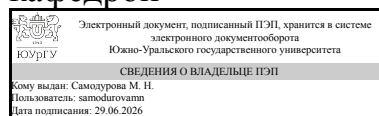


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



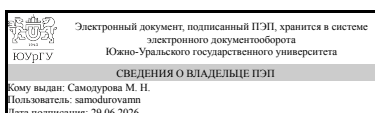
М. Н. Самодурова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.06.01 Технологии аддитивного производства
для направления 12.04.01 Приборостроение
уровень Магистратура
магистерская программа Информационно-измерительные системы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Информационно-измерительная техника

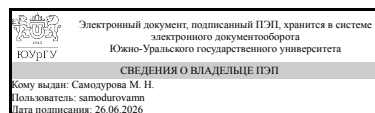
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 957

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., доц.



М. Н. Самодурова

Разработчик программы,
д.техн.н., доц., профессор



М. Н. Самодурова

1. Цели и задачи дисциплины

Программа призвана обеспечивать наращивание профессиональных компетенций специалистов по разработке технологий аддитивного производства в области лазерных процессов. Предметом дисциплины являются технологические приемы послойного построения моделей, форм, мастер-моделей и т.д. путем фиксации слоев модельного материала и их последовательного соединения между собой разными способами: спеканием, сплавлением, склеиванием, полимеризацией - в зависимости от нюансов конкретной технологии. Идеология аддитивных процессов базируется на технологиях, в основе которых - цифровое описание изделия, его компьютерная модель или так называемая CAD-модель. При использовании аддитивных технологий все стадии реализации проекта - от идеи до материализации (в любом виде - промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE-системе. Цель дисциплины - В соответствии с требованиями основной целью курса является формирование инженерных компетенций в области разработки, проектирования и изготовления изделий с использованием аддитивных технологий; в области разработки и внедрения аддитивных технологий изготовления машиностроительных изделий; в области модернизации действующих и проектировании новых эффективных машиностроительных производств различного назначения; а также применения систем экологической безопасности машиностроительных производств. Задачи дисциплины: - сформировать системное представление о исторических предпосылках появления аддитивных технологий; - изучение информации о машинах и оборудовании для выращивания металлических изделий; - усвоение алгоритма изготовления технологической оснастки с применением 3D принтера - приобретение навыка проведения контроля качества готового изделия с использованием 3D сканера (координатно-измерительной машины) При построении курса используются следующие принципы: - профессиональная направленность - преподавание курса строится таким образом, чтобы студенты реально представляли, что без знаний о современных аддитивных технологиях и аппаратуры для их реализации предприятие не может создавать конкурентоспособную технически сложнопроизводимую продукцию. Во время занятий студенты знакомятся с видами и особенностями аддитивных технологических процессов, методами и средствами исследования и моделирования и проектирования изделий и оснастки, дается анализ влияния различных факторов на условия протекания процесса производства изделий машиностроения на аддитивных машинах. Практические занятия позволяют магистрам более подробно освоить применение различных методов автоматизированного проектирования для получения высококачественных конкретных деталей и изделий, методы их экспериментального исследования и физической интерпретации полученных результатов. - принцип научности - знания, полученные при изучении теоретического материала, позволяют студенту научно, обоснованно производить анализ целесообразности применения тех или иных средств при решении конкретных производственных задач; - принцип доступности - курс является необходимой составной частью подготовки современного специалиста в области машиностроительных производств. Разделы курса органично связаны с изучаемыми ранее дисциплинами; - от общего к частному - при построении курса используется принцип «от простого к сложному». Теоретический материал,

изучаемый магистрантом в процессе самостоятельной подготовки, закрепляется во время практических занятий и лабораторных работ. Эти занятия являются эффективной стадией обучения, во время которой студент реализует в практической разработке те теоретические знания, которые он получил при изучении теоретических основ курса.

Краткое содержание дисциплины

1. Технологии на основе экструзии - FDM/FFF (Fused Deposition Modeling / Fused Filament Fabrication) 2. Технологии на основе фотополимеризации - SLA (Stereolithography) - DLP (Digital Light Processing) - LCD/MSLA (Liquid Crystal Display / Masked Stereolithography) 3. Порошковые технологии - SLS (Selective Laser Sintering) – для полимеров - SLM/DMLS (Selective Laser Melting / Direct Metal Laser Sintering) – для металлов - EBM (Electron Beam Melting) – для металлов в вакууме 4. Струйные технологии - Material Jetting (например, PolyJet, MultiJet) - NanoParticle Jetting (NPJ) – для металлов 5. Нанесение связующего - Binder Jetting – для металлов, керамики, песка 6. Лазерное напыление - DED (Directed Energy Deposition), включая LENS и WAAM 7. Ламинирование - LOM (Laminated Object Manufacturing) 8. Перспективные и гибридные технологии - 4D-печать - Биопечать - Гибридные системы (например, 3D-печать + CNC)

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен к правление качеством продукции на всех стадиях производственного процесса с применением необходимых средств измерений в соответствии с нормативными и методическими документами, регламентирующими вопросы качества продукции	Знает: национальные и международные стандарты в области аддитивных технологий: серии ГОСТ Р ИСО/ACTM 52900, ISO/ASTM, и стандарты управления качеством ISO 9001; требования нормативных документов к входному контролю исходных материалов, таких как гранулометрический состав, текучесть, влажность порошков и нитей. Умеет: проводить входной контроль: применять специализированные средства измерений для оценки качества сырья (ситовой анализ, лазерная дифракция) перед запуском процесса печати; выявлять и анализировать дефекты: выявлять причины возникновения брака, такие как расслоения, коробления, остаточных напряжений на основе сопоставления результатов измерений с технологическими картами.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Распределенные интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими процессами, Разработка программного обеспечения	Не предусмотрены

автоматизированных систем	
---------------------------	--

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Разработка программного обеспечения автоматизированных систем	Знает: модели, этапы и стандарты разработки программного обеспечения (ПО) автоматизированных систем (АС); принципы построения архитектуры ПО (микросервисы, клиент-сервер, событийно-ориентированная); специфику АС: требования к надежности, отказоустойчивости и реальному времени в промышленных и информационных системах., нормативную базу качества: стандарты и регламенты управления качеством (серии ISO 9000/9001), требования к качеству ПО (ISO/IEC 25010) и автоматизированных систем (ГОСТ 34); принципы интеграции средств измерений (датчиков, контроллеров) с программными комплексами автоматизированных систем. Умеет: собирать, анализировать и формализовать требования к ПО в виде технических заданий и спецификаций; реализовывать модули ПО на современных языках программирования с соблюдением стандартов кодирования; проводить модульное, интеграционное и функциональное тестирование разработанных программных компонентов., разрабатывать модули ПО для сбора, обработки и визуализации данных, поступающих со средств измерений; реализовывать стандарты качества в коде: закладывать в алгоритмы ПО жесткие нормативные требования, допуски и методики контроля параметров продукции. Имеет практический опыт: использования современных сред разработки (IDE), систем контроля версий (Git) и средств CI/CD., применения технологий автоматического формирования отчетов, графиков (карт Шухарта) и аналитики качества продукции по методическим документам.
Распределенные интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими процессами	Знает: структуру и состав распределенных интеллектуальных автоматизированных систем управления технологическими процессами в промышленности, инструкции по эксплуатации технологического оборудования, режимы производства, контроль качества приборов систем и их элементов, методы инженерного прогнозирования и диагностических моделей состояния приборов и систем в процессе их эксплуатации, современную научную методологию, новые методы исследования, методы синтеза систем программного управления, реализацию синтезированной

	системы на различной элементной базе Умеет: составлять техническую документацию, разрабатывать и внедрять технологические процессы и режимы производства, осуществлять организацию и управление проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; поставить задачу на автоматизацию объекта, требующего в основном систему циклового программного управления; выбрать элементную базу для реализации системы автоматизации; выполнить принципиальную схему разработанной системы автоматизации объекта Имеет практический опыт: создания прогностических моделей в технологических процессах, программ испытаний, инструкций по эксплуатации, решения задач, решаемых различными этажами иерархии управления технологическими комплексами, работы с системами автоматизации технологических процессов и промышленных установок
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	32	32
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Подготовка к защите практических работ	21,5	21,5
Подготовка к экзамену	30	30
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Аддитивные технологии. Методы оцифровки и контрольно-измерительные машины	10	4	0	6
2	Аддитивные технологии и быстрое прототипирование	8	2	0	6
3	Аддитивные технологии и «прямое производство. Аддитивные	8	2	0	6

	технологии и порошковая металлургия				
4	Разработка 3D моделей и рабочих чертежей на резинотехнические изделия.	10	4	0	6
5	Проектирование технологической оснастки (пресс-формы) с применением 3D принтера.	6	2	0	4
6	Контроль качества изготовления конечных изделий с применением координатно-измерительной машины (3D сканера).	6	2	0	4

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в аддитивные технологии. Определение, история развития, преимущества и ограничения. Сравнение с традиционными методами (литьё, механическая обработка). Области применения: аэрокосмос, медицина, автомобилестроение, потребительские товары	4
2	2	Классификация технологий 3D-печати. Обзор по стандарту ISO/ASTM 52900. Принципы работы: экструзия, фотополимеризация, порошковое спекание, струйные методы. Примеры оборудования (FDM, SLA, SLS, SLM, Binder Jetting).	2
3	3	Материалы в аддитивном производстве. Полимеры: PLA, ABS, фотополимеры, термопласты. Металлы: титан, алюминий, нержавеющая сталь. Керамика, композиты, биосовместимые материалы. Требования к материалам для разных технологий.	2
4	4	Процесс аддитивного производства. Этапы: 3D-моделирование (CAD), подготовка файла (слейсинг), печать, постобработка. Параметры печати (толщина слоя, температура, скорость). Дефекты и методы их устранения.	4
5	5	Проектирование для 3D-печати (DFAM). Особенности топологической оптимизации. Конструкция поддержек, ориентация детали. Примеры успешных кейсов.	2
6	6	Перспективы и инновации. 4D-печать, биопечать, мультиматериальные технологии. Искусственный интеллект в АМ, цифровые двойники. Экономические и экологические аспекты.	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Знакомство с 3D-печатью (FDM/FFF)	6
2	2	3D-моделирование для аддитивных технологий (CAD). Создание модели в CAD-программе.	6
3	3	Сравнение технологий: SLA vs. FDM. Фотополимерная и экструзионная печать.	6
4	4	Работа с металлическими порошками (SLM/DMLS). Особенности металлической 3D-печати.	6
5	5	Проектирование решётчатых структур (Топологическая оптимизация).	4

		Создание облегчённых конструкций.	
6	6	Биопечать и аддитивные технологии будущего. Инновационные направления.	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к защите практических работ	Иванов В.А. Аддитивные технологии в промышленности. Методические указания к освоению дисциплины / В.А. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2021. - 31 с.	3	21,5
Подготовка к экзамену	Иванов В.А. Аддитивные технологии в промышленности. Методические указания к освоению дисциплины / В.А. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2021. - 31 с.	3	30

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	80	Экзамен проводится в письменной форме. В билете содержится 2 теоретических вопроса и практическое задание. За ответ на каждый теоретический вопрос - максимум 20 баллов. За практическое задание - 60 баллов. Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы: 0 баллов - нет ответа на вопрос 5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров. 10 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть логические или фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, имеется критическая оценка известным данным, приведены примеры. 15 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть незначительные неточности, ответ	экзамен

					опирается только на русскоязычные источники информации, в том числе материалы лекции, даны ссылки на использованные источники информации, есть критическая оценка известных данных, приведены примеры. 20 баллов - дан исчерпывающий ответ на вопрос, информация взята из нескольких источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена критическая оценка известных данных, приведены примеры. Критерии оценивания результатов практического задания: 0 баллов - задание не выполнено. Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы: - 20 баллов - не выполнена многокритериальная оптимизация - 40 баллов - не подготовлен базовый вариант модели и не выполнена многокритериальная оптимизация. - 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 2D модели. - 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи. - 2 балла за некорректно заданные критерии оптимизации - 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении оптимизации.	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Не предусмотрены

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№
		КМ
		1
ПК-2	Знает: национальные и международные стандарты в области аддитивных технологий: серии ГОСТ Р ИСО/ASTM 52900, ISO/ASTM, и стандарты управления качеством ISO 9001; требования нормативных документов к входному контролю исходных материалов, таких как гранулометрический состав, текучесть, влажность порошков и нитей.	+
ПК-2	Умеет: проводить входной контроль: применять специализированные средства измерений для оценки качества сырья (ситовой анализ, лазерная дифракция) перед запуском процесса печати; выявлять и анализировать дефекты: выявлять причины возникновения брака, такие как расслоения, коробления, остаточных напряжений на основе сопоставления результатов измерений с технологическими картами.	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Порошковая металлургия и напыленные покрытия : Учебник для вузов / В. Н. Анциферов и др.; Под ред. Б. С. Митина. - М. : Металлургия, 1987. - 792 с. : ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Аддитивные технологии в машиностроении

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Аддитивные технологии в машиностроении

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	333 (Л.к.)	компьютерная техника
Самостоятельная работа студента		библтоточный фонд