Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 16.10.2023 11:55:21
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 /
"15" января 2022 г.

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 2022

49А

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

«8__» июля 2022 г. протокол № 12

Заведующий кафедрой
доцент, к.т.н. /П.А. Петров/

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

_____ /П.А. Петров/

«8_»июля 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии _____ / А.Н. Васильев /

«8» 09 2022 г. Протокол: № 14-22

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, лучевого диагностики, компьютерного проектирования и инструментов CAE, 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 части, формируемой участниками образовательных отношений, 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 и практику 3D-печати;
- Оборудование для аддитивного производства, ремонт и техническое обслуживание;
- 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	Наименование компетенции	Индикатора достижения компетенции
ПК-3	Способен к постановке на производство методами аддитивных технологий несложных изделий	ИПК-3.1 Способен разрабатывать технологический процесс изготовления несложных изделий ИПК-3.2 Способен подготавливать необходимую техническую и конструкторскую документацию для изготовления несложного изделия ИПК-3.3 Знать порядок испытаний эксплуатационных свойств, исследований структуры несложных изделий ИПК-3.4 Знать требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической и электробезопасности в аддитивном производстве
ПК-4	Способен к контролю качества несложных изделий, изготовленных методами аддитивных технологий	ИПК-4.1 Способен применять методики испытаний свойств несложных изделий, полученных методами аддитивного производства ИПК-4.2 Знать основы методов математической статистики, применяемых в целях контроля качества ИПК-4.3 Способен формулировать предложения по повышению качества несложных изделий аддитивного производства
ОПК-6	Способен обосновывать принятие технического решения при разработке инновационного проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения	ИОПК-6.1 Способен предлагать технические решения при создании инновационной и наукоёмкой продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности, а также экологической безопасности; ИОПК-6.2 Выбирает технические средства и технологии при разработке инновационного проекта при создании наукоемкой продукции; ИОПК-6.3 Способен принять техническое решение на основе комплексного исследования инновационного проекта или идеи, в том числе с применением инструментов и методов теории решения изобретательских задач.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3 зачетные единицы (108 академических часа**; из них – 54 часа аудиторных занятий, в том числе: 18 часов лекций, 36 часов лабораторных работ; и 54 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. Технологические параметры процесса. Пост-обработка фотополимерных прототипов.

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

Химическое строение полимеров. Фотополимерная реакция. керамические суспензии. Радикальная и катионная фотополимеризация.

Основы термодинамики. Начала термодинамики. Свободная энергия Гиббса.

Моделирование фотополимеризации. Химическая модель фотополимеризации. Технологическая модель фотополимеризации.

Материалы для фотополимеризации. Маркировка. Свойства светоотверждаемых материалов. Стандарты разработки фотополимерных материалов. Правила эксплуатации фотополимерных материалов. Примеры синтеза фотополимеров.

Примеры применения фотополимерных технологий для изготовления прототипов в медицине и машиностроении.

Структура фотополимерного принтера. Источники светового излучения и технологии засвечивания и шаблоны (маски). Лазеры и сканаторы. Устройство подвижных узлов. Конструкции рамы.

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 соответствие 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 соответствие 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 подсчёт 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:

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделах:

- система дистанционного обучения (СДО, LMS Moodle)
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=10772

– 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

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «**Теория и технология аддитивного производства изделий из светоотверждаемых полимеров**»
по направлению подготовки **27.03.05 «Инноватика»**, профиль подготовки "Аддитивные технологии"
(очная форма обучения)

п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб.	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	О/т	Реферат	К/р, РГР	Э	З
1.	Классификация методов получения трехмерных объектов из светоотверждаемых материалов (фотополимеров). Промышленные технологии изготовления прототипов из фотополимеров. Технологические параметры процесса. Пост-обработка фотополимерных прототипов. Внутренние напряжения в прототипе. Коробление фотополимерных прототипов. Принципы предотвращения и исправления коробления в прототипе.	7	1-5	5			5								
2.	Химическое строение полимеров. Фотополимерная реакция. керамические суспензии. Радикальная и катионная фотополимеризация. Основы термодинамики. Начала термодинамики. Свободная энергия Гиббса. Моделирование фотополимеризации. Химическая модель фотополимеризации. Технологическая модель фотополимеризации. Материалы для фотополимеризации. Маркировка. Свойства светоотверждаемых материалов.	7	6-10	5			5								

	Стандарты разработки фотополимерных материалов. Правила эксплуатации фотополимерных матер чалов. Примеры синтеза фотополимеров.														
3.	Примеры применения фотополимерных технологий для изготовления прототипов в медицине и машиностроении. Структура фотополимерного принтера. Источники светового излучения и технологии засвечивания и шаблоны (маски). Лазеры и сканаторы. Устройство подвижных узлов. Конструкции рамы. Встроенные в CAD-программы Т-Флекс и Инвентор модули конечно-элементного (CAE) экспресс-анализа и топологической оптимизации (генератор формы).	7	11-15	5			5								
4.	Встроенные в CAD-программы Т-Флекс и Инвентор модули конечно-элементного (CAE) экспресс-анализа и топологической оптимизации (генератор формы).	7	16-18	3			3								
5.	Оборудование для 3D-печати	7	1-2			6	6								
6.	Оборудование для пост-обработки	7	3-4			4	4								
7.	Проектирование в ПО Т-Флекс	7	5-6			4	4								
8.	Проектирование в ПО Инвентор	7	7-8			4	4								
9.	Проектирование в ПО Мешмиксер	7	9-10			2	2								
10.	Экспресс-модули конечно-элементных расчетов в ПО Т-Флекс	7	11-12			2	2								
11.	Экспресс-модули конечно-элементных расчетов в ПО Инвентор	7	13-14			4	4								
12.	Генеративное проектирование: снижение веса конструкции с применением «Генератора форм» ПО Инвентор	7	15-16			4	4								

13.	Топологическая оптимизация в sT Inspire	7	17-18			6	6								
	Промежуточный итог:	**7**		**18**		**36**	**54**					+	+	+	
	Итого:	**7**		**18**		**36**	**54**					+	+	+	

Приложение 2
к рабочей программе

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

Направление подготовки:
27.03.05 Инноватика
ОП (профиль): **«Аддитивные технологии»**

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 2022

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Код компетенции	Индикатора достижения 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-3	ИПК-3.1 Способен разрабатывать технологический процесс изготовления несложных изделий ИПК-3.2 Способен подготавливать необходимую техническую и конструкторскую документацию для изготовления несложного изделия ИПК-3.3 Знать порядок испытаний эксплуатационных свойств, исследований структуры несложных изделий ИПК-3.4 Знать требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической и электробезопасности в аддитивном производстве	Примеры применения технологий изготовления фотополимерных прототипов в медицине. 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). Химическое строение полимеров. Фотополимерная реакция. керамические суспензии. Радикальная и катионная фотополимеризация. Основы термодинамики. Начала термодинамики. Свободная энергия Гиббса. Моделирование фотополимеризации. Химическая модель фотополимеризации.	ТЕК, ПА	КВ З	У П	Защита отчета по лаб. работе

		Технологическая модель фотополимеризации. Материалы для фотополимеризации. Маркировка. Свойства светоотверждаемых материалов. Стандарты разработки фотополимерных материалов. Правила эксплуатации фотополимерных материалов. Примеры синтеза фотополимеров. Примеры применения фотополимерных технологий для изготовления прототипов в медицине и машиностроении.				
ПК-4	ИПК-4.1 Способен применять методики испытаний свойств несложных изделий, полученных методами аддитивного производства ИПК-4.2 Знать основы методов математической статистики, применяемых в целях контроля качества ИПК-4.3 Способен формулировать предложения по повышению качества несложных изделий аддитивного производства	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.	ТЕК, ПА	КВ З	У П	Защита отчета по лаб. работе

		Принципы предотвращения и исправления коробления в прототипе.				
ОПК-6	ИОПК-6.1 Способен предлагать технические решения при создании инновационной и наукоёмкой продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности, а также экологической безопасности; ИОПК-6.2 Выбирает технические средства и технологии при разработке инновационного проекта при создании наукоемкой продукции; ИОПК-6.3 Способен принять техническое решение на основе комплексного исследования инновационного проекта или идеи, в том числе с применением инструментов и методов теории решения изобретательских задач.	Структура фотополимерного принтера. Источники светового излучения и технологии засвечивания и шаблоны (маски). Лазеры и сканаторы. Устройство подвижных узлов. Конструкции рамы. Встроенные в CAD-программы Т-Флекс и Инвентор модули конечно-элементного (CAE) экспресс-анализа и топологической оптимизации (генератор формы).	ТЕК, ПА	КВ З	У П	Защита отчета по лаб. работе

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	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. Цель: проверка усвоения студентами предыдущего материала и выяснение преподавателем вопросов, на которые студенты отвечают неправильно или затрудняются ответить. Какие действия преподавателя: разъяснение непонятных вопросов предыдущего материала на следующем занятии.	Комплект контрольных вопросов по каждому разделу дисциплины прилагается. Шкала оценки по п.6 рабочей программы
2	Лабораторные работы	Результаты проектирования и моделирования в программах Т-Флекс или Инвентор, Блендер, Мешмиксер, 3DСлайсер). Отчетность: составление отчета объёмом не менее 20 страниц.	Темы лабораторных работ в приложении Б рабочей программы. Шкала оценки по п.6 рабочей программы
3	Реферат	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.	Список тем рефератов прилагается (может обновляться ежегодно) Шкала оценки по п.6 рабочей программы

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 3D-моделей

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. 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 4. 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 5. 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 6. Производственное оборудование и технологии

1) Оборудование для высокоточного изготовление 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 стериолитографов в зависимости от области применения создаваемых прототипов
6) Моделирование объектов протезирвоания
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 CAE-программы? (ПК-2)

24) Какие CAE-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)

Варианты экзаменационных билетов

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ 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. Три основные разновидности технологии 3D-стереолитографии.
2. Процесс полимеризации фотополимеров, применяемых в 3D-печати.
3. Программы для компьютерного моделирования процессов стереолитографии.

Утверждено на заседании кафедры «___» _____ 2022 г., протокол №___.

Заведующий кафедрой _____ /П.А. Петров/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ 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. Конструкция установки для генерации и перенаправления светового излучения.
2. Ковалентные связи и процессы расщепления молекул.
3. Карточка с тестовым заданием.

Утверждено на заседании кафедры «___» _____ 2022 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	4	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
2	Проектирование в ПО Инвентор	АВ	4	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
3	Проектирование в ПО Мешмиксер	АВ	2	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	4	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
6	Генеративное проектирование: снижение веса конструкции с применением «Генератора форм» ПО Инвентор	АВ	4	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
7	Топологическая оптимизация в sT Inspire	АВ	6	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
8	Оборудование для 3D-печати	АВ	6	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
9	Оборудование для пост-обработки	АВ	4	в общий отчет по лабораторным работам (в электронном виде)
	ИТОГО		**36**	

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ 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 2022

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