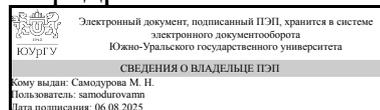


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



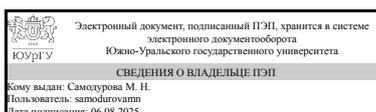
М. Н. Самодурова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М2.06.01 Технология 3D-печати
для направления 15.04.01 Машиностроение
уровень Магистратура
магистерская программа Аддитивные технологии
форма обучения очная
кафедра-разработчик Информационно-измерительная техника

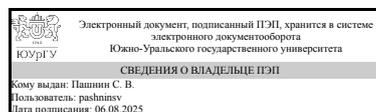
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

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



М. Н. Самодурова

Разработчик программы,
старший преподаватель



С. В. Пашинин

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: Изучение современного состояния, сфер применения и перспектив развития различных технологий 3D-печати
Задачи: - изучение истории возникновения и развития технологии; - изучение общих принципов технологий 3D-печати - обзор различных технологий печати и основных принципов конструктивного решения; - рассмотрение достоинств и недостатков различных технологий; - изучение материалов для печати, их особенностей и свойств; - изучение источников погрешностей печати и методов их устранения; - перспективные технологии печати.

Краткое содержание дисциплины

Экструзионная 3D-печать и расходные материалы для метода послойного наплавления. Стереолитография. Технология многоструйного моделирования. Цифровая светодиодная проекция. Масочная стереолитография. Ламинирование методом селективного осаждения. Струйная трехмерная печать. Электронно-лучевая плавка (проволочная). Прямое и не прямое лазерное спекание металлов. Электронно-лучевая плавка металлов. Селективное лазерное плавление и тепловое спекание. Программное обеспечение для трехмерного моделирования и печати 3D-моделей. Развитие технологий 3D печати в России. Перспективные 4D- и 5D-печать.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Знает: технологические процессы, оборудование и инструменты, применяемые при 3D-печати, методы создания 3D моделей для прототипирования и оцифровки реальных объектов Умеет: решать задачи, связанные с технологией 3D-печати; создавать 3D модели реальных объектов Имеет практический опыт: разработки технологических решений по 3D-печати, выбору сырья и расходных материалов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Оборудование аддитивного производства, Материалы для аддитивного производства, Технология лазерной наплавки, Физико-химические основы аддитивного производства, Безопасность жизнедеятельности в аддитивном производстве	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Материалы для аддитивного производства	<p>Знает: основы технологических процессов получения изделий методами аддитивных технологий, оборудования и инструментов, сырья и расходных материалов; основные материалы для аддитивного производства, сырьё и расходные материалы, необходимые для реализации аддитивных технологий</p> <p>Умеет: физико-химические основы аддитивного производства; материалы применяемые в аддитивном производстве</p> <p>Имеет практический опыт: связывать состав и структуру материалов, способы их формирования с физическими, механическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами</p>
Физико-химические основы аддитивного производства	<p>Знает: закономерности изменения физико-химических свойств; методы определения физико-химических свойств материалов и сварных соединений, единичные и комплексные показатели надежности готовых изделий, а также основные виды, причины и закономерности их отказов</p> <p>Умеет: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-химических свойств продукции; разрабатывать программы испытаний, выбирать критерии и методы оценки показателей физико-химических свойств и надежности сварных изделий</p> <p>Имеет практический опыт: методик расчетной-экспериментальной оценки показателей надежности и физико-химических свойства сварных изделий; методики введения и редактирования свойства материалов при компьютерном моделировании; по определению физико-химических свойств материалов</p>
Технология лазерной наплавки	<p>Знает: принципы планирования и выполнения работ по обеспечению выпуска продукции с применением технологий лазерной наплавки; технологические процессы, оборудование и инструменты, применяемые в лазерной наплавке</p> <p>Умеет: планировать и выполнять работы по обеспечению выпуска продукции с применением технологий лазерной наплавки; планировать и выполнять работы по обеспечению выпуска продукции в условиях аддитивного производства, лазерной наплавки</p> <p>Имеет практический опыт: выполнения работ по лазерной наплавке, выбору сырья и расходных материалов</p>
Безопасность жизнедеятельности в аддитивном производстве	<p>Знает: проблемные ситуации в области безопасности жизнедеятельности в аддитивном</p>

	<p>производстве; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации; каким образом осуществить анализ проблемных производственных ситуаций Умеет: определять и реализовывать безопасную деятельность при выполнении работ на высокотехнологичном оборудовании; осуществлять самооценку своим действиям, определять и реализовывать безопасную деятельность при выполнении работ на высокотехнологичном оборудовании Имеет практический опыт: развития навыков собственной научной деятельности; безопасного поведения при выполнении работ на высокотехнологичном оборудовании; безопасного поведения при выполнении работ на высокотехнологичном оборудовании</p>
Оборудование аддитивного производства	<p>Знает: методы машинного обучения; современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения; способы нанесения покрытий и выращивания деталей Умеет: применять методы машинного обучения для анализа данных технологических процессов ОМД, сварки, наплавки; применять современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения; выбирать требуемый способ аддитивных технологий в зависимости от геометрии и назначения изделия Имеет практический опыт: проведения анализа данных методами машинного обучения; применения современных цифровых систем автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения</p>

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 59,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		4
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	12	12

Самостоятельная работа (СРС)	84,5	84,5
Проектирование 3D-модели для печати на 3D-принтере	40	40
Изучение твердотельного моделирования в Компас 3D	44,5	44,5
Консультации и промежуточная аттестация	11,5	11,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен, КР

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	История возникновения трехмерной печати	2	2	0	0
2	Технологии 3D-печати	24	12	6	6
3	Программное обеспечение для 3D-печати	20	8	6	6
4	Перспективы развития 3D-печати	2	2	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	История возникновения 3D-печати. Современное состояние отрасли. Сферы применения 3D-печати	2
2	2	Экструзионная 3D-печать (FFF)	2
3	2	Стереолитография. Технология многоструйного моделирования. (SLA и DLP)	2
4	2	Ламинирование методом селективного осаждения	2
5	2	Струйная трехмерная печать (DOD)	2
6	2	Технологии лазерного спекания металлов. Селективное лазерное плавление и тепловое спекание (SLS, DMLS/SLM, EBM)	2
7	2	Используемые материалы для различных технологий	2
8	3	Программное обеспечение для трехмерного моделирования. Компас 3D. Autodesk Inventor. Форматы файлов моделей	4
9	3	Программы для вывода на печать созданных 3D-моделей	2
10	3	Основы программирования на G-коде	2
11	4	Перспективные технологии: 4D- и 5D-печать. Опыт отечественных компаний	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Изучение конструкции 3D-принтера Creality. Настройка принтера на тип пластика и калибровка рабочего стола. Настройка и калибровка принтера Picasso с двумя экструдерами	2
2	2	Печать на принтере Creality.	2
3	2	Печать на принтере с двумя экструдерами. Настройка температурного режима для разных филаментов. Печать с растворимыми поддержками	2
4	3	Основы работы в Компас 3D. Режим твердотельного моделирования	2
5	3	Основы работ в Autodesk Inventor	2
6	3	Подготовка Gcode-файла в программе-слайсере	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Экскурсия в Fablab 3D-печати для изучения стереолитографического 3D-принтера	2
2	2	Изучение источников погрешностей и методов их устранения при 3D печати	2
3	2	Изучение конструкционных свойств напечатанных деталей с различным типов заливки	2
4	3	Изучение погрешностей геометрии деталей с использование координатно-измерительной машина с оптической измерительной головкой на просвет	4
5	3	Экскурсия в лабораторию лазерных технологий для ознакомления с технологией лазерного наплавления	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Проектирование 3D-модели для печати на 3D-принтере	Учебно-методические материалы в электронном виде: Глава 5. Обзор программ 3D-моделирования и слайсеров, стр. 71-97	4	40
Изучение твердотельного моделирования в Компас 3D	ОПЛ-2, Глава 2. Работа с библиотекой проектирование металлоконструкций, стр. 167-261	4	44,5

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	4	Текущий контроль	Реферат	1	10	Реферат должен соответствовать требованиям, указанным в задании, по структуре, содержанию и оформлению. Реферат заканчивается заключением и списком использованной литературы. Максимальная оценка 10 баллов. За грубую ошибку в структуре, содержании и форматировании текста снимается 1 балл. Отчет должен быть сдан в установленный срок. За задержку на каждую 1 неделю	экзамен

						снимается 1 балл, но окончательная оценка не может быть менее 1 балла из-за опоздания по срокам. Минимальная оценка 1 балл. Ноль баллов, если отчет не сдан.	
2	4	Текущий контроль	Задание 1. 3D-печать ручки	1	10	Деталь должна соответствовать заданию. Структура, содержание и оформление отчета оценивается наряду с качеством модели. Максимальная оценка 10 баллов. За ошибки в структуре, содержании и форматировании отчета и некачественную модель детали снимается от 1 до 8 баллов. Отчет должен быть сдан в установленный срок. За задержку на каждую 1 неделю снимается 1 балл, но окончательная оценка не может быть менее 1 балла из-за опоздания по срокам. Минимальная оценка 1 балл. Ноль баллов, если деталь не напечатана или отчет не сдан	экзамен
3	4	Текущий контроль	Задание 2. 3D-печать сборки	1	10	Сборка должна соответствовать заданию. В сборке должны быть предусмотрены зазоры для взаимного движения деталей относительно друг друга. Структура, содержание и оформление отчета оценивается наряду с качеством модели. Максимальная оценка 10 баллов. За ошибки в структуре, содержании и форматировании отчета и некачественную печать сборки снимается от 1 до 8 баллов. Отчет должен быть сдан в установленный срок. За задержку на каждую 1 неделю снимается 1 балл, но окончательная оценка не может быть менее 1 балла из-за опоздания по срокам. Минимальная оценка 1 балл. Ноль баллов, если деталь не напечатана или отчет не сдан	экзамен
4	4	Текущий контроль	Задание 3. Печать двухцветной детали	1	10	Деталь должна соответствовать заданию. Структура, содержание и оформление отчета оценивается наряду с качеством модели. Максимальная оценка 10 баллов. За ошибки в структуре, содержании и форматировании отчета и некачественную модель детали снимается от 1 до 8 баллов. Отчет должен быть сдан в установленный срок. За задержку на каждую 1 неделю снимается 1 балл, но окончательная оценка не может быть менее 1 балла из-за опоздания по срокам. Минимальная оценка 1 балл. Ноль баллов, если деталь не напечатана или отчет не сдан	экзамен

5	4	Текущий контроль	Задание 4. Печать детали с поддержками	1	10	Деталь должна соответствовать заданию. Должна быть использована двухцветная печать. Структура, содержание и оформление отчета оценивается наряду с качеством модели. Максимальная оценка 10 баллов. За ошибки в структуре, содержании и форматировании отчета и некачественную модель детали снимается от 1 до 8 баллов. Отчет должен быть сдан в установленный срок. За задержку на каждую 1 неделю снимается 1 балл, но окончательная оценка не может быть менее 1 балла из-за опоздания по срокам. Минимальная оценка 1 балл. Ноль баллов, если деталь не напечатана или отчет не сдан	экзамен
6	4	Текущий контроль	Задание 5. Печать с растворимыми поддержками	1	10	Деталь должна соответствовать заданию. Должна быть использованы растворимые поддержки. Структура, содержание и оформление отчета оценивается наряду с качеством модели. Максимальная оценка 10 баллов. За ошибки в структуре, содержании и форматировании отчета и некачественную модель детали снимается от 1 до 8 баллов. Отчет должен быть сдан в установленный срок. За задержку на каждую 1 неделю снимается 1 балл, но окончательная оценка не может быть менее 1 балла из-за опоздания по срокам. Минимальная оценка 1 балл. Ноль баллов, если деталь не напечатана или отчет не сдан	экзамен
7	4	Курсовая работа/проект	Курсовая работа	-	10	Изделие должно соответствовать техническому заданию. Оценивается как работоспособность изделия, так и оформление пояснительной записки. Структура, содержание и оформление ПЗ должны соответствовать стандарту университета. Максимальная оценка 10 баллов. За ошибки в структуре, содержании и форматировании ПЗ и некачественную модель детали снимается от 1 до 8 баллов. За задержку на каждую 1 неделю снимается 1 балл, но окончательная оценка не может быть менее 1 балла из-за опоздания по срокам. Минимальная оценка 1 балл. Ноль баллов, если деталь не напечатана или курсовая работа не сдана	кур- совые работы
8	4	Промежуточная аттестация	Контрольные вопросы к экзамену	-	10	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые	экзамен

					мероприятия текущего контроля. Для получения оценки 3 необходимо сдать отчеты по всем заданиям и набрать не менее 60 баллов, 4 - не менее 75 баллов, 5 - не менее 85 баллов. Студент имеет право повысить свой рейтинг и получить дополнительные 5 баллов при правильных ответах на вопросы преподавателя во время процедуры экзамена.	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
курсовые работы	Защита курсовой работы проводится в форме ответов на вопросы преподавателя и в соответствии с пп. 2.5 - 2.6 Положения о БРС.	В соответствии с п. 2.7 Положения
экзамен	Экзамен проводится в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов, а также с учетом результатов текущей аттестации в соответствии с пп. 2.5 - 2.6 Положения о БРС	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
УК-2	Знает: технологические процессы, оборудование и инструменты, применяемые при 3D-печати, методы создания 3D моделей для прототипирования и оцифровки реальных объектов	+								++
УК-2	Умеет: решать задачи, связанные с технологией 3D-печати; создавать 3D модели реальных объектов		+	+	+	+	+	+	+	+
УК-2	Имеет практический опыт: разработки технологических решений по 3D-печати, выбору сырья и расходных материалов		+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Инженерная 3D-компьютерная графика [Текст] учебник и практикум для вузов по инж.-техн. специальностям А. Л. Хейфец и др.; под ред. А. Л. Хейфеца ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2015. - 602 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. 3D-технология построения чертежа. AutoCAD Учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. дипломир. специалистов в обл. техники и технологии А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, Е. П.

Дубовикова. - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 245 с. ил.

2. Теворовский, Л. В. КОМПАС-3D в электротехнике и электронике [Текст] Л. В. Теворовский. - М.: ДМК ПРЕСС, 2009. - 165, [3] с.

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

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Основы 3D моделирования и создания 3D моделей

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Основы 3D моделирования и создания 3D моделей

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. -Blender(бессрочно)
2. ASCON-Компас 3D(бессрочно)
3. Autodesk-Eductional Master Suite (AutoCAD, AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Inventor Professional Suite, AutoCAD Raster Design, MEP, Map 3D, Electrical, 3ds Max Design, Revit Architecture, Revit Structure, Revit(бессрочно)

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	540 (3б)	Ж/к панель, компьютерный класс 14 ПК
Лабораторные занятия	540 (3б)	3D FDM принтеры (с одним и двумя экструдерами)