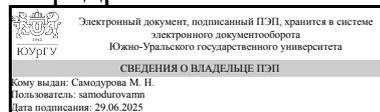


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



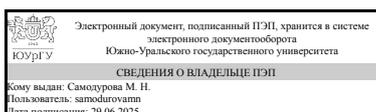
М. Н. Самодурова

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М2.07.02 Технология детонационного напыления  
для направления 15.04.01 Машиностроение  
уровень Магистратура  
магистерская программа Аддитивные технологии  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Информационно-измерительная техника

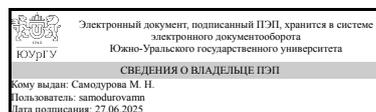
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

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

Цель – дать студенту представление о современных методах создания многофункциональных покрытий методами детонационного напыления (ДТН), разновидности способов, их преимущества и недостатки, а также об основных областях применения. Знание основ в данной области, позволит студенту иметь ценный инструмент в исследовательской карьере для ускорения существующих процессов и решения ранее неразрешимых задач. Задачи – ознакомление с ролью поверхности в процессах разрушения и формирования эксплуатационных свойств деталей машин; ознакомление с основными способами ДТН и технологиями обработки поверхностей для повышения их эксплуатационной надежности; выбор оптимального варианта упрочнения поверхностей с учетом условий их эксплуатации; изучение оборудования и материалов для ДТН; умение проведения контроля качества нанесенного покрытия.

## Краткое содержание дисциплины

Рассматриваются вопросы, связанные с особенностью процессов ДТН, физические основы процессов напыления, классификация методов напыления, общие сведения об основных видах ДТН, видах и конструкций оборудования, тенденции развития и примеры практического использования технологий ДТН.

## 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: принципы планирования и выполнения работ по обеспечению выпуска продукции с применением технологий детонационного напыления<br>Умеет: планировать и выполнять работы по обеспечению выпуска продукции с применением технологий детонационного напыления<br>Имеет практический опыт: планирования работ по обеспечению выпуска продукции с применением технологий детонационного напыления |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

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

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

| Дисциплина  | Требования   |
|---|--|
| 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</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>  |
| 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</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | практический опыт: выполнения работ по лазерной наплавке, выбору сырья и расходных 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 |
| 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   |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 42,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
|  |             | Номер семестра                     |
|  |             | 4                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 108         | 108                                |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 36          | 36                                 |
| Лекции (Л)   | 24          | 24                                 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 0           | 0                                  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 12          | 12                                 |

|  |       |       |
|--|-------|-------|
| Самостоятельная работа (СРС)   | 65,75 | 65,75 |
| Подготовка к зачету  | 25,75 | 25.75 |
| Теоретическая подготовка ко всем видам занятий (изучение теоретических источников) | 16    | 16    |
| Подготовка отчетов к лабораторным работам  | 24    | 24    |
| Консультации и промежуточная аттестация  | 6,25  | 6,25  |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)   | -     | зачет |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    |    |
|-----------|--|---|----|----|----|
|           |  | Всего                                     | Л  | ПЗ | ЛР |
| 1         | История развития детонационных процессов напыления. Структура и свойства поверхностного слоя. Термодинамика поверхностного слоя. Роль поверхности в процессах разрушения | 4   | 4  | 0  | 0  |
| 2         | Физические основы ДТН. Классификация процессов ДТН.  | 4   | 4  | 0  | 0  |
| 3         | Виды детонационного напыления  | 20  | 14 | 0  | 6  |
| 4         | Назначение покрытий. Качественные характеристики покрытий. Определение физико-механических и технологических свойств покрытий  | 8   | 2  | 0  | 6  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия   | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1        | 1         | История развития детонационных процессов напыления.   | 2            |
| 2        | 1         | Структура и свойства поверхностного слоя. Термодинамика поверхностного слоя. Роль поверхности в процессах разрушения. | 2            |
| 3        | 2         | Физические основы процессов детонационного напыления. Классификация процессов ДТН                                     | 2            |
| 9        | 2         | Материалы для напыления и области применения  | 2            |
| 4        | 3         | Газопламенное напыление   | 2            |
| 5        | 3         | Сверхзвуковое газопламенное напыление (HVOF)  | 2            |
| 6        | 3         | Детонационное напыление   | 2            |
| 7        | 3         | Плазменное напыление  | 2            |
| 8        | 3         | Холодное напыление  | 2            |
| 11       | 3         | Качественные характеристики покрытия. Определение физико-механических и технологических свойств покрытий              | 4            |
| 10       | 4         | Назначение покрытий   | 2            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

### 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы | Кол-во |
|-----------|-----------|---|--------|
|-----------|-----------|---|--------|

|   |   |  |       |
|---|---|--|-------|
|   |   |  | часов |
| 1 | 3 | Исследование технологических свойств порошковых материалов для ДТН.  | 2     |
| 2 | 3 | Исследование технологических свойств порошковых материалов для ДТН. Определение режимов ДТН для детонационного напыления. Изучение системы управления компьютеризированным комплексом для детонационного напыления | 4     |
| 3 | 4 | Напыление поверхности заготовок на установке для детонационного напыления.   | 2     |
| 4 | 4 | Напыление поверхности заготовок на установке для детонационного напыления. Определение качества поверхности напыленного покрытия.  | 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 зачету | <p>1. Коробов Ю.С. Анализ свойств газотермических покрытий В двух частях / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург, 2016. Том Часть 2 Оценка параметров покрытий. 2. Коробов Ю.С., Панов В.И., Разиков Н.М. Анализ свойств газотермических покрытий В двух частях / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург, 2016. Том Часть 1 Основные методы и материалы газотермического напыления. 3. Лобанов М.Л., Кардонина Н.И., Россина Н.Г., Юровских А.С. Защитные покрытия Учебное пособие / Екатеринбург, 2014. 4. Людаговский А.В. Газотермическое напыление покрытий учеб. пособие / А. В. Людаговский ; Российский гос. открытый технический ун-т путей сообщ.. Москва, 2006. 5. Шевченко А.И. Интенсификация производства на основе новых технологий Ростов-на-Дону, 2001. Том Часть 2. Русинов П.О., Бледнова Ж.М. Перспективные материалы и технологии Алифанов А.В., Алсараева К.В., Баранникова С.А., Белоцерковский М.А., Белявин К.Е., Бледнова Ж.М., Бородуля В.А., Бучельников В.Д., Виноградов Л.М., Волочко А.Т., Гордиенко Л.А., Гринчук П.С., Громов В.Е., Девойно О.Г., Дробосюк М.О., Дубкова В.И., Жарин А.Л., Жорник В.И., Зайцев Д.В., Зуев Л.Б. и др. Витебск,</p> | 4       | 25,75        |

|   |   |          |           |
|---|---|----------|-----------|
|   | <p>2015. С. 158-178. 6. Износостойкие и защитные покрытия Сергеев Н.Н., Сергеев А.Н., Дорохин Ю.С., Медведев П.Н., Хонелидзе Д.М., Малий Д.В. Учебное пособие / Тула, 2016 123 с. 7. Газотермическое напыление Балдаев Л.Х., Борисов В.Н., Вахалин В.А., Затока А.Е., Захаров Б.М., Иванов А.В., и др. Москва, 2015 89 с.</p>   |          |           |
| <p>Теоретическая подготовка ко всем видам занятий (изучение теоретических источников)</p> | <p>1. Коробов Ю.С. Анализ свойств газотермических покрытий В двух частях / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург, 2016. Том Часть 2 Оценка параметров покрытий. 2. Коробов Ю.С., Панов В.И., Разиков Н.М. Анализ свойств газотермических покрытий В двух частях / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург, 2016. Том Часть 1 Основные методы и материалы газотермического напыления. 3. Лобанов М.Л., Кардонина Н.И., Россина Н.Г., Юровских А.С. Защитные покрытия Учебное пособие / Екатеринбург, 2014. 4. Людаговский А.В. Газотермическое напыление покрытий учеб. пособие / А. В. Людаговский ; Российский гос. открытый технический ун-т путей сообщ.. Москва, 2006. 5. Шевченко А.И. Интенсификация производства на основе новых технологий Ростов-на-Дону, 2001. Том Часть 2. Русинов П.О., Бледнова Ж.М. Перспективные материалы и технологии Алифанов А.В., Алсараева К.В., Баранникова С.А., Белоцерковский М.А., Белявин К.Е., Бледнова Ж.М., Бородуля В.А., Бучельников В.Д., Виноградов Л.М., Волочко А.Т., Гордиенко Л.А., Гринчук П.С., Громов В.Е., Девойно О.Г., Дробосюк М.О., Дубкова В.И., Жарин А.Л., Жорник В.И., Зайцев Д.В., Зуев Л.Б. и др. Витебск, 2015. С. 158-178. 6. Износостойкие и защитные покрытия Сергеев Н.Н., Сергеев А.Н., Дорохин Ю.С., Медведев П.Н., Хонелидзе Д.М., Малий Д.В. Учебное пособие / Тула, 2016 123 с. 7. Газотермическое напыление Балдаев Л.Х., Борисов В.Н., Вахалин В.А., Затока А.Е., Захаров Б.М., Иванов А.В., и др. Москва, 2015 89 с.</p> | <p>4</p> | <p>16</p> |

|   |  |   |    |
|---|--|---|----|
| Подготовка отчетов к лабораторным работам | Износостойкие и защитные покрытия<br>Сергеев Н.Н., Сергеев А.Н., Дорохин Ю.С., Медведев П.Н., Хонелидзе Д.М., Малий Д.В. Учебное пособие / Тула, 2016 123 с. | 4 | 24 |
|---|--|---|----|

## 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        | Промежуточная аттестация | Технология детонационного напыления | -   | 5          | <p>Студенты в течение семестра могут набрать максимум для зачета – 5 баллов. 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 – 2. Максимальное количество баллов, проставляемых по результатам иных контрольных мероприятий – 3 (самостоятельные работы, тесты, рефераты, деловые игры, тестирование в рамках курса и т.д.). Максимальное количество баллов за работу на практических занятиях – 4. Баллы проставляются после проведения всех практических занятий по дисциплине в семестре. Если баллов набирается более 4 – то ставится «зачет», менее 4 – «незачет».</p> <p>Если студент набирает меньше 4 баллов, ему выдается задание с 5 теоретическими вопросами. Если он отвечает более чем на 4 вопроса, ему ставится – «зачет», менее 4 вопросов – «не зачет».</p> | зачет            |

### 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

|                   |                      |                     |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| Вид промежуточной | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|-------------------|----------------------|---------------------|

|            |   |   |
|------------|---|---|
| аттестации |   |   |
| зачет      | <p>Студенты в течение семестра могут набрать максимум для зачета – 5 баллов. 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 – 2. Максимальное количество баллов, проставляемых по результатам иных контрольных мероприятий – 3 (самостоятельные работы, тесты, рефераты, деловые игры, тестирование в рамках курса и т.д.). Максимальное количество баллов за работу на практических занятиях – 4. Баллы проставляются после проведения всех практических занятий по дисциплине в семестре. Если баллов набирается более 4 – то ставится «зачет», менее 4 – «незачет». Если студент набирает меньше 4 баллов, ему выдается задание с 5 теоретическими вопросами. Если он отвечает более чем на 4 вопроса, ему ставится – «зачет», менее 4 вопросов – «незачет».</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения  | №  |
|-------------|--|----|
|             |  | КМ |
|             |  | 1  |
| УК-2        | Знает: принципы планирования и выполнения работ по обеспечению выпуска продукции с применением технологий детонационного напыления | +  |
| УК-2        | Умеет: планировать и выполнять работы по обеспечению выпуска продукции с применением технологий детонационного напыления           | +  |
| УК-2        | Имеет практический опыт: планирования работ по обеспечению выпуска продукции с применением технологий детонационного напыления     | +  |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Панов, В. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них Учеб. пособие для вузов по специальности 110800 "Порошковая металлургия, композиц. материалы, покрытия" В. С. Панов, А. М. Чувилин, В. А. Фальковский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МИСИС, 2004. - 461, [1] с.

#### б) дополнительная литература:

1. Трение, износ и смазка: Трибология и триботехника А. В. Чичинадзе, Э. М. Берлинер, Э. Д. Браун и др.; Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2003. - 575 с. ил.
2. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии [Текст] Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. - М.: Физматлит, 2007. - 367 с. ил.

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Защитные покрытия : учеб. пособие / М. Л. Лобанов, Н. И. Кардонина, Н. Г. Россина, А. С. Юровских. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 200 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Защитные покрытия : учеб. пособие / М. Л. Лобанов, Н. И. Кардонина, Н. Г. Россина, А. С. Юровских. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 200 с.

### Электронная учебно-методическая документация

Нет

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:

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<br>(Л.к.) | ПК, проектор, экран  |
| Лабораторные занятия | 104<br>(Л.к.) | Компьютеризированные комплексы для лазерной наплавки и детонационного напыления  |