимостей (например, как меняется КПД при снижении нагрузки); при наличии — графики или диаграммы)

5. Анализ результатов

(проанализируйте полученные зависимости: какие режимы оказались наиболее эффективными, где наблюдаются максимальные температуры или расходы, есть ли немонотонные или нефизичные участки. Сравните с ожидаемым поведением реальной ГТУ)

6. Выводы

(кратко: достигнута ли цель, сколько режимов рассчитано, какие параметры вошли в массив результатов, каковы основные выявленные закономерности)

Приложения

(полная таблица экспериментальных данных, файл с массивом результатов, дополнительные графики — при необходимости)

Контрольные вопросы к лабораторной работе 12 «Формирование массива результатов»

1. Что такое «массив результатов» в контексте математического моделирования?
2. Перечислите основные этапы формирования массива результатов
3. Какие данные вы фиксировали в массиве результатов?
4. Для чего создается массив результатов?
5. Какие наименования входят в массив результатов?

Для промежуточной аттестации:

Вопросы к зачету (7 семестр)

1. Основные принципы численных методов компьютерных расчетов
2. Расчет операционных припусков и предельных размеров по переходам
3. Последовательность компьютерного моделирования
4. Оптимизационное компьютерное моделирование
5. Оптимизационное моделирование технологических решений
6. Моделирование механической обработки
7. Характеристики системы T-FLEX.
8. Характеристики системы APM
9. Характеристики системы Компас 3D с настройкой KompasFlow
10. Структурный анализ в САЕ-системах
11. Динамический анализ в САЕ-системах
12. Газодинамический анализ в САЕ-системах
13. Базовые принципы конечно-элементного анализа
14. Постановка задачи в САЕ-системах
15. Основные шаги МКЭ: идеализация, дискретизация, решение системы дифференциальных уравнений
16. Основные этапы геометрического моделирования лопатки компрессора
17. Основные этапы геометрического моделирования лопатки турбины
18. Параметры прочности конструкции ГТУ
19. Параметры газодинамики конструкции ГТУ
20. Параметры разрушения конструкции ГТУ

8 семестр

Для текущего контроля ТК1:

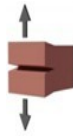
Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест

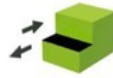
1. Правда ли, что в диалоговом окне APM FGA можно как создать новый материал, так и отредактировать существующий любой из ранее созданных материалов
2. Постановка задачи содержит набор различных постановок задач, определяющих, в том числе и количество степеней свободы (5 вариантов)

3. Карта результатов в виде векторного поля или линий тока в APM FGA может содержать следующие начальные точки (4 варианта):

4. На рисунке изображены следующие типы трещин, которые можно рассчитать в APM Structure 3D:



а)

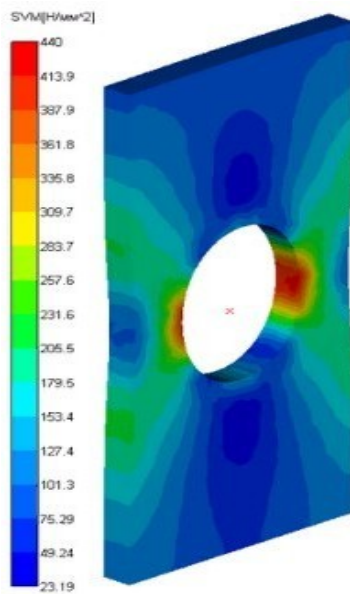


б)



в)

5. На рисунке изображена карта результатов расчета



6. В APM Structure 3D линейный статический расчет основан на _____, целью которого является определение неизвестных перемещений узлов конструкции.

7. Назначение Kompas Flow анализ _____

8. Ограничения решаемых задач Kompas Flow (3 варианта):

9. Kompas Flow является _____ КОМПАС-3D

10. Адаптация – это _____

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа № 13

Тема: Расчет дроссельной внешней характеристики

Выполнил: _____ (ФИО студента)

Группа: _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

(сформулируйте самостоятельно, например: «Расчет и построение дроссельной внешней характеристики ГТУ, показывающей зависимость мощности и КПД от частоты вращения при неизменной температуре газа перед турбиной»)

2. Теоретическая часть

(кратко опишите: что такое дроссельная характеристика, чем она отличается от регуляторной; как изменяются мощность, КПД и расход топлива при снижении частоты вращения; физические ограничения работы ГТУ на частичных режимах)

3. Методика выполнения

(опишите этапы: определение расчетных точек по частоте вращения (например, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% от номинала); расчет параметров для каждой точки с использованием математической модели; построение графиков зависимостей)

4. Результаты

(приведите: таблицу рассчитанных значений для 5–6 точек; график дроссельной характеристики $N(e)$ и $\eta(e)$; краткое описание полученных зависимостей)

5. Анализ результатов

(проанализируйте: как меняется мощность при снижении частоты вращения, на каком режиме КПД максимален, где находятся границы устойчивой работы. Сравните с теоретическими ожиданиями)

6. Выводы

(кратко: достигнута ли цель, в каком диапазоне частот проведен расчет, каков характер полученных характеристик, практическая значимость для выбора режимов эксплуатации ГТУ)

Приложения

(файл с расчетами, дополнительные графики, таблицы исходных данных — при необходимости)

Контрольные вопросы к лабораторной работе 13 «Расчет дроссельной внешней характеристики»

1. Что такое «дроссельная внешняя характеристика»? Дайте определение и объясните, для чего она рассчитывается.
2. Что такое «граница помпажа» и почему она является ограничением для эксплуатации?
3. Что такое варьируемые параметры?
4. Как правильно выбрать варьируемые параметры?
5. Что такое невязки?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест

1. Для отражения результатов в KompasFlow можно использовать (3 варианта):
2. Окно мониторинга может содержать данные _____
3. Окно мониторинга позволяет представить результаты в виде (2 варианта):
4. Можно ли вручную масштабировать график в KompasFlow
5. Можно ли в Fidesys использовать консольный интерфейс?
6. Расчетное ядро продукта APM WinMachine – _____
7. Мультифизический анализ APM Winmachine включает (3 варианта)
8. Инструменты конечно-элементного анализа позволяют подготовить расчетную модель конструкции с использованием конечных элементов (отметить все верные ответы):
 - стержневых (балочных);
 - пластинчатых;
 - твердотельных.
9. Нелинейный расчет APM StructFEM включает (3 варианта):
10. В основу анализатор течений в решателях APM FGA, NX Nastran положено уравнение _____.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа № 14

Тема: Расчет дроссельной внутренней характеристики

Выполнил: _____ (ФИО студента)

Группа: _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

(сформулируйте самостоятельно, например: «Расчет и построение дроссельной внутренней характеристики ГТУ, показывающей зависимость параметров рабочего тела (степень сжатия, температура, расход воздуха) от частоты вращения при дросселировании»)

2. Теоретическая часть

(кратко опишите: отличие внутренней характеристики от внешней; какие внутренние параметры ГТУ изменяются при дросселировании (степень повышения давления в компрессоре, расход воздуха, температура газов); связь между внутренними и внешними параметрами)

3. Методика выполнения

(опишите этапы: расчет параметров компрессора (степень сжатия, КПД, расход воздуха) для различных частот вращения; расчет параметров турбины; определение внутренних характеристик на основе математической модели)

4. Результаты

(приведите: таблицу рассчитанных внутренних параметров (π_k , G_v , T_2 , η_k , η_t) для 5–6 точек по частоте вращения; графики зависимостей внутренних параметров от частоты вращения)

5. Анализ результатов

(проанализируйте: как меняется степень сжатия компрессора при снижении частоты вращения; как изменяется расход воздуха; на каких режимах КПД компрессора и турбины максимальны; сравните с внешней характеристикой из работы №1)

6. Выводы

(кратко: достигнута ли цель, в каком диапазоне частот проведен расчет, какие внутренние параметры получены, как они связаны с внешней характеристикой, практическая значимость для анализа работы ГТУ на частичных режимах)

Приложения

(файл с расчетами, дополнительные графики, таблицы исходных данных — при необходимости)

Контрольные вопросы к лабораторной работе 14 «Расчет дроссельной внутренней характеристики»

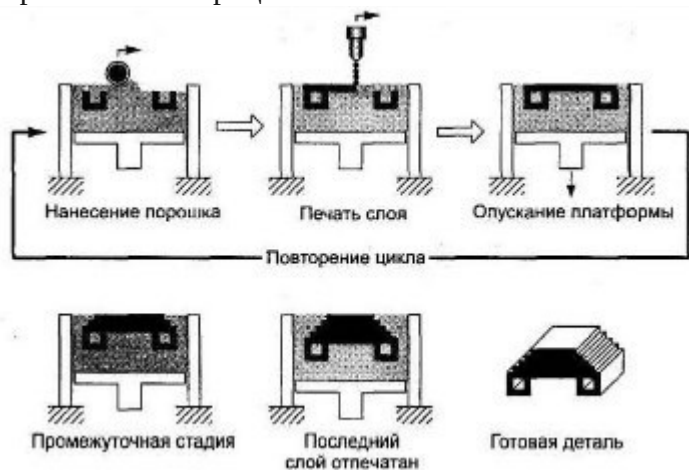
1. Какие величины используются в качестве переменной оси ординат и абсцисс?
2. Дайте определение алгебраической функциональной невязке.
3. Начем может вычисляться характеристика?
4. Какие переменные могут быть использованы при вычислении характеристик?
5. По какому переменному строится результат?

Для текущего контроля ТКЗ:

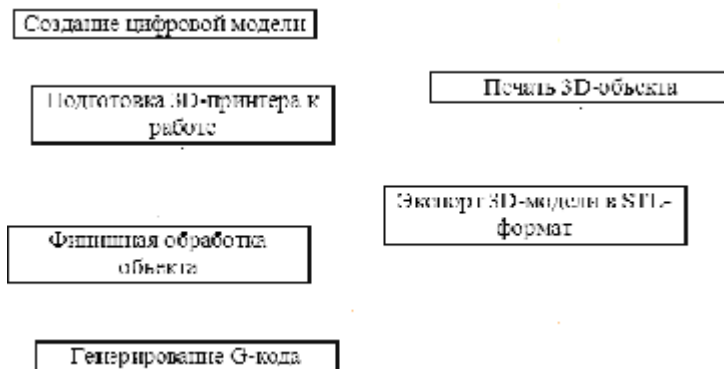
Проверяемая компетенция: ОПК-1.2 – Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-3.5 – Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Тест

1. Каждый слой отверждается путем экспонирования ультрафиолетовой лампой называется процессом _____
2. Нарисуйте и изобразите схему процесса:



- отвержения;
 - стереолитографии;
 - избирательного лазерного спекания;
 - трехмерной печати.
3. Установите последовательность этапов 3D-печати



Прочес моделирования используется в методе ____

4. Перечислите виды лития для изготовления прототипов (7 вариантов)
5. Установите соответствие методов обмена данными между различными системами САПР



а



б

6. Перечислите нейтральные форматы для обмена данными между CAD-системами
7. На тонкие горизонтальные пластины нарезают модель и преобразуют в цифровой G-код, понятный 3D-принтеру программы _____
8. В каком формате должна быть 3D-модель для печати на 3D-принтере (2 варианта)
9. Прибор для измерения шероховатости напечатанной модели называется _____

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

ОТЧЁТ

Лабораторная работа № 15

Тема: Расчет климатической характеристики

Выполнил: _____ (ФИО студента)

Группа: _____

Дата выполнения: _____

1. Цель работы

(сформулируйте самостоятельно, например: «Расчет и построение климатической характеристики ГТУ, показывающей зависимость мощности и КПД от температуры и давления наружного воздуха»)

2. Теоретическая часть

(кратко опишите: влияние температуры и давления окружающего воздуха на работу ГТУ; как изменяется расход воздуха, степень сжатия и мощность при изменении климатических условий; понятие климатической характеристики и её значение для эксплуатации)

3. Методика выполнения

(опишите этапы: задание диапазона температур наружного воздуха (например, от -30°C до +40°C) и давления (например, от 0,9 до 1,05 атм); расчет мощности и КПД для каждой точки с использованием математической модели; построение графиков зависимостей)

4. Результаты

(приведите: таблицу рассчитанных значений (N , η , G_v , G_m) для различных климатических условий; графики зависимостей мощности и КПД от температуры наружного воздуха; график влияния атмосферного давления)

5. Анализ результатов

(проанализируйте: на сколько процентов падает мощность при повышении температуры с 15°C до +40°C; как влияет низкое атмосферное давление (например, для высокогорных районов); какие климатические условия наиболее благоприятны для работы ГТУ)

6. Выводы

(кратко: достигнута ли цель, в каком диапазоне климатических параметров проведен расчет, полученные зависимости, практическая значимость для выбора режимов эксплуатации и определения оптимальных условий запуска)

Приложения

(файл с расчетами, дополнительные графики, таблицы исходных данных — при необходимости)

Контрольные вопросы к лабораторной работе 15 «Расчет климатической характеристики»

1. Что такое «климатическая характеристика» ГТУ? Дайте определение.
2. Для чего рассчитывают климатическую характеристику? Какие практические задачи она решает?
3. Какие климатические параметры влияют на работу ГТУ?
4. Какой параметр оказывает наибольшее влияние на мощность и КПД ГТУ?
5. Как изменяется мощность ГТУ при повышении температуры наружного воздуха? Почему?

Для промежуточной аттестации:

Вопросы к зачету (8 семестр)

1. Конечно-элементный расчет свойств конструкций ГТУ
2. Этапы создания геометрической модели для инженерного анализа
3. Упрощение геометрии модели для инженерного анализа
4. Выделение срединных поверхностей
5. Задание свойств материалов, креплений и нагрузок
6. Основные принципы построения конечно-элементной сетки с учетом сгущений при решении задач механики жидкости и газа
7. Постпроцессинг в CAE-системах
8. Визуализация количественный анализ результатов
9. Оптимизация решения задачи инженерного анализа
10. Достоинства и недостатки аддитивных технологий
11. Виды аддитивных технологий
12. Материалы аддитивных технологий
13. Программное обеспечение аддитивных технологий
14. Оборудование аддитивных технологий

15. Параметры оборудования аддитивных технологий
16. Процессы быстрого прототипирования
17. Области применения быстрого прототипирования
18. Стандарты обмена данными между CAD/CAM/CAE-системами
19. Перспективные материалы для аддитивных технологий
20. Этапы 3D-печати.