

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.11.2023 11:58:25
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения



/Е.В. Сафонов /
_____ 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Теория и технология аддитивного производства изделий из
светоотверждаемых полимеров»**

Направление подготовки
27.03.05 Инноватика

Профиль
«Аддитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2020

Программа дисциплины «Теория и технология аддитивного производства изделий из светотверждаемых полимеров» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 27.03.05 «Инноватика» по профилю подготовки «Аддитивные технологии».

Программу составил:

Доцент, к.т.н.

/ М.А. Петров/

Программа дисциплины «Теория и технология аддитивного производства изделий из светотверждаемых полимеров» по направлению 27.03.05 «Инноватика» по профилю подготовки «Аддитивные технологии» утверждена на заседании кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

« 10 » июня 2020 г. протокол № 12

Заведующий кафедрой
доцент, к.т.н.



/П.А. Петров/

Программа дисциплины «Теория и технология аддитивного производства изделий из светотверждаемых полимеров» по направлению 27.03.05 «Инноватика» по профилю подготовки «Аддитивные технологии» согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки.



/П.А. Петров/

« 10 » июня 2020 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии



/ А.Н. Васильев /

« 04 » 07 2020 г.

Протокол: № 11-20

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины **«Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров»** является подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению подготовки.

Задачами дисциплины являются:

- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;
- изучение технологий создания сложных изделий из фотополимеров и оптимизации геометрической формы биологических объектов с применением технологий оптического сканирования, лучевой диагностики, компьютерного проектирования и инструментов САЕ, относящихся к инструментам аддитивного производства;
- формирование навыка работы с биологическими объектами (человек и животный мир), результатами медицинских радиологических обследований (лучевой диагностики) пациентов (компьютерная томография – КТ, магнитно-резонансная томография – МРТ), изучение специальной терминологии при рассмотрении и описании объекта вербально и письменно.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина **«Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров»** относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и входит в основную образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 27.03.05 «Инноватика», профиль «Аддитивные технологии» очной формы обучения.

Дисциплина **«Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров»** взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- Реология и механика полимерных материалов;
- Применение КЭ-программ для расчета прочности изделий;
- Введение в технологии прототипирования;
- Оборудование для аддитивного производства;
- Теория и технология аддитивного производства изделий из термопластиков;
- Теория и технология аддитивного производства изделий из порошковых материалов;
- Обратный инжиниринг и бионический дизайн в аддитивном производстве;
- Методы и инструменты ТРИЗ.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Коды компетенций	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2	способностью использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту	<p>Знать функциональность и возможности инструментальных средств проектирования и моделирования для решения специализированных инженерно-технических и технико-экономических задач, а также планирования и проведения работ по проекту.</p> <p>Уметь использовать выбранные коммерческие или свободные (open source) инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту.</p> <p>Владеть алгоритмом работы инструментальных средств (пакетами коммерческих или свободных (open source) прикладных программ) для решения инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту.</p>
ПК-11	способностью готовить презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов	<p>Знать методы, инструменты и профессиональную терминологию для подготовки отчетов и презентаций, правила оформления результатов исследований и статей в соответствии с предъявляемыми требованиями и/или по действующей нормативной документации.</p> <p>Уметь составлять презентации, обрабатывать результаты экспериментов (текст, таблицу, рисунок, график) и составлять научно-технические отчеты, лаконично, четко и структурировано на профессиональном языке представлять результаты исследования с целью их дальнейшей публикации в периодических изданиях (журнал, сборников статей и др.)</p>

		Владеть инструментарием (программным обеспечением коммерческим или свободным (open source)) для составления отчетов, презентаций и статей на компьютере.
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2 зачетные единицы (72 академических часа;** из них – 54 часа аудиторных занятий, в том числе: 18 часов лекций, 36 часов лабораторных работ; и 18 часов самостоятельной работы).

Дисциплина **«Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров»** изучается на четвертом курсе в седьмом семестре.

Седьмой семестр: Аудиторных занятий – 3 часа в неделю (54 часов), лекций – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 2 часа в неделю (36 часов), форма контроля - экзамен.

Содержание разделов дисциплины

Классификация методов получения трехмерных объектов из светоотверждаемых материалов (фотополимеров). Промышленные технологии изготовления прототипов из фотополимеров. Источники светового излучения и технологии засвечивания и шаблоны (маски). Свойства светоотверждаемых материалов. Технологические параметры процесса. Пост-обработка фотополимерных прототипов. Примеры производств по работе со светоотверждаемыми материалами.

Внутренние напряжения в прототипе. Коробление фотополимерных прототипов. Принципы предотвращения и исправления коробления в прототипе.

Основы биомеханики человека. Математические модели. Определение степеней свободы. Определение перемещений, скоростей и ускорений суставов. Определение центра масс системы. Определение инерционных характеристик. Определение напряженно-деформированного состояния в системе. Основы ортопедии и травматологии. Основы остеосинтеза. Основы имплантологии.

Топология. Деформация эластичных тел. Узлы и зацепления. Инварианты узлов. Гомеоморфизм. Векторные поля. Теоремы существования множества функции. Генеративное проектирование (дизайн). Схема проектирования. Граничные условия. Целевые значения. Генетический/эвристический алгоритм.

Примеры применения технологий изготовления фотополимерных прототипов в медицине. Лучевая диагностика. Получение информации в формате DICOM. ПО для построения 3D-моделей по результатам лучевой диагностики (3DSlicer) и сравнение с возможностями коммерческого ПО (Simpleware). ПО для создания ячеистых структур (Meshmixer). Программа

для топологической оптимизации solidThinking Inspire – Солид Финкинг Инспайя.

Встроенные в CAD-программы Т-Флекс и Инвентор модули конечно-элементного (CAE) экспресс-анализа и топологической оптимизации (генератор формы).

Оборудование для изготовления изделий биомедицинского назначения методами аддитивных технологий. Материалы для изготовления прототипов: биосовместимые, биоразлагаемые, биоинертные. Технологии изготовления материалов. Оборудование для пост-обработки и стерилизации.

Структура и содержание дисциплины **«Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров»** по срокам и видам работы отражены в **Приложении 1.**

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Методика преподавания дисциплины **«Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров»** и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- чтение лекций сопровождается показом мультимедийных лекций (презентации, видеофайлы) с помощью компьютерной и проекторной техники;
- проведение, обсуждение и защита лабораторных работ;
- проведение семинарских занятий с синхронным (вместе с преподавателем) или самостоятельным выполнением заданий в программах CAD/CAGD/CAE;
- организация группы в социальной сети ВКонтакте (закрытого типа) в сети Интернет для обеспечения помощи студентам (распределение заданий и дополнительного учебного материала, разъяснение и комментарии заданий, ответы на вопросы) в период самостоятельной работы вне аудиторных часов занятий и обеспечения непрерывного контакта преподавателя со студентами (например, оповещение об изменении в расписании).

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

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости: контрольные вопросы по каждому разделу программы и/или компьютерное тестирование, составление итогового отчета

по результатам лабораторных или семинарских занятий, посещаемость. Вводится балльно-рейтинговой системы оценки знаний учащихся.

В программе реализуется 5-балльная система оценки знаний. Вводится тестовая система усвоения материала по каждому разделу курса. В электронном виде по каждому разделу обучающийся должен найти правильный ответ на предлагаемые вопросы. В конце тестирования компьютер «выдает» результаты в виде: «правильно» – «неправильно». Учитывая результаты тестирования, студент сможет обратить внимание на разделы курса, которые плохо усвоены. В конце семестра проводится зачетная тестовая проверка знаний всего курса. Одновременно учитывается посещаемость лекций и семинаров. 100% посещаемость добавляет один балл на экзамене/зачете. Курсом предусмотрено написание рефератов по предлагаемым преподавателем темам. При написании и защите реферата добавляется один балл на экзамене. **Таким образом** в течение семестра учащемуся начисляются баллы, если он успешно выполнил критерий. В соответствии с набранными баллами формируется **рейтинг учащихся** (таблица 2). Общая оценка уровня успеваемости студента и усвоения полученных знаний будет складываться из следующих показателей:

1. Посещаемость;
2. Проверочные работы с контрольными вопросами;
3. Итоговая работа (реферат);
4. Отчет по лабораторным работам;
5. Ответы на зачете.

В программе настоящей дисциплины реализуется пяти (5) – балльная система оценки знаний. В течение каждого семестра учащемуся начисляются баллы, если он успешно выполнил несколько критериев. Максимальное количество баллов по одному критерию составляет 1. Каждый критерий (в соответствии с таблицей 1) отражает фактическую академическую успеваемость учащегося. Ежегодный набор критериев для получения 5 баллов может изменяться. Также, к существующим критериям в таблице 1 могут добавляться дополнительные критерии (расширяемый список критериев). Балл за посещаемость высчитывается на основании простой пропорциональной зависимости:

$$РБ = (РП * МБ)/100,$$

где РБ – реальный балл; РП – реальный процент посещаемости; МБ – максимальный балл по критерию.

В конце семестра производится подсчет набранных баллов. Если студент набирает максимально-возможное количество баллов за семестр, то он освобождается от ответа на дополнительные вопросы на экзамене.

Таблица 1. Расширяемый список критериев оценки знаний студентов

№	Критерий оценки	Макс. кол-во баллов
1	Посещаемость (100%)	1
2	Написаны две проверочные работы, причём по каждой из них ответы даны на:	
	- один вопрос	0,25
	- два вопроса	0,50
	- три вопроса	0,75
	- четыре вопроса	1
3	Сдан отчёт по курсу лабораторных работ	0,5
4	Сдан отчёт по курсу семинарских занятий	0,5
5	Сдана презентация по результатам работ	0,5
7	Участие в открытом семинаре/уроке по компьютерному моделированию, проектированию и/или оптимизации	0,5
8	Участие в 5 вебинарах по моделированию/проектированию аддитивных технологий, использующие светоотверждающие материалы, с составлением отчета (предварительно согласуется с преподавателем)	1
9	Студент вошел в соавторы статьи	1,5

Оценка «отлично» ставится учащимся, которые набрали 5 баллов. Оценка «хорошо» и «удовлетворительно» ставится учащимся, набравших 4 и 3 балла соответственно. Оценка «неудовлетворительно» ставится учащемуся, если он набрал два и менее балла (таблица 2).

Таблица 2. Оценочная шкала

Оценка	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой, таблица 2. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблице 1. Могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Обучающийся демонстрирует

	частичное соответствие знаний, таблица 1, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.
Удовлетворительно	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, таблица 1, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблице 1, допускаются значительные ошибки, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в **Приложении 2** к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б., Мир станкостроения. Технологии аддитивного производства, пер. с англ. И.В. Шишковского, Издательство «Техносфера», Москва, 2016, с. 656.

2. Бегун П.И., Биомеханическое моделирование объектов протезирования, Издательство «Политехника», Санкт-Петербург, 2011, с. 464.

3. Прасолов В.В., Наглядная топология, 4-ое издание, МЦНМО, 2015, с. 112.

4. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы, 2-ое издание, Москва, Физматлит, 2006, с. 320.

б) дополнительная литература

1. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н., Аддитивные технологии в машиностроении, уч. пособие, Издательство политехнического университета, Санкт-Петербург, 2013, с. 221.

2. Дубровский В.И., Федорова В.Н., Биомеханика, Издательство «Владос пресс», 2003, с. 672.

3. Стинрод Н., Чинн У., Первые понятия топологии, серия «Современная математика», Издательство «Мир», 1967, с. 225.

4. Гладков Л. А., Курейчик В. В, Курейчик В. М., Биоинспирированные методы в оптимизации, Москва, Физматлит, 2009, с. 384.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

– электронная библиотека Университета

<http://lib.mami.ru/>

– учебные видеофильмы по КШО

<http://www.rutube.ru> и <http://www.youtube.com/>

(ключевые слова: аддитивные технологии, фотополимер, светоотверждаемый полимер, масочная стереолитография, фотонный источник света, коробление прототипа, лучевая диагностика, DICOM, ячеистые структуры, бионическое проектирование)

– свободная энциклопедия

<https://ru.wikipedia.org>

– производителей ПО

<http://www.tflex.ru/>

<http://www.autodesk.ru/>

<http://www.msc.com/>

<http://www.solidthinking.com/>

<https://www.microsoft.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории 2509, мультимедийная аудитория, и/или 2514, «Межкафедральная лаборатория САПР ТП» (здание на Автозаводской, корпус 2): компьютерная и проекторная техника для проведения лекционных, лабораторных и семинарских занятий. Аудитория 1707, лаборатория «Аддитивные технологии» (здание на Автозаводской, корпус 1): оборудование для оптического сканирования, проведение лабораторных занятий. Аудитория 5001(1), лаборатория «Аддитивные технологии» (здание на Автозаводской, корпус 5): оборудование для аддитивных технологий, проведение лабораторных занятий.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачей самостоятельной работы студента являются:

- закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование навыков использования справочной и специальной литературы для написания реферата и подготовки к аттестации (зачет/экзамен)

Изучение дисциплины должно сопровождаться самостоятельной работой студентов для усвоения лекционного материала и материала, полученного на лабораторных и практических занятиях.

Планирование самостоятельной работы должно включать регулярную работу с материалами, полученными на лекциях и практических занятиях; работу с литературными источниками, рекомендованными преподавателем и работу с научно-технической информацией по изучаемому предмету.

Организация самостоятельной работы включает место, время и эргономику рабочего места. Это позволяет создать комфортные условия для творческой работы.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих: лекции, практические и лабораторные занятия, консультации, защита отчета, тестирование, аттестация (зачет/экзамен).

На первой лекции преподаватель должен ознакомить студентов с объемом изучаемого материала; с системой оценки полученных знаний; и с рейтинговой системой, которая формируется в соответствии с рабочей программой.

В процессе изучения разделов курса, преподаватель должен информировать студентов о литературе, которую целесообразно просмотреть для закрепления знаний по каждому из разделов. Чтение лекций должно сопровождаться показом слайдов и видео материалов.

Начиная со второй лекции, студенты выполняют контрольные работы по предыдущему материалу лекции. Одновременно, на второй лекции студенты получают тему курсовой работы и/или реферата.

Практические и лабораторные занятия направлены на изучение стандартов, технической документации, методов практического измерения физических величин технологического процесса и реализации оптимизации реального оборудования. Преподаватель дает задание оптимизировать один из параметров оборудования с учетом стандартов.

Основная цель практических работ заключается в развитии понимания возможности применения и взаимодействия методов решения задач естественно-научного, численного (виртуального или компьютерного) и практического уровней для получения оборудования с улучшенными показателями.

Аттестация (зачет) проводится в форме диалога. Учитывается рейтинг студента. Рассматриваются результаты контрольных работ и обсуждается выполненная курсовая работа (реферат). Исходя из рейтинга студента, предлагаются тесты в компьютерной форме. По результатам собеседования студент получает или не получает зачет.

ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе:

1. Структура и содержание дисциплины
2. Фонд оценочных средств

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 27.03.05 «ИННОВАТИКА»

ОП (профиль): «Аддитивные технологии»

Форма обучения: **очная**

Вид профессиональной деятельности: производственно-технологическая,
экспериментально-исследовательская, проектно-конструкторская

Кафедра: «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**«Теория и технология аддитивного производства изделий из
светоотверждаемых полимеров»**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы
темы рефератов

перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации
вариант экзаменационного билета
тематика лабораторных работ
шаблон отчета по лабораторным работам

Составитель:

к.т.н., доцент

М.А. Петров

Москва 2020

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Код компетенции	Элементы компетенции (части компетенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рабочей программе	Период контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля
1	2	3	4	5	6	7
ПК-2	<p>Знать функциональность и возможности инструментальных средств проектирования и моделирования для решения специализированных инженерно-технических и технико-экономических задач, а также планирования и проведения работ по проекту.</p> <p>Уметь использовать выбранные коммерческие или свободные (open source) инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и</p>	<p>Примеры применения технологий изготовления фотополимерных прототипов в медицине. Лучевая диагностика. Получение информации в формате DICOM. ПО для построения 3D-моделей по результатам лучевой диагностики (3DSlicer) и сравнение с возможностями коммерческого ПО (Simplifyware). ПО для создания ячеистых структур (Meshmixer). Программа для топологической оптимизации solidThinking Inspire – Солид Финкинг Инспай.</p> <p>Встроенные в САD-программы Т-Флекс и Инвентор модули конечно-элементного (CAE) экспресс-анализа и топологической оптимизации (генератор формы).</p>	<p>ТЕК, ПА</p>	<p>КВ 3</p>	<p>У П</p>	<p>Защита отчета по лаб. работе</p>

	<p>проведения работ по проекту. Владеть алгоритмом работы инструментальных средств (пакетами коммерческих или свободных (open source) прикладных программ) для решения инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту.</p>					
ПК-11	<p>Знать методы, инструменты и профессиональную терминологию для подготовки отчетов и презентаций, правила оформления результатов исследований и статей в соответствии с предъявляемыми требованиями и/или по действующей нормативной документации. Уметь составлять презентации, обрабатывать результаты экспериментов (текст, таблицу, рисунок,</p>	<p>Классификация методов получения трехмерных объектов из светоотверждаемых материалов (фотополимеров). Промышленные технологии изготовления прототипов из фотополимеров. Источники светового излучения и технологии засвечивания и шаблоны (маски). Свойства светоотверждаемых материалов. Технологические параметры процесса. Пост-обработка фотополимерных прототипов. Примеры производств по работе со светоотверждаемыми материалами. Внутренние напряжения в прототипе. Коробление фотополимерных прототипов.</p>	ТЕК, ПА	КВ 3	У П	Защита отчета по лаб. работе

	<p>график) и составлять научно-технические отчеты, лаконично, четко и структурировано на профессиональном языке представлять результаты исследования с целью их дальнейшей публикации в периодических изданиях (журнал, сборников статей и др.) Владеть инструментарием (программным обеспечением коммерческим или свободным (open source)) для составления отчетов, презентаций и статей на компьютере.</p>	<p>Принципы предотвращения и исправления коробления в прототипе. Основы биомеханики человека. Математические модели. Определение степеней свободы. Определение перемещений, скоростей и ускорений суставов. Определение центра масс системы. Определение инерционных характеристик. Определение напряженно-деформированного состояния в системе. Основы ортопедии и травматологии. Основы остеосинтеза. Основы имплантологии. Топология. Деформация эластичных тел. Узлы и зацепления. Инварианты узлов. Гомеоморфизм. Векторные поля. Теоремы существования множества функции. Генеративное проектирование (дизайн). Схема проектирования. Граничные условия. Целевые значения. Генетический/эвристический алгоритм.</p> <p>Оборудование для изготовления изделий биомедицинского назначения методами аддитивных технологий. Материалы для изготовления прототипов: биосовместимые, биоразлагаемые, биоинертные. Технологии изготовления материалов.</p>		
--	--	---	--	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине
«Теория и технология аддитивного производства изделий из
светоотверждаемых полимеров»**

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа	<p>Проверка усвоения лекционного материала предыдущих разделов дисциплины. Выполняется каждым студентом письменно в лекционной аудитории после завершения чтения лекционного материала за 20 минут до окончания занятия.</p> <p><u>Цель:</u> проверка усвоения студентами предыдущего материала и выяснение преподавателем вопросов, на которые студенты отвечают неправильно или затрудняются ответить.</p> <p>Какие действия преподавателя: разъяснение непонятных вопросов предыдущего материала на следующем занятии.</p>	<p>Комплект контрольных вопросов по каждому разделу дисциплины прилагается.</p> <p>Шкала оценки по п.6 рабочей программы</p>
2	Лабораторные работы	<p>Результаты проектирования и моделирования в программах Т-Флекс или Инвентор, Блендер, Мешмиксер, 3ДСлайсер, Симуфакт.Эддитив).</p> <p>Отчетность: составление отчета объемом не менее 20 страниц.</p>	<p>Темы лабораторных работ в приложении Б рабочей программы.</p> <p>Шкала оценки по п.6 рабочей программы</p>
3	Реферат	<p>Общий объем не более 15 страниц и не менее 6 страниц машинописного текста размером 12 кегль, через 1,5 интервал между строками на формате А4. Отражает сущность вопроса по одной из тем, выбранной учащимся, связанной с производственными аддитивными технологиями для нужд медицины и с моделированием/ проектированием биологического объекта по теме биомеханика человека.</p>	<p>Список тем рефератов прилагается (может обновляться ежегодно)</p> <p>Шкала оценки по п.6 рабочей программы</p>

Контрольные вопросы для самостоятельной работы

Раздел 1. Светоотверждаемые полимеры (фотополимеры)

- 1) Приведите классификацию методов получения трехмерных объектов из светоотверждаемых материалов (фотополимеров).
- 2) Назовите промышленные технологии изготовления прототипов из фотополимеров.
- 3) Что такое внутренние напряжения в прототипе? Как оцениваются внутренние напряжения в полимерных прототипах?
- 4) Что такое коробление фотополимерных прототипов?

- 5) Принципы предотвращения и исправления коробления в прототипе.
- 6) Что может быть применено в качестве источника светового излучения для технологии засвечивания фотополимера? Приведите оптические схемы.
- 7) Что такое отверждение по маске? Приведите примеры и схемы.
- 8) Свойства светоотверждаемых материалов и технологические параметры процесса.
- 9) Пост-обработка фотополимерных прототипов.
- 10) Примеры производств по работе со светоотверждаемыми материалами в медицинской технике.

Раздел 2. Компьютерное проектирование биологических объектов

- 1) Параметрическое проектирование в программах CAD/CAGD: Т-Флекс (методика построения, редактирования, экспортирования/импортирования объектов)
- 2) Параметрическое проектирование в программах CAD/CAGD: Инвентор (методика построения, редактирования, экспортирования/импортирования объектов)
- 3) Экспорт/импорт геометрических данных

Раздел 3. Компьютерное проектирование биологических объектов по результатам лучевой диагностики

- 1) Методы лучевой диагностики для получения исходных геометрических данных: КТ, МРТ, 3D-томография
- 2) Универсальный формат для обмена медицинских данных DICOM
- 3) Программы для визуализации данных в формате DICOM
- 4) Программы для построения 3D-моделей из файлов DICOM: 3DSlicer, Simpleware.

Раздел 4. Создание ячеистых структур

- 1) Области применения ячеистых структур и их назначение
- 2) Расчет конструкций на основании ячеистых структур
- 3) Основные подходы создания ячеистых структур
- 4) Замена твердотельной геометрии ячеистой структурой в ПО Meshmixer

Раздел 5. Биомедицинский инжиниринг и топология геометрия

- 1) Биомеханика, как раздел науки
- 2) Основные разделы биомеханики
- 3) Биомеханика опорно-двигательного аппарата
- 4) Основы остеосинтеза
- 5) Инструменты остеосинтеза
- 6) Основы техники дентальной имплантологии

Раздел 6. Задачи топологической оптимизации и генеративного проектирования

- 1) Что такое топология?
- 2) В чем заключается деформация эластичных сред?
- 3) Что такое узлы?
- 4) Что такое зацепления?
- 5) Что такое инвариант узла?
- 6) Что такое гомеоморфизм?
- 7) Опишите векторные поля.
- 8) Опишите теорему существования множества функций.
- 9) В чем заключается смысл генеративного/эвристического алгоритма проектирования?

- 10) Опишите схему проектирования.
- 11) Какие граничные условия необходимы для реализации эвристического подхода?
- 12) Что такое целевые значения?
- 13) Какие программы для оптимизации спроектированных объектов Вам известны?
- 14) Какие программы для топологической оптимизации Вам известны?

Раздел 7. КЭ-Моделирование

- 1) Применение КЭ-программ (модули экспресс-анализа): Т-Флекс, Инвентор (загрузка геометрии, назначение граничных условий, решатель, пост-процессинг)
- 2) Применение КЭ-программ для топологической оптимизации геометрии (создание геометрии, назначение граничных условий, решатель, пост-процессинг)

Раздел 8. Производственное оборудование и технологии

- 1) Оборудование для высокоточного изготовления прототипов по технологиям аддитивного производства
- 2) Материалы (биосовместимые, биоинертные, биоразлагаемые): свойства, способы изготовления
- 3) Пост-обработка прототипов
- 4) Оборудование для проведения стерилизации прототипов
- 5) Технологии изготовления медицинской техники (инфузионные системы, корпусные изделия, сложные мехатронные устройства)

Темы рефератов

- 1) Технология масочной стереолитографии
- 2) Светоотверждаемые полимеры (фотополимеры)
- 3) Способы получения цифровых 3D-моделей
- 4) Способы контроля свойств фотополимеров
- 5) Изменение габаритных размеров стереолитографов в зависимости от области применения создаваемых прототипов
- 6) Моделирование объектов протезирования
- 7) Проектирование объектов протезирования
- 8) Устройства светового (фотонного) отверждения полимера
- 9) Что такое эффект светоотверждаемость: фундаментальные основы
- 10) Физические свойства фотополимеров: до и после светоотверждения
- 11) ПО применяемое при моделировании протезов
- 12) Фильтры программ-просмотрщиков файлов формата DICOM
- 13) PDM системы в медицине
- 15) Оборудование для получения высокоточных прототипов протезов из полимеров
- 16) Оборудование для получения высокоточных прототипов протезов из композиционных материалов
- 17) Прототипы сложных мехатронных систем, полученные методом аддитивного производства
- 18) Программы для моделирования процессов стереолитографии
- 19) Технологии массового производства прототипов по технологии стереолитографии
- 20) Фундаментальные основы стерилизации и принцип работы оборудования для ее проведения

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

- 1) Что такое 3D-модель? (ПК-2)
- 2) Какие модели существуют? (ПК-2)
- 3) В чем заключается проектирование биологических объектов в CAD/CAGD программах? (ПК-2)
- 4) Схема оптического сканирования объекта. (ПК-2)
- 5) Схема лазерного сканирования объекта. (ПК-2)
- 6) Для чего необходимо проведение 3D-сканирования объекта? (ПК-2)
- 7) Что такое лучевая диагностика? (ПК-2)
- 8) Какие методы лучевой диагностики Вам известны? (ПК-2)
- 9) Как происходит создание 3D-моделей по результатам лучевой диагностики? (ПК-2)
- 10) Какие компьютерные программы для просмотра файлов формата DICOM Вам известны? (ПК-2)
- 11) Какие компьютерные программы для создания моделей на основе результатов лучевой диагностики Вам известны? (ПК-2)
- 12) Что изучает биомеханика? (ПК-2)
- 13) Из каких основных систем состоит человек? (ПК-2)
- 14) Что такое протезирование (имплантология)? (ПК-2)
- 15) Что необходимо знать при проведении протезирования биологического объекта? (ПК-2)
- 16) Что изучается в разделе «Остеосинтез»? (ПК-2)
- 17) Что изучается в рамках раздела «Ортопедия и травматология»? (ПК-2)
- 18) Топология и деформация эластичных тел (геометрическая оптимизация) : определения, уравнения и т.д. (ПК-2)
- 19) Гомеоморфизм и векторные поля: определения, уравнения и т.д. (ПК-2)
- 20) Теоремы существования множества функции: определения, уравнения и т.д. (ПК-2)
- 21) Принцип проведения генеративного проектирования (дизайна) : определения, уравнения и т.д. (ПК-2)
- 22) Генетический/эвристический алгоритм: определения, уравнения и т.д. (ПК-2)
- 23) Для каких целей применяются САЕ-программы? (ПК-2)
- 24) Какие САЕ-программы Вам известны и их назначение? (ПК-2)
- 27) Оборудование для аддитивного производства прототипов протезов (имплантов) биологических объектов. (ПК-2)
- 28) Пост-обработка прототипов протезов (имплантов) биологических объектов. (ПК-2)
- 29) Приведите классификацию методов получения трехмерных объектов из светоотверждаемых материалов (фотополимеров). (ПК-2)
- 30) Назовите промышленные технологии изготовления прототипов из фотополимеров. (ПК-2)

- 31) Что такое внутренние напряжения в прототипе? Как оцениваются внутренние напряжения в полимерных прототипах? (ПК-2)
- 32) Что такое коробление фотополимерных прототипов? (ПК-2)
- 33) Принципы предотвращения и исправления коробления в прототипе. (ПК-2)
- 34) Что может быть применено в качестве источника светового излучения для технологии засвечивания фотополимера? Приведите оптические схемы. (ПК-2)
- 35) Что такое отверждение по маске? Приведите примеры и схемы. (ПК-2)
- 36) Свойства светоотверждаемых материалов и технологические параметры процесса. (ПК-2)
- 37) Пост-обработка фотополимерных прототипов. (ПК-2)
- 38) Примеры производств по работе со светоотверждаемыми материалами в медицинской технике. (ПК-2)

Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения, кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»
Дисциплина «Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров»
Направление подготовки 27.03.05 «Инноватика»
Образовательная программа (профиль) «Аддитивные технологии»
Курс 4, семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №__

1. Что такое 3D-модель?
2. Свойства светоотверждаемых материалов и технологические параметры процесса.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2019 г., протокол №__.

Заведующий кафедрой _____ /П.А. Петров/

Тематика лабораторных работ

№	Наименование работы	Место проведения	Кол-во часов	Отчетность
1	Проектирование в ПО Т-Флекс	АВ	2	
2	Проектирование в ПО Инвентор	АВ	2	
3	Проектирование в ПО Мешмиксер	АВ	3	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
4	Экспресс-модули конечно-элементных расчетов в ПО Т-Флекс	АВ	2	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
5	Экспресс-модули конечно-элементных расчетов в ПО Инвентор	АВ	2	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
6	Генеративное проектирование: снижение веса конструкции с применением «Генератора форм» ПО Инвентор	АВ	2	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
7	Работа с просмотрщиками файлов DICOM	АВ	2	
8	Создание 3D-моделей в ПО 3DСлайсер	АВ	10	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
9	Проектирование в ПО Блендер	АВ	10	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
10	Моделирование в ПО Симуфакт.Эддитив	АВ	1	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
	ИТОГО		36	

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения
Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

Семестровый отчёт по дисциплине «Теория и технология аддитивного производства
изделий из светоотверждаемых полимеров»

Учебная группа: АБВ-ГДЕ

СТУДЕНТ

ПОДПИСЬ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

ДАТА

ОЦЕНКА

ПОДПИСЬ

Петров М.А.

МОСКВА 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Описание заданий.....	7
1.1. Задание №1.....	8-11
1.2. Задание №2.....	12-15
1.3. Задание №3.....	16-22
1.4. Задание №4.....	23-26
1.5. Задание №5.....	27-29
2. Вывод.....	30
3. Список литературы.....	31