

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.09.2023 17:53:00
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения


/Е. В. Сафонов /
« 13 » _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Компьютерные технологии и моделирование
в машиностроении**

Направления подготовки:
15.04.01 «Машиностроение»

Профиль подготовки
Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением

Квалификация выпускника
магистр
(прием 2022)

Форма обучения
Очная

Москва, 2022

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению и профилю подготовки 15.04.01 «Машиностроение», «Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением».

Программу составил
к.т.н., доц.


/Черепяхин А.А./

Программа утверждена на заседании кафедры «Оборудование и технологии сварочного производства»
30 июня 2022 г., протокол № 13

Заведующий кафедрой «ОиТСП»,
доц., к.т.н.


/Сафонов Е.В./

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение»


_____ / Типалин С.А. /

« 31 » 08 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

« 13 » 09 2022 г., протокол № 14-22

Председатель комиссии  / Васильев А.Н. /

Присвоен регистрационный номер:	15.04.01.
---------------------------------	-----------

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» следует отнести:

- формирование базовых знаний студентов о понятиях и основных принципах компьютерного моделирования технологических процессов и технических устройств;
- повышение исходного уровня владения специальным программным обеспечением для численного моделирования, достигнутого на предыдущих уровнях обучения;
- формирование и дальнейшее развитие базовых знаний о методах компьютерного моделирования, применяемых для проектирования технологических процессов и технических объектов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» следует отнести:

- расширение кругозора в области технических наук;
- усвоение необходимого минимума теоретических знаний, на базе которых будущий магистр сможет самостоятельно овладевать специальными навыками решения задач компьютерного моделирования в профессиональной деятельности;
- формирование навыков и умений работы со специальным программным обеспечением для численного моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры. Связь дисциплины с другими модулями (дисциплинами) учебного плана

Дисциплина «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» является частью профессионального цикла дисциплин подготовки студентов по направлению «Машиностроение». Дисциплина реализуется на факультете машиностроения кафедрами «ОиТСП» (первый семестр) и «ОМДиАТ» (второй семестр).

Дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций выпускника, сформулированных в ФГОС.

Изучение курса основывается на знаниях, полученных при изучении базовых дисциплин и дисциплин профессионального цикла:

- Технический аудит в машиностроении;
- Методы, алгоритмы и средства исследования для решения изобретательских задач;
- Научные критерии выбора и методы исследования материалов.

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

Согласно ФГОС по направлению «Машиностроение» применительно к дисциплине «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» выпускник должен обладать профессиональными компетенциями:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и содержание индикатора достижения компетенции
ОПК-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при	ИОПК-5.1. Разрабатывает аналитические и численные методы для решения профессиональных задач

	создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ИОПК-5.2. Создает математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
ОПК-12	Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии	ИОПК-12.1. Разрабатывает и применяет алгоритмы и цифровые системы для проектирования деталей и узлов машин и оборудования ИОПК-12.2. Применяет системы автоматизированного проектирования для решения профессиональных задач

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов), в том числе в первом семестре – 2 зачетных единицы (72 часов).

Программой дисциплины предусмотрены:

- в первом семестре: лекционные занятия – 18 ч., лабораторные работы – 18 ч., самостоятельная работа студента - 36 ч. Вид промежуточной аттестации – зачет.

- во втором семестре: лабораторные работы – 60 ч., самостоятельная работа студента - 84 ч. Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Содержание разделов дисциплины

Структура и содержание дисциплины представлены в Приложении А к программе.

1 семестр:

Введение. Общие сведения о компьютерном моделировании.

Цели и задачи компьютерного моделирования. Основные преимущества компьютерного моделирования. Понятие компьютерной модели процесса, явления и объекта. Понятие виртуального эксперимента. Основные этапы компьютерного моделирования: постановка задачи, построение информационной модели, разработка метода и алгоритма реализации компьютерной модели, разработка компьютерной модели, проведение виртуального эксперимента, анализ результатов виртуального эксперимента, верификация результатов компьютерного моделирования.

Модуль 1. Общие сведения о компьютерном моделировании.

Тема 1.1 Назначение модели.

Тема. 1.2 Цели и задачи компьютерного моделирования

Тема. 1.3. Основы математического моделирования

Тема 1.4. Основные преимущества компьютерного моделирования.

Тема 1.5. Понятие компьютерной модели процесса, явления и объекта

1.5.1. Аналитические и имитационные компьютерные модели

1.5.2. Понятие виртуального эксперимента

1.5.3. Компьютерный эксперимент

1.5.4. Мысленный эксперимент

1.5.5. Вычислительный эксперимент

Модуль 2. Основные понятия математического моделирования.

Тема 2.1. Понятие математической модели

Тема 2.2. Классификация математических моделей

Тема 2.3. Основные методы математического моделирования

2.3.1. Аналитические методы

2.3.2. Численные методы математического моделирования

2.3.3. Эмпирические методы математического моделирования.

2.3.4. Имитационное моделирование

2.3.5. Взаимосвязь между математической и компьютерной моделями процессов, явлений и объектов

2.3.6. Графическое моделирование.

2.3.7. Управление на основе моделей.

2.3.8. Математический аппарат в компьютерных моделях разных иерархических уровней; требования к математическим моделям и численным методам

2.3.10. Классификация математических моделей, применяемых в компьютерном моделировании.

Тема 2.4. Физические измерения и обработка результатов

2.4.1. Погрешность измерения

2.4.2. Прямые измерения

2.4.3. Косвенные измерения

Модуль 3. Методы компьютерного моделирования

Тема 3.1. Метод конечных элементов

Тема 3.2. Метод конечных разностей

Тема 3.3. Метод конечных объемов

Тема 3.4. Метод дискретных элементов

Тема 3.5. Метод подвижных клеточных автоматов

Тема 3.6. Метод классической молекулярной динамики

Тема 3.7. Метод моделирования "из первых принципов"

Тема 3.8. Метод компонентных цепей

Тема 3.9. Метод узловых потенциалов

Тема 3.10. Методы многомасштабного моделирования

Тема 3.11. Статистическое моделирование систем

3.11.1. Методика статистического моделирования

3.11.2. Общая схема метода Монте-Карло

Модуль 4. Общие сведения о компьютерном моделировании в машиностроении

Тема 4.1. Основные задачи проектирования объектов в машиностроении, решаемые с применением компьютерного моделирования

Тема 4.2. Общие свойства моделей

Тема 4.3. Классификация моделей

4.3.1. По цели использования

4.3.2. По области применения

4.3.3. Учет фактора времени

4.3.4. По наличию воздействий на систему

4.3.5. По способу представления

4.3.6. По отрасли знаний

Тема 4.4. Виды моделирования

Тема 4.5. Имитационное моделирование

4.5.1. Моделирующий алгоритм

4.5.2. Имитационная модель

4.5.3. Случайные воздействия на модель

- 4.5.4. Пример имитационной модели «Стратегия обслуживания автоматической линии»
- 4.5.5. Виды имитационного моделирования.
- 4.5.6. Основные этапы имитационного моделирования
- 4.5.7. Формулировка проблемы и определение целей имитационного исследования
- 4.5.8. Разработка концептуальной модели объекта моделирования
- 4.5.9. Формализация имитационной модели
- 4.5.10. Программирование имитационной модели
- 4.5.11. Сбор и анализ исходных данных
- 4.5.12. Основные методы получения исходных данных
- 4.5.13. Идентификации входных данных
- 4.5.14. Испытание и исследование свойств имитационной модели

Модуль 5. Математический аппарат моделирования

Тема 5.1. Элементы матричного исчисления

- 5.1.1. Основные определения
- 5.1.2. Определитель матрицы
- 5.1.3. Основные операции над матрицами
- 5.1.4. Специальные виды матриц

Тема 5.2. Дифференциальные операторы

Тема 5.3. Производная (полная, частная, субстанциональная)

Модуль 6. Теоретические основы методов конечных элементов и конечных объёмов

Тема 6.1. Общий алгоритм метода конечных элементов

- 6.1.1. Физическая и математическая постановка задачи
- 6.1.2. Этапы решения МКЭ

Тема 6.2. Архитектура комплексов программ, основанных на методе конечных элементов

- 6.2.1. Общая структура.
- 6.2.2. Функции препроцессора.
- 6.2.3. Функции процессора.
- 6.2.4. Функции постпроцессора.
- 6.2.5. Структура программного обеспечения для МКЭ.
- 6.2.6. Взаимодействие между программами.
- 6.2.7. Многодисциплинарные программы.
- 6.2.8. Современный рынок программ на основе МКЭ.
- 6.2.9. КЭ анализ как составляющая процесса автоматизированного проектирования.

2 семестр.

Модуль 7. Разработка геометрической модели сборки машиностроительного объекта и прочностной анализ МКЭ.

Лабораторный практикум.

CAE анализ деталей и сборок

Топологическая оптимизация типовых машиностроительных деталей

Анализ чувствительности при статическом прочностном анализе

Организация самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа включает в себя подготовку, написание и защиту реферата на одну из тем по материалам курса, предложенных преподавателем.

При изучении курса учащийся должен самостоятельно проработать следующие темы:

Аналитические инструменты.

Виртуальное моделирование.

Графическое моделирование.

Закон Ньютона и вязкое трение.

Закон Фика и диффузия.

Закон Фурье и теплопроводность.

Имитационное моделирование.

Имитационное моделирование.

Кристаллизация.
Метод двухфазной зоны для расчета кристаллизации сплавов.
Методы интерполяции и аппроксимации.
Методы решения нелинейных уравнений.
Многофазные среды.
Моделирование "из первых принципов"
Разностные уравнения, их свойства и решение.
Сравнительный анализ аналитических и имитационных моделей
Управление на основе моделей.
Фазовые переходы.
Численные методы решения задач математической физики.
Эмпирические методы математического моделирования.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- чтение лекций сопровождается раздаточным материалом, показом слайдов с помощью компьютерной и проекторной техники и иллюстрируется наглядными пособиями;
- обсуждение и защита докладов по дисциплине;
- проведение лабораторных работ;
- проведение контрольных работ;
- использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет – тестирования.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация.

6.1.1. Формы проведения контроля.

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: лабораторные работы в системе ЛМС, промежуточное тестирование в системе ЛМС.

6.1.2. Содержание текущего контроля.

Лабораторные работы в системе ЛМС.

Выполнение лабораторных работ производится в системе ELCUT 4.1 «Студенческая версия», которая свободно распространяется российской фирмой TOP (<http://www.tor.ru>).

Отчеты от лабораторным работам выкладываются в систему ЛМС.

Промежуточное тестирование.

Студенты проходят промежуточные тесты в системе ЛМС по данной дисциплине.

Раздел дисциплины (модуль) зачитывается студенту как освоенная «зачтено», если количество правильных ответов 60% и более. Если правильных ответов меньше 60% ставится «незачтено» и назначается повторное тестирование.

6.2. Промежуточная аттестация. Организация и порядок проведения.

6.2.1. Форма проведения промежуточной аттестации зачет.

Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии.

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице:

Вид работы*	Форма отчетности и текущего контроля
Лабораторные работы в системе ЛМС.	Выполнение лабораторных работ производится в системе ELCUT 4.1 «Студенческая версия», которая свободно распространяется российской фирмой TOP (http://www.tor.ru). Отчеты по лабораторным работам выкладываются в систему ЛМС. https://lms.mospolytech.ru/course/view.php?id=3124
Промежуточное тестирование в системе ЛМС	Раздел дисциплины (модуль) зачитывается студенту как освоенная «зачтено», если количество правильных ответов 60% и более. Если правильных ответов меньше 60% ставится «незачтено» и назначается повторное тестирование. https://lms.mospolytech.ru/course/view.php?id=3124

*Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

6.2.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
------------	---

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях обычной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Не удовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

6.2.3. Организация и порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация – зачет может проводиться:

- по билетам в устной форме
- с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий – тесты

Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответа на вопросы по билетам (не более 30 мин.);
- время на выполнение задания. Тест проходиться в течении 30 минут, 20 вопросов;
- время на ответ по билету – не более 10 минут.

Содержание задания на зачет:

Количество вопросов в билете 2. Билеты хранятся на кафедре и в материалах РПД не размещаются. Но обязательно в помощь студентам для подготовки к аттестации в РПД размещается перечень вопросов, выносимых преподавателем на аттестацию по дисциплине, из которых формируются билеты.

Для проведения текущего контроля успеваемости по отдельным разделам (темам) дисциплины могут применяться тестовые задания или контрольные задания с ответами «верно – неверно» или соответствия на ввод численного значения.

Раздел дисциплины (тема) зачитывается студенту как освоенная «зачтено», если количество правильных ответов 60% и более. Если правильных ответов меньше 60% ставится «незачтено» и назначается повторное тестирование.

Итоговая аттестация Зачет может проходить в формате Теста.

Студент набравший от 60 и выше - **оценка - зачтено**

Студент набравший до 60 баллов - **оценка - не зачтено**

Промежуточная аттестация – экзамен может проводиться:

- по билетам в устной форме
- с применением средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий – тесты

Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответа на вопросы по билетам (не более 40 мин.);
- время на выполнение задания. Тест проходиться в течении 30 минут, 20 вопросов;
- время на ответ по билету – не более 10 минут.

Содержание экзаменационного задания:

Количество вопросов в билете 2. Экзаменационные билеты хранятся на кафедре и в материалах РПД не размещаются. Но обязательно в помощь студентам для подготовки к аттестации в РПД размещается перечень вопросов, выносимых преподавателем на аттестацию по дисциплине, из которых формируются экзаменационные билеты.

Для проведения текущего контроля успеваемости по отдельным разделам (темам) дисциплины могут применяться тестовые задания или контрольные задания с ответами «верно – неверно» или соответствия на ввод численного значения.

Раздел дисциплины (тема) зачитывается студенту как освоенная «зачтено», если количество правильных ответов 60% и более. Если правильных ответов меньше 60% ставится «незачтено» и назначается повторное тестирование.

Итоговая аттестация Экзамен может проходить в формате Теста.

Студент набравший от 81 балла и выше - **оценка - отлично.**

Студент набравший от 71 до 80 - **оценка - хорошо.**

Студент набравший от 60 до 70 - **оценка - удовлетворительно**

Студент набравший до 60 баллов - **оценка - неудовлетворительно**

6.3. Описание показателей и критериев оценивания степени освоения компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

В процессе освоения образовательной программы компетенции, их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса. Данная рабочая программа направлена на формирование следующих компетенций указанных ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов
ОПК-12	Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.3.2. Показатели и критерии оценивания степени освоения компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

Показатели оценивания степени освоения компетенций сформированных в результате обучения по дисциплине представлены в таблице:

ОПК-5 - Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов				
ИОПК-5.1. Разрабатывает аналитические и численные методы для решения профессиональных задач	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний.
ИОПК-5.2. Создает математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машино-	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени владеет или не владеет в недостаточной степени методами создания	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений и навыками владения методами: создавать математические модели	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений и навыками владения методами: создания математические модели	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений и навыками владения создавать математические модели машин,

строении	математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.	машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
----------	--	---	---	--

ОПК-12 - Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов

ИОПК-12.1. Разрабатывает и применяет алгоритмы и цифровые системы для проектирования деталей и узлов машин и оборудования	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний.
ИОПК-12.2. Применяет системы автоматизированного проектирования для решения профессиональных задач	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет работать с современными цифровыми системами автоматизированного проектирования	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений и навыками владения методами работы с цифровыми системами автоматизированного проектирования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений и навыками владения современными цифровыми системами автоматизированного проектирования. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточно-	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений и навыками владения современными цифровыми системами автоматизированного проектирования. Свободно оперирует приобретенными умениями, приме-

		и владений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	сти, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	няет их в ситуациях повышенной сложности.
--	--	---	---	---

Фонды оценочных средств представлены в приложении Г к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

- 1) Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник / В.П. Тарасик. — Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017. — 592 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=773106>.
- 2) Лузина Л.И. Компьютерное моделирование: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. – 105 с. — Режим доступа: <http://simulation.su/uploads/files/default/2001-uch-posob-luzina-1.pdf>
- 3) Овчаренко В.А. Расчет задач машиностроения методом конечных элементов. Учебное пособие. — Краматорск: ДГМА, 2004. — 128 с.

б) дополнительная литература:

- 1) Калпин Ю.Г. и др. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2010.
- 2) Голенков В.А. и др. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2009.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

- 1) Программное обеспечение Microsoft Office (Word, Excel, Power Point).
 - 2) Программное обеспечение для численного моделирование методом конечных элементов (временные ознакомительные лицензии): COMSOL Multiphysics (<https://www.comsol.ru>).
 - 3) Архив вебинаров по применению программного обеспечения COMSOL Multiphysics для решения прикладных задач: <https://www.comsol.ru/events/webinars>
 - 4) Программное обеспечение T-FLEX со специальным модулем для моделирования методом конечных элементов, бесплатная студенческая версия: <http://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/>
 - 5) Программное обеспечение Autodesk Inventor со специальным модулем для моделирования методом конечных элементов, бесплатная студенческая версия: <https://www.autodesk.ru/education/free-educational-software>
 - 6) РИНЦ: <http://elibrary.ru/>
 - 7) Scopus: www.scopus.com
 - 8) Академия Google Scholar: <https://scholar.google.ru>
 - 9) Электронные ресурсы РГБ: <http://www.rsl.ru/ru/root3489/all>
- Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <http://mospolytech.ru> в разделе:
- «Библиотека. Электронные ресурсы»
 - <http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog>
 - «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- 1) Лекционные аудитории, оснащенные компьютером, проектором для демонстрации слайдов, экраном (учебный корпус, расположенный по адресу: г. Москва, ул. Автозаводская, д.16; ауд. 2502, ауд. 2503, ауд. 2505);
- 2) Компьютерные классы для проведения лабораторных работ по дисциплине, работы с интернет-ресурсами (учебный корпус, расположенный по адресу: г. Москва, ул. Автозаводская, д.16; ауд. 2514, ауд. 2509).

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами знаний и приобретение навыков, получаемых в процессе изучения дисциплины «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении».

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету и экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- выполнение домашних заданий по решению типичных задач с применением специального программного обеспечения;
- составление и оформление докладов и рефератов по отдельным темам программы;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, олимпиадах.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» следует уделять на формирование базовых знаний студентов о понятиях и принципах проектирования технологических процессов и технических устройств; о видах обеспечения и функционировании автоматизированных систем проектирования; о математических моделях для описания процессов и технических объектов.

При изучении раздела «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» необходимо сформировать навыки изучения математического обеспечения анализа проектных решений.

При изучении раздела «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении» основное внимание необходимо уделять основным понятиям в области оценки соответствия, терминам и определениям.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций семинарских занятий и практических работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- специальное программное обеспечение;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение», профиль подготовки «Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением».

ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе:

- А. Структура и содержание дисциплины
- Б. Тематика лабораторных работ
- В. Фонд оценочных средств
- Г. Аннотация рабочей программы дисциплины

Тематика лабораторных работ по дисциплине

"Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении (первая часть)"

Направление подготовки 15.04.01 "Машиностроение"

Профили подготовки (образовательная программа): "Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением"; "Комплексная высокоэффективная технология в машиностроении"; «Цифровые технологии литейного производства»; "Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением", "Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением", "Аддитивное производство"

Магистр, форма обучения очная.

1 семестр - 18 часов

Место проведения: Компьютерный класс ауд. Ав2514, ауд. Ав4811).

Работа №1 "Решение задач теплопередачи методом конечных элементов" - 4 час. (ОПК-5)

Работа №2. "Решение задач теории упругости методом конечных элементов" - 4 час. (ОПК-5)

Работа №3. "Решение задач электростатики и растекания токов методом конечных элементов" - 4 час.

Работа №4. "Решение задач магнитостатики и магнитного поля методом конечных элементов" - 4 час. (ОПК-5)

Работа №5. "Решение связанных задач методом конечных элементов" - 2 час. (ОПК-5)

Выполнение лабораторных работ производится в системе ELCUT 6.4.1 «Студенческая версия», которая свободно распространяется российской фирмой TOR (<http://www.tor.ru>).

Минимальные требования

Требуемая конфигурация оборудования:

компьютер: 386, 486 или Pentium IBMPC;

сопроцессор: Intel 80387 или выше;

память: 640К минимум, 4МВ рекомендуется (1МВ extended), 416МВ для больших задач;

свободное дисковое пространство: 2.5МВ;

видео: VGA цветной или монохромный.

2 семестр - 32 часа

Место проведения: Компьютерный класс ауд. Ав2514, ауд. Ав2509).

Работа №1 "Геометрическое проектирование сварного узла". - 8 час. (ОПК-5)

Работа №2 "Численное моделирование процесса кристаллизации сварного шва" - 8 час. (ОПК-5)

Работа №4 "Численное моделирование напряженно-деформированное состояние (определение остаточных деформаций свариваемого изделия) при механизированной сварке" - 8 час. (ОПК-5)

Работа №5 "Сопряженная задача численного моделирования процесса кристаллизации сварного шва: температура + напряженно-деформированное состояние (определение остаточных деформаций свариваемого изделия)" - 8 час. (ОПК-5)

Работа №6 "Численное моделирование перемещения источника тепла в процессе электродуговой сварки (тепловая задача: нагрев)" - 8 час. (ОПК-5)

Работа №7 "Численное моделирование перемещения источника тепла в процессе плазменной сварки" - 4 час. (ОПК-5)

Работа №8 "Сопряженная задача численного моделирования перемещения источника тепла в процессе лазерной сварки" - 4 час. (ОПК-12)

Работа №9 "Сопряженная задача численного моделирования перемещения источника тепла в процессе плазменной сварки" - 4 час. (ОПК-12)

Работы второго семестра (ОПК-12)

1. Разработка твердотельной геометрической модели машиностроительной детали и определение её массово-инерционных характеристик.
2. Разработка геометрической модели машиностроительной детали из листового материала, определение её массово-инерционных характеристик и выполнение развертки.
3. Определение нагрузочной способности машиностроительной детали на основе CAE анализа. Топологическая оптимизация машиностроительной детали при заданных условиях нагружения и закрепления. Разработка геометрической модели машиностроительной детали на основе результатов топологической оптимизации. Создание чертежа детали по геометрической модели.
4. Разработка твердотельной геометрической модели технологической оснастки, разработка схемы сборки/разборки.
5. Анализ чувствительности при статическом прочностном анализе типовой машиностроительной детали

Выполнение лабораторных работ производится в системе ELCUT 6.4.1 «Студенческая версия», которая свободно распространяется российской фирмой TOP (<http://www.tor.ru>).

Минимальные требования

Требуемая конфигурация оборудования:

компьютер: 386, 486 или Pentium IBMPC;

сопроцессор: Intel80387 или выше;

память: 640К минимум, 4МВрекомендуется (1МВextended), 416МВдля больших задач;

свободное дисковое пространство: 2.5МВ;

видео: VGA цветной или монохромный.

перемещения источника тепла в процессе плазменной сварки

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Направление подготовки

15.04.01 "Машиностроение"

Профиль подготовки (образовательная программа):

"Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением"

магистр,

форма обучения очная

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по учебной дисциплине

"КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ в МАШИНОСТРОЕНИИ"

Состав:

1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Реферат

Вопросы к зачету

Составитель: доц., к.т.н. Черепяхин А.А.

Москва, 2022 год

Паспорт ФОС по дисциплине "КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ в МАШИНОСТРОЕНИИ (ПЕРВАЯ ЧАСТЬ)"

Код компетенции	Элементы компетенции (части компетенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рубрикам по рубрикам	Периодичность контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля
ОПК-5	ИОПК-5.1. Разрабатывает аналитические и численные методы для решения профессиональных задач	Модуль 1,2,3	ТЕК; ПА	3, Э	У	В, Эб
	ИОПК-5.2. Создает математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении	Модуль 4,5,6,7	ТЕК; ПА	3, Э	У	В, Эб
	ИОПК-12.1. Разрабатывает и применяет алгоритмы и цифровые системы для проектирования деталей и узлов машин и оборудования	Модуль 1,2,3,7	ТЕК; ПА	3, Э	У	В, Эб
ОПК-12	ИОПК-12.2. Применяет системы автоматизированного проектирования для решения профессиональных задач	Модуль 4,5,6,7	ТЕК; ПА	3, Э	У	В, Эб

Сокращения: ТЕК - текущий контроль; ПА - промежуточная аттестация; Э - экзамен; Тк - тестовый контроль; У - устно; П - письменно; Т - тест; Эб - экзаменационный билет; В - вопрос; З - зачет.

Описание оценочных средств

Реферат

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Примерные темы рефератов - по тематике модулей.

Шкала оценивания: полнота раскрытия выбранной темы; процент заимствования не более 50%.

Процедура применения: выбор темы и согласование ее с лектором; обсуждение реферата на практическом занятии, участие в конференциях.

Тесты

Промежуточные тестовые задания приведены в Приложении В.

Шкала оценивания: зачтено - не более 30% ошибок; не зачтено - более 30% ошибок.

Процедура применения: после изучения нечетного модуля студенту выдаются для ответов тесты.

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях обычной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Не удовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Промежуточный тестовый контроль (ОПК-5)

В процессе обучения для контроля текущего усвоения дисциплины предусмотрены промежуточные тестовые опросы, позволяющие оценить степень освоения компетенции по основным её разделам.

Результаты текущего контроля учитываются при проведении зачета

Примеры промежуточных тестовых заданий

<p>Какие элементы входят в общую схему любого активного действия? Выбрать правильные ответы</p> <p>Получение или сбор информации. +20%</p> <p>Выбор варианта действия. +20%</p> <p>Осуществление действия. +20%</p> <p>Коррекция действий. +20%</p> <p>Контроль результатов. +20%</p> <p>Формирование результатов. -50%</p> <p>Коррекция результатов -50%</p>
<p>Компьютерная модель это _____.</p> <p>=Условный образ исследуемого объекта.</p> <p>Физический образ исследуемого объекта.</p> <p>Статистический образ исследуемого объекта.</p> <p>Собирательный образ исследуемого объекта.</p>
<p>Компьютерные модели, описанные с помощью _____ называют математическими? Выбрать правильные ответы.</p> <p>уравнений, +33%; логических соотношений, +33%</p> <p>таблиц, +33%; диаграмм, -33%; графиков, -33%</p>

анимационных фрагментов, -33%

Значение непрерывной функции φ в произвольной точке (e) -го конечного элемента аппроксимируется полиномом _____

$$\varphi^{(e)} = A^{(e)T} \times R + A_0$$

$$\varphi^{(e)} = A \times R + A_0$$

$$\varphi^{(e)} = A^{(e)T} + A_0$$

$$\varphi^{(e)} = A^{(e)T} \times R - A_0$$

Какие задачи должен решать моделирующий алгоритм имитационного моделирования?
Выбрать правильные ответы.

моделирование элементарных элементов исследуемого объекта;

учет взаимодействия элементарных процессов и объединение их в единый процесс;

+25%

обеспечение согласованной работы отдельных алгоритмов при реализации модели на ЭВМ; +25%

имитирование случайных факторов, влияющих на течение процесса; +25%

Чему равен определитель матрицы первого порядка?

$$= \det A = a$$

$$\det A = a_{11} \times a_{22} - a_{12} \times a_{21}$$

$$\det A = a_{11} \times a_{22} + a_{12} \times a_{21}$$

Чему равна сумма матриц $[B] + [C]$?

$$= [A] = [B] + [C] \text{ если для всех } i \text{ и } j \ A_{ij} = B_{ij} + C_{ij}$$

$$[A] = [B] + [C] \text{ если для всех } i \ A_i = B_i + C_i;$$

$$[A] = [B] + [C] \text{ если для всех } j \ A_j = B_j + C_j$$

$$[A] = [B] + [C] \text{ если для всех } i \text{ и } j \ A_{ij} = B_{ij} - C_{ij}$$

Как изменятся компоненты двумерного вектора при повороте координатных осей на угол α ?

$$= \{x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha; y' = y \cos \alpha - x \sin \alpha\}$$

$$\{x' = y \cos \alpha - x \sin \alpha; y' = x \cos \alpha + y \sin \alpha\}$$

$$\{x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha; y' = y \cos \alpha + x \sin \alpha\}$$

$$\{x' = y \cos \alpha + x \sin \alpha; y' = x \cos \alpha + y \sin \alpha\}$$

Как определяется градиент поля F ?

$$= \nabla F = (\partial F / \partial x; \partial F / \partial y; \partial F / \partial z)$$

$$\nabla F = F \times (\partial F / \partial x; \partial F / \partial y; \partial F / \partial z)$$

$$\nabla F = F \times (\partial / \partial x; \partial / \partial y; \partial / \partial z)$$

Что такое оператор Лапласа?

$$= \text{Скалярное произведение } \nabla \times \nabla = \nabla^2$$

Скалярное произведение векторов ∇ и F .

Сумма векторов ∇ и F .

Поворот вектора ∇ вокруг вектора F .

Этапы решения МКЭ _____. Выбрать правильные ответы.

Выделение конечных элементов.

Определение функции элемента.

Объединение конечных элементов в ансамбль.

Определение вектора узловых значений функции. +25%

Предназначение препроцессора _____

= Ввод и подготовка всей информации, необходимой для решения задачи.

Решение системы линейных или нелинейных уравнений.

Извлечение значащей информации.

Представление численной информации в графической форме.

Что включает в себя описание физических характеристик? Выбрать правильные ответы.
 описание физических характеристик материалов;
 описание источников;
 описание граничных условий;
 описание начальных условий для нестационарных задач; +20%
 описание физических свойств объекта;
 описание физических или иных условий существования объекта.
 -50%

Варианты вопросов к зачету и экзамену

(ОПК-5)

1. Моделирование объекта (определение и классификация).
 2. Цели и задачи компьютерного моделирования.
 3. Математическая модель (определение и свойства).
 4. Компьютерная модель.
 5. Основные преимущества компьютерного моделирования.
 6. Вычислительный эксперимент.
 7. Классификация математических моделей.
 8. Аналитические методы математического моделирования.
 9. Численные методы математического моделирования.
 10. Эмпирические методы математического моделирования
 11. Имитационное моделирование
 12. Взаимосвязь между математической и компьютерной моделями процессов, явлений и объектов
 13. Графическое моделирование.
 14. Управление на основе моделей.
 15. Краткая характеристика математических моделей, применяемых в компьютерном моделировании.
 16. Общий алгоритм метода конечных элементов
 17. Методика статистического моделирования
 18. Общая схема метода Монте-Карло
 19. Основные задачи проектирования объектов в машиностроении, решаемые с применением компьютерного моделирования
 20. Общие свойства моделей
 21. Классификация моделей по цели использования
 22. Классификация моделей по области применения
 23. Классификация моделей по способу представления
 24. Виды моделирования
 25. Кибернетическое моделирование
 26. Моделирующий алгоритм имитационного моделирования
 27. Имитационная модель
 28. Основные этапы имитационного моделирования
 29. Формулировка проблемы и определение целей имитационного исследования
 30. Разработка концептуальной модели объекта моделирования
 31. Формализация имитационной модели
 32. Испытание и исследование свойств имитационной модели
 33. Основные определения теории матриц.
 34. Определитель матрицы
 35. Основные операции над матрицами
 36. Специальные виды матриц
 37. Дифференциальные операторы
- (ОПК -12)

38. Физическая и математическая постановка задачи МКЭ
39. Этапы решения МКЭ
40. МКЭ. Выделение конечных элементов.
41. МКЭ. Определение функции элемента.
42. МКЭ. Определение вектора узловых значений функции.
43. МКЭ. Архитектура комплексов программ, основанных на методе конечных элементов
44. МКЭ. Функции процессора.
45. МКЭ. Функции постпроцессора.
46. МКЭ. Структура программного обеспечения для МКЭ.
47. МКЭ. Взаимодействие между программами.
48. МКЭ. Многодисциплинарные программы.
49. КЭ анализ
50. Классификация систем САПР. Где и как используются.
51. Что такое PLM система, какие задачи они решают?
52. Что такое CAD системы, какие задачи они решают?
53. Особенности проектирования с использованием САПР?
54. Для чего необходимы CAE системы, какие задачи они решают?
55. Нейтральные форматы обмена 3D данными. Особенности работы с импортированной геометрией, особенности осуществления экспорта.
56. Использование САПР на производстве?
57. Этапы проведения прочностного расчета деталей МКЭ?
58. Этапы проведения прочностного расчета сборок МКЭ?
59. Как реализуется КЭ-подход при решении инженерных задач?
60. Последовательность решение задач о топологической оптимизации машиностроительных деталей.
61. Особенности задания закреплений (зависимостей) при прочностном анализе МКЭ.
62. Особенности задания нагрузок при прочностном анализе МКЭ.
63. Понятия дискретизации сплошной среды при прочностном анализе МКЭ машиностроительных деталей.
64. Основные инструменты создания геометрических моделей при твердотельном моделировании.
65. Отличия в инструментарии построения деталей из листового материала и объемных деталей.