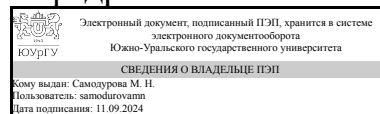


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



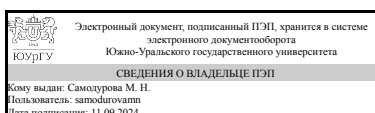
М. Н. Самодурова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М2.02 Оборудование аддитивного производства
для направления 15.04.01 Машиностроение
уровень Магистратура
магистерская программа Аддитивные технологии
форма обучения очная
кафедра-разработчик Информационно-измерительная техника

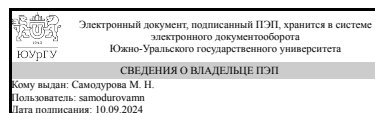
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

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



М. Н. Самодурова

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



М. Н. Самодурова

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Оборудование аддитивного производства» является освоение профессиональных знаний по технологиям аддитивного производства и их применению; формирование представления о порядке подготовки изделий к воспроизведению с использованием аддитивных технологий; изучение программных средств, используемых для подготовки моделей изделий. Задачи дисциплины: ознакомление с основными аддитивными технологиями; ознакомление с материалами, используемыми в аддитивном производстве; ознакомление с программными средствами, используемыми для получения изделий с использованием аддитивных технологий; ознакомление с технологиями пост-обработки изделий; получение навыков оценки качества изделий, изготовленных по аддитивным технологиям; получение навыков выбора материалов и оборудования для создания изделий по аддитивным технологиям.

Краткое содержание дисциплины

Понятие аддитивных технологий и аддитивного производства. 3D-моделирование как основа аддитивных технологий. Форматы данных. Аппаратно-программное обеспечение аддитивных технологий. Типы печати FDM, SLA, DLP, SLS/SLM, 3DP, LOM, MJM, EBM: общая характеристика, особенности, достоинства и недостатки, обзор рынка, технологии. Подготовка 3D-моделей к печати. Характеристики материалов для 3D-печати, их учет в аддитивном производстве. Слайсеры, ключевые параметры печати. Оценка параметров печати, дефекты и их классификация. Постобработка, виды и специфика постобработки, оптимизация печати с учетом постобработки. Методики внесения поправок и реализации итераций печати. Технологические приемы послойного построения моделей, форм, изделий различными способами аддитивного производства - спеканием, сплавлением, склеиванием, полимеризацией. Исходные материалы для аддитивного производства, технологические требования. Цель: формирование комплекса знаний, умений и навыков в области физико-химических процессов послойной консолидации материалов, разработки, изготовления изделий с использованием аддитивных технологий.

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: 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
--	--

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Физико-химические основы аддитивного производства, Безопасность жизнедеятельности в аддитивном производстве, Материалы для аддитивного производства	Технология селективного лазерного сплавления, Технология детонационного напыления, Технология газотермического напыления, Технология 3D-печати, Управление проектами, Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр)

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	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 Умеет: физико-химические основы аддитивного производства; материалы применяемые в аддитивном производстве Имеет практический опыт: связывать состав и структуру материалов, способы их формирования с физическими, механическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами
Физико-химические основы аддитивного производства	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 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 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
Безопасность жизнедеятельности в аддитивном производстве	Знает: проблемные ситуации в области безопасности жизнедеятельности в аддитивном 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

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 78,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	137,5	137,5
Реферат. Каждому студенту выдается индивидуально согласно выбранного материала, изделия и технологии. Подготовка презентации к семинару по выбранным тематиками рефератов. Выполнение патентных исследований в области изучаемого курса. Изучение научных материалов в области изучаемого курса (научно-технические статьи, буклеты, выставки и т.п.)	61,5	61.5
Подготовка к зачету, экзамену .	76	76
Консультации и промежуточная аттестация	14,5	14,5

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	1. Устройство и особенности эксплуатации основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии моделирования методом наплавления;	12	6	4	2
2	Устройство и особенности эксплуатации основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии лазерной стереолитографии	8	4	2	2
3	Устройство и особенности эксплуатации основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии селективного лазерного сплавления;	10	6	2	2
4	Устройство и особенности эксплуатации основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии лазерной наплавки	10	4	2	4
5	Устройство и особенности эксплуатации основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии газотермического напыления	16	6	4	6
6	Проектирование производственного участка и планирование процесса производства методами аддитивных технологий	8	6	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Методы и компьютерные программы для моделирования процессов аддитивного производства	2
2	1	Сканирующие системы для процессов изготовления изделий методами аддитивного производства	2
3	1	Схемы, методики и математические расчеты построения технологических процессов для реализации технологии моделирования методом наплавления	2
4	2	Области применения. Преимущества лазерной стереолитографии	2
5	2	Оборудование. Материалы. Технологии.	2
7	3	СЛС процессы. Оборудование для СЛС процессов.	2
8	3	Технология СЛС процессов	2
17	3	Машины и оборудование для выращивания металлических изделий.	2
9	4	Оборудование для наплавочных работ. Роботизированные комплексы. разновидность лазерной техники.	2
10	4	Оборудование для лазерной наплавки порошком. Оборудование для лазерной наплавки проволокой. Оборудование для термического лазерного упрочнения.	2
11	5	Оборудование для холодного газотермического напыления.	2
12	5	Оборудование для детонационного напыления	2
13	5	Роботизированные комплексы для процессов газотермического напыления	2
14	6	Производственная структура участка для аддитивного производства. Последовательность проектирования .	2

15	6	Исходные данные для технологических расчетов и расчеты при проектировании участка аддитивного производства.	2
16	6	Основное и вспомогательное производство. Выбор оборудования и количества обслуживающего персонала.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1, 2	1	Выбор и расчет вспомогательного оборудования для аддитивного производства. Определение технологических параметров.	4
3	2	Определение технологических параметров для выбора основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии лазерной стереолитографии	2
4	3	Выбор основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии селективного лазерного сплавления	2
5	4	Выбор основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии лазерной наплавки	2
6, 7	5	Выбор и расчет основного и вспомогательного оборудования для реализации технологии газотермического напыления	4
8	6	Проектирование производственного участка. Планировка. Расчет оборудования и обслуживающего персонала.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Знакомство с программами для моделирования процессов аддитивного производства	2
2	2	Освоение методов работы на оборудовании для лазерной стереолитографии	2
3	3	освоение основных навыков использования оборудования для реализации технологии селективного лазерного сплавления;	2
4, 5	4	Проведение работ и освоение технологии для реализации лазерной наплавки. Лазерное упрочнение. Наплавка проволокой. Наплавка металлическим порошком.	4
6,7	5	Проведение работ и освоение технологии газотермического напыления. Холодное газотермическое напыление. Детонационное напыление.	6

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Реферат. Каждому студенту выдается индивидуально согласно выбранного материала, изделия и технологии. Подготовка презентации к семинару по выбранным тематиками рефератов. Выполнение патентных исследований в области изучаемого курса. Изучение	Оборудование аддитивных производств: методические указания к освоению дисциплины [Электронный документ] / О.О.Сиверин. – Челябинск, 2019. – 16 с. Режим доступа: электронная библиотека кафедры ПиМОМД	3	61,5

научных материалов в области изучаемого курса (научно-технические статьи, буклеты, выставки и т.п.)			
Подготовка к зачету, экзамену .	Лекционные материалы , Оборудование аддитивных производств: методические указания к освоению дисциплины [Электронный документ] / О.О.Сиверин. – Челябинск, 2019. – 16 с. Режим доступа: электронная библиотека кафедры ПиМОМД	3	76

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	Оборудование аддитивного производства	-	5	Студенты в течение семестра могут набрать максимум для зачета – 4 балла Баллы, набираемые студентами в течение семестра, делятся на три группы: баллы по результатам контроля посещаемости занятий, баллы по результатам иных контрольных мероприятий и баллы за работу на практических занятиях. Максимальное количество баллов, проставляемых по результатам контроля посещаемости занятий – 1 Максимальное количество баллов, проставляемых по результатам иных контрольных мероприятий – 2 (самостоятельные работы, тесты, рефераты, деловые игры, тестирование в рамках курса и т.д.) Максимальное количество баллов за работу на практических занятиях – 3 Баллы проставляются после проведения всех практических занятий по дисциплине в семестре. Если баллов набирается более 3 – то ставится «зачет», менее 3 – «незачет» Если студент набирает меньше 3 баллов, ему выдается задание с 5 теоретическими вопросами.	экзамен

					Если он отвечает более чем на 4 вопроса , ему ставится – «зачет», менее 4 вопросов – « не зачет».	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Студенты в течение семестра могут набрать максимум для зачета – 4 балла Баллы, набираемые студентами в течение семестра, делятся на три группы: баллы по результатам контроля посещаемости занятий, баллы по результатам иных контрольных мероприятий и баллы за работу на практических занятиях. Максимальное количество баллов, проставляемых по результатам контроля посещаемости занятий – 1 Максимальное количество баллов, проставляемых по результатам иных контрольных мероприятий – 2 (самостоятельные работы, тесты, рефераты, деловые игры, тестирование в рамках курса и т.д.) Максимальное количество баллов за работу на практических занятиях – 3 Баллы проставляются после проведения всех практических занятий по дисциплине в семестре. Если баллов набирается более 3 – то ставится «зачет», менее 3 – «незачет» Если студент набирает меньше 3 баллов, ему выдается задание с 5 теоретическими вопросами. Если он отвечает более чем на 4 вопроса , ему ставится – «зачет», менее 4 вопросов – « не зачет»	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ
		1
УК-2	Знает: методы машинного обучения; современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения; способы нанесения покрытий и выращивания деталей	+
УК-2	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	+
УК-2	Имеет практический опыт: проведения анализа данных методами машинного обучения; применения современных цифровых систем автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Оборудование машиностроительных предприятий [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в" А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин, В. И. Выходец и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2009. - 167 с. ил. 21 см.

2. Миронов, Г. В. Проектирование цехов и инвестиционно-строительный менеджмент в металлургии [Текст] учеб. для вузов по направлению "Металлургия" Г. В. Миронов, С. П. Буркин, В. В. Шимов ; под ред. С. С. Набойченко; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Академия, 2010. - 606, [1] с. ил.

3. Экк, Е. В. Проектирование цехов обработки порошковых и композиционных материалов Учеб. пособие к дипломному проекту ЧГТУ, Каф. Машины и технология обработки металлов давлением. - Челябинск, 1992. - 45 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Климов, А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке [Текст] учеб. пособие А. С. Климов, Н. Е. Машнин. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 233 с. ил.

2. Климов, А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке [Текст] учеб. пособие для бакалавров по дисциплине "Роботизир. комплексы и автомат. линии" А. С. Климов, Н. Е. Машнин. - 3-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2017. - 233 с. ил.

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

1. Порошковая металлургия, Аддитивные технологии

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Оборудование аддитивных производств: методические указания к освоению дисциплины [Электронный документ] / О.О.Сиверин. – Челябинск, 2019. – 16 с. Режим доступа: электронная библиотека кафедры ПиМОМД

2. Ляпков А.А. Полимерные аддитивные технологии : учебное пособие / А.А. Ляпков ; – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016 . – 114 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Ляпков А.А. Полимерные аддитивные технологии : учебное пособие / А.А. Ляпков ; – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016 . – 114 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система	Кулик, В. И. Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-

		издательства Лань	Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 160 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122070 (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : учебное пособие / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров ; под редакцией А. Г. Григорьянца. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2006. — 664 с. — ISBN 5-7038-2701-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106474 (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лентовский, В. В. Современная лазерная техника : учебное пособие / В. В. Лентовский, Т. Н. Князева. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 30 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/121829 (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)"-Портал "Электронный ЮУрГУ" (<https://edu.susu.ru>)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	104 (Л.к.)	Оборудование для нанесения покрытий
Лекции		Мультимедийная лекционная аудитория, включая проектор и компьютер с выходом в Интернет
Практические занятия и семинары		Компьютерный класс с установленным ПО и выходом в Интернет.