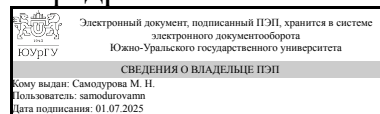


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



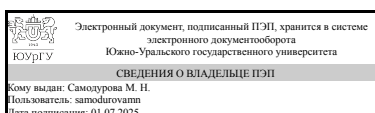
М. Н. Самодурова

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.06.01 Технологии аддитивного производства  
для направления 09.04.03 Прикладная информатика  
уровень Магистратура  
магистерская программа Информационно-измерительные системы  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Информационно-измерительная техника

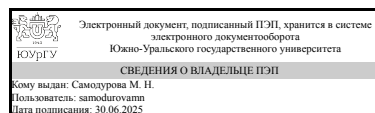
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 916

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-1 Способен осуществлять организацию и управление проведением научно-исследовательских и проектных работ, определенных созданием конкурентоспособных информационных систем | <p>Знает: методы машинного обучения; современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения; способы нанесения покрытий и выращивания деталей</p> <p>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</p> <p>Имеет практический опыт: проведения анализа данных методами машинного обучения; применения современных цифровых систем автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения</p> |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

|                                                               |                                             |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|

|                                                                                                                                                 |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Аппаратное обеспечение автоматизированных систем,<br>Управление IT- проектами,<br>Разработка программного обеспечения автоматизированных систем | Не предусмотрены |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|

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: средства разработки программного обеспечения автоматизированных систем Умеет: поддерживать процесс разработки программного обеспечения информационных систем, разрабатывать программное обеспечение автоматизированных систем Имеет практический опыт: анализа и оценки требований к информационным системам, разработки программного обеспечения автоматизированных систем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Аппаратное обеспечение автоматизированных систем              | Знает: принципы построения и функционирования адаптивных электронных и микропроцессорных систем Умеет: описывать на математическом уровне адаптивные электронные и микропроцессорные системы, применять практические методы адаптивного управления техническими объектами в научно-исследовательских и проектных работах, определенных созданием конкурентоспособных информационных систем Имеет практический опыт: анализа результатов исследований в области создания адаптивных электронных и микропроцессорных систем при создании конкурентоспособных информационных систем                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Управление IT- проектами                                      | Знает: способы управления проектом , включая важнейшие принципы, источники, формы и принципы организации проектного финансирования, специфику реализации проектов, особенности завершения проекта и др., основные источники данных, необходимых для разработки и управления реализацией проекта; формы представления информации о проекте, способы организации и управления проектами Умеет: рассчитывать показатели эффективности различных вариантов проекта и выбрать оптимальный вариант; планировать затраты на производство и реализацию продукции, применять методы измерения и передачи сигналов различной физической природы, обработки полученных данных и анализировать показатели проекта в разных фазах его жизненного цикла, вырабатывать командную стратегию при реализации инновационных промышленных проектов Имеет практический |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | опыт: определения целей, предметной области и структуры проекта, расчета календарного плана осуществления проекта, формирования основных разделов сводного плана проекта анализировать риски проекта, планирования, управления стоимостью и контроля проекта; практическими навыками разработки, реализации и оценки эффективности проекта; навыками управления рисками по проекту, сбора, анализа и обработки данных о проекте, необходимых для принятия управленческих организационных, инвестиционных и финансовых решений |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 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) | 32          | 32                                 |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 0           | 0                                  |
| <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 | 6  | 0  |
| 2         | Аддитивные технологии и быстрое прототипирование                                                   | 8                                         | 2 | 6  | 0  |
| 3         | Аддитивные технологии и «прямое производство. Аддитивные технологии и порошковая металлургия       | 8                                         | 2 | 6  | 0  |
| 4         | Разработка 3D моделей и рабочих чертежей на резинотехнические изделия.                             | 10                                        | 4 | 6  | 0  |
| 5         | Проектирование технологической оснастки (пресс-формы) с применением 3D принтера.                   | 6                                         | 2 | 4  | 0  |
| 6         | Контроль качества изготовления конечных изделий с применением координатно-измерительной машины (3D | 6                                         | 2 | 4  | 0  |

|  |           |  |  |  |  |
|--|-----------|--|--|--|--|
|  | сканера). |  |  |  |  |
|--|-----------|--|--|--|--|

## 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 (слайсинг), 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

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                                | 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). Создание облегчённых конструкций. | 4            |
| 6         | 6         | Биопечать и аддитивные технологии будущего. Инновационные направления.                             | 4            |

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 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 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, | экзамен          |

|  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |  | 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | №<br>КМ |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1       |
| ПК-1        | Знает: методы машинного обучения; современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей, узлов машин и оборудования в области машиностроения; способы нанесения покрытий и выращивания деталей                                                                                                                                       | +       |
| ПК-1        | 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 | +       |
| ПК-1        | 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. Порошковая металлургия и высокотемпературные материалы / М. Кумар, С. Б. Экбоут, Р. К. Суд и др.; Под ред. П. Рамакришнана; Пер. с англ. А.

Н. Штейнберга. - Челябинск : Металлургия. Челябинское отделение, 1990. - 351 с. : ил.

2. 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 |
| Самостоятельная работа студента |               | библготечный фонд                                                                                                                                |
| Лекции                          | 333<br>(Л.к.) | компьютерная техника                                                                                                                             |