

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

УТВЕРЖДАЮ

Начальник УДПО



Быков Л.В.

20\_\_ г.

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ (000000605)

«Материалы, технологии, оборудование для газотермического  
плазменного напыления »

Начальник ОУМО ДПО УДПО

Р.Р. Анамова

" " 20\_\_ г.

Руководитель программы:

*Зав. каф. ТОАД*

(должность)

(подпись)

*Балин*

(инициалы, фамилия)

" " 20\_\_ г.

Москва, 2020 г.

# **1. Общая характеристика программы**

## **1.1 Цель реализации программы**

Целью реализации данной программы является приобретение слушателями новых компетенций в области газотермического плазменного нанесения покрытий на изделия ракетно-космической и авиационной промышленности.

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для качественного изменения компетенций:

- газотермические методы нанесения покрытий, плазменный метод;
- физико-химические основы процесса формирования покрытий;
- материалы для нанесения покрытий;
- практика применения методов плазменного напыления;
- современное оборудование для проведения напыления;
- техника безопасности при проведении процесса плазменного напыления, вредные факторы;
- конструктивные особенности специализированного оборудования, применяемого при плазменном напылении;
- требования, предъявляемые к качеству и методы контроля плазменных покрытий;
- существующие технологии и типовой технологический процесс плазменного напыления;
- организация работы производственного участка плазменного напыления.

## **1.2 Планируемые результаты освоения программы**

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для качественного изменения компетенций, указанных в п.1.1:

слушатель должен:

1. Владеть навыками построения технологических процессов с использованием ЭХО и ЭФО методов;
2. Знать виды ЭХО и ЭФО методов обработки; физические основы ЭХО и ЭФО методов обработки; область применения ЭХО и ЭФО методов
3. Уметь применять методы газотермического напыления для создания защитных покрытий для авиационной и ракетно-космической техники

4. Знать методы газотермического создания защитных покрытий для авиационных и ракетно-космических изделий

### **1.3 Программа разработана на основе профессионального(ых) стандарта(ов) (квалификационных требований):**

Программа предполагает освоение слушателями методов газотермического нанесения защитных покрытий на детали ракетно-космической и авиационной техники.

Программа разработана на основе профессиональных стандартов (квалификационных требований):

Профстандарт 25.010 Инженер-технолог по изготовлению космических аппаратов и систем, 32.002 Специалист по проектированию и конструированию авиационной техники,

Содержание программы направлено на совершенствование следующих трудовых функций, указанных в профстандарте:

- ..... Разработка предложений по повышению эффективности технологических процессов производства КА и систем
- ..... Разработка предложений по составу, конструкции и внедрению новых средств технологического обеспечения производства КА и систем
- ..... Выполнение заданий в рамках НИОКР по освоению и внедрению новых технологических процессов и материалов при производстве КА и систем
- ..... Проведение НИОКР по освоению и внедрению новых технологических процессов, материалов и компьютерных программ при производстве КА и систем
- ..... Организация НИОКР, внедрение новых технологий и материалов при производстве КА и систем

Обобщенные трудовые функции:

«Разработка предложений по повышению эффективности технологических процессов производства КА и систем» (код А/03.6, уровень квалификации 6),

«Разработка предложений по составу, конструкции и внедрению новых средств технологического обеспечения производства КА и систем» (код В/01.6, уровень квалификации 6),

«Выполнение заданий в рамках НИОКР по освоению и внедрению новых технологических процессов и материалов при производстве КА и систем» (код В/04.6, уровень квалификации 6),

«Проведение НИОКР по освоению и внедрению новых технологических процессов, материалов и компьютерных программ при

производстве КА и систем» (код С/03.6, уровень квалификации 6).

#### **1.4 Требования к уровню подготовки поступающего на обучение:**

Лица, имеющие высшее, среднее специальное образование и студенты 4-5 курсов, специалисты предприятий и организаций, занимающиеся профессионально деятельностью в области машиностроения

#### **1.5 Трудоёмкость обучения:**

Трудоёмкость программы - 72 час(-а,-ов).

Аудиторная нагрузка - 43 час(-а,-ов).

Самостоятельная работа слушателей - 29 час(-а,-ов).

Форма обучения - очная, очно-заочная

## 2. Содержание программы

### 2.1 Учебный план программы повышения квалификации «Материалы, технологии, оборудование для газотермического плазменного напыления»

№ п/п	Наименование разделов	Трудоёмкость, час	Аудиторные занятия, дистанционные занятия						СРС, час
			Всего, час	Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, семинары, час	Аттестация		
							час	Форма контроля	
1	Теоретическое обучение	54	36	20	0	16	0	.	18
2	Практика	11	5	0	5	0	0	.	6
3	Итоговая аттестация	7	2	0	0	0	2	Защита итоговой аттестационной работы	5
<b>Итого:</b>		<b>72</b>	<b>43</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>2</b>		<b>29</b>

**2.2 Учебно-тематический план программы повышения  
квалификации  
«Материалы, технологии, оборудование для газотермического  
плазменного напыления »**

№ п/п	Наименование разделов	Трудоёмкость, час	Аудиторные занятия, дистанционные занятия					Аттестация		СРС, час
			Всего, час	Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, семинары, час	Форма контроля			
								час		
<b>1</b>	<b>Теоретическое обучение</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	.	<b>18</b>	
1.1	Газотермические методы нанесения покрытий, плазменный метод	6	4	2	0	2	0		2	
1.2	Физико-химические основы процесса формирования покрытий	6	4	2	0	2	0		2	
1.3	Материалы для нанесения покрытий	8	4	4	0	0	0		4	
1.4	Современное оборудование для проведения напыления	6	4	2	0	2	0		2	
1.5	Техника безопасности при проведении процесса плазменного напыления. Вредные факторы	6	4	2	0	2	0		2	

№ п/п	Наименование разделов	Трудоёмкость, час	Аудиторные занятия, дистанционные занятия					Аттестация		СРС, час
			Всего, час	Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, семинары, час	Форма контроля			
								час		
1.6	Конструктивные особенности специализированного оборудования, применяемого при плазменном напылении.	6	4	2	0	2	0		2	
1.7	Требования, предъявляемые к качеству и методы контроля плазменных покрытий.	4	4	2	0	2	0		0	
1.8	Существующие технологии и типовой технологический процесс плазменного напыления	6	4	2	0	2	0		2	
1.9	Организация работы производственного участка плазменного напыления	6	4	2	0	2	0		2	
<b>2</b>	<b>Практика</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	.	<b>6</b>	
2.1	Практика применения методов плазменного напыления.	6	2	0	2	0	0		4	
2.2	Практическое изучение оборудования для плазменного напыления.	5	3	0	3	0	0		2	

№ п/п	Наименование разделов	Трудоёмкость, час	Аудиторные занятия, дистанционные занятия					Аттестация		СРС, час
			Всего, час	Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, семинары, час				
							час	Форма контроля		
<b>3</b>	<b>Итоговая аттестация</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>Защита итоговой аттестационной работы</b>	<b>5</b>	
3.1	Подготовка итоговой аттестационной работы	5	0	0	0	0	0		5	
3.2	Защита итоговой аттестационной работы	2	2	0	0	0	2	Защита итоговой аттестационной работы	0	
	<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>43</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>2</b>		<b>29</b>	

## **2.3 Содержание разделов программы повышения квалификации**

### **«Материалы, технологии, оборудование для газотермического плазменного напыления»**

#### **Раздел 1. Теоретическое обучение (36ч.)**

Тема 1.1. Газотермические методы нанесения покрытий, плазменный метод (4ч.)

*Газотермические методы создания защитных покрытий.*

*Типы технологических плазмотронов, используемых при плазменном напылении, резке, формовании деталей. Рабочие плазмообразующие газы. Нагревание газа при взаимодействии с его электрическим разрядом. К.п.д. технологических плазмотронов. Технологические возможности и режимы плазменного напыления покрытий, плазменной наплавки, формовки, резки материалов. Схемы ввода порошков в поток плазмы.*

Тема 1.2. Физико-химические основы процесса формирования покрытий (4ч.)

*Рассматриваются процессы прогрева части порошка в высокотемпературной газовой струе. Процессы образования покрытий и взаимодействия частиц с подложкой. Факторы влияющие на качество защитного покрытий. Способы регулирования свойств параметрами технологического процесса.*

Тема 1.3. Материалы для нанесения покрытий (4ч.)

*Рассматриваются материалы для создания защитных покрытий. Теплостойкие, эрозионностойкие, теплозащитные, коррозионностойкие и тд.*

Тема 1.4. Современное оборудование для проведения напыления (4ч.)

*Рассматриваются современные установки для реализации различных методов газотермического напыления. Их преимущества и недостатки*

Тема 1.5. Техника безопасности при проведении процесса плазменного напыления. Вредные факторы (4ч.)

*Обсуждаются вредные факторы воздействующие на человека при газотермическом напылении и способы нивелирования их*

Тема 1.6. Конструктивные особенности специализированного оборудования, применяемого при плазменном напылении. (4ч.)

*Обсуждаются требования, предъявляемые к специализированной части оборудования плазменного и газотермического напыления. Камеры с контролируемой средой, боксы для напыления, манипуляторы и роботизированные комплексы*

Тема 1.7. Требования, предъявляемые к качеству и методы контроля плазменных покрытий. (4ч.)

*Обсуждаются параметры качества защитных покрытий и методы их контроля. Оборудование и инструментарий для производственного контроля защитных покрытий*

Тема 1.8. Существующие технологии и типовой технологический процесс плазменного напыления (4ч.)

*Принципы построения технологических процессов газотермического напыления. Разработка технологического процесса плазменного напыления. Примеры его реализации.*

Тема 1.9. Организация работы производственного участка плазменного напыления (4ч.)

*Рассматриваются принципы организации производственного участка газотермического напыления защитных покрытий. Пример участок плазменного напыления*

## **Раздел 2. Практика (5ч.)**

Тема 2.1. Практика применения методов плазменного напыления. (2ч.)

*Демонстрация плазменного напыления различных материалов  
Изучение состава плазменной установки*

Тема 2.2. Практическое изучение оборудования для плазменного напыления. (3ч.)

*Изучение на практике плазменной установки. Напыление различного вида защитных покрытий. Выбор режимов напыления. Оценка качества покрытий*

### Раздел 3. Итоговая аттестация (2ч.)

Тема 3.1. Подготовка итоговой аттестационной работы (0ч.)

*Подготовка итоговой аттестационной работы и презентации*

Тема 3.2. Защита итоговой аттестационной работы (2ч.)

*Слушатели выступают с докладом и презентацией по теме своей итоговой аттестационной работы и отвечают на вопросы*

#### Перечень лекций

Номер темы	Наименование лекции	Трудоемкость, час.
1.1	Газотермические методы нанесения покрытий, плазменный метод	2
1.2	Рассматриваются процессы прогрева части порошка в высокотемпературной газовой струе. Процессы образования покрытий и взаимодействия частиц с подложкой	2
1.3	Материалы для нанесения покрытий	4
1.4	Рассматриваются современные установки для реализации различных методов газотермического напыления. Их преимущества и недостатки	2
1.5	Техника безопасности при проведении процесса плазменного напыления. Вредные факторы	2
1.6	Конструктивные особенности специализированного оборудования, применяемого при плазменном напылении.	2
1.7	Требования, предъявляемые к качеству и методы контроля плазменных покрытий.	2
1.8	Существующие технологии и типовой технологический процесс плазменного напыления	2
1.9	Организация работы производственного участка плазменного напыления	2

#### Перечень лабораторных работ

<b>Номер темы</b>	<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Трудоемкость, час.</b>
2.1	Практика применения методов плазменного напыления.	2
2.2	Практическое изучение оборудования для плазменного напыления.	3

### **Перечень практических занятий**

<b>Номер темы</b>	<b>Наименование практического занятия</b>	<b>Трудоемкость, час.</b>
1.1	Газотермические методы нанесения покрытий, плазменный метод	2
1.2	Рассматриваются процессы прогрева части порошка в высокотемпературной газовой струе. Процессы образования покрытий и взаимодействия частиц с подложкой	2
1.4	Рассматриваются современные установки для реализации различных методов газотермического напыления. Их преимущества и недостатки	2
1.5	Техника безопасности при проведении процесса плазменного напыления. Вредные факторы	2
1.6	Конструктивные особенности специализированного оборудования, применяемого при плазменном напылении.	2
1.7	Требования, предъявляемые к качеству и методы контроля плазменных покрытий.	2
1.8	Существующие технологии и типовой технологический процесс плазменного напыления	2
1.9	Организация работы производственного участка плазменного напыления	2

### **Самостоятельная работа слушателей (СРС)**

<b>Номер темы</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Трудоемкость, час.</b>
1.1	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	2
1.2	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	2

1.3	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	4
1.4	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	2
1.5	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	2
1.6	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	2
1.8	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	2
1.9	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	2
2.1	Закрепление знаний и дополнение материалов пройденных занятий самостоятельным изучением рекомендованных источников. Выполнение учебных заданий.	4
2.2	Закрепление полученных навыков на рабочем месте	2
3.1	Подготовка к итоговой аттестации	5

## 2.4 Организационно-педагогические условия реализации программы повышения квалификации

### «Материалы, технологии, оборудование для газотермического плазменного напыления»

#### Материально-технические условия

Вид занятий	Вид учебного помещения	Среда обучения	Оборудование	Программное обеспечение
Лекция	Аудитория	Контактная работа	Ноутбук, видеопроектор, экран	не требуется
Практическое занятие, семинар	Аудитория	Контактная работа	Ноутбук, видеопроектор, экран	MS Office, MathCad
Лабораторная работа	Лаборатория	Контактная работа	Установка плазменного напыления УПУ 3Д, У становка плазменного напыления УПНКС-2. Установка плазменный скальпель, Пескоструйная камера	не требуется

#### Учебно-методическое обеспечение программы

##### Литература:

1. Бобров Г В Теория и технология формирования неорганических покрытий: Монография / Г.В. Бобров, А.А. Ильин, В.С. Спектор. - М.: Альфа-М, 2014. - 928 с.

2. Балдаев Л.Х. Газотермическое напыление Уч. Пособие , ООО Маркет ДС Корпарейшен Москва 2007. -333 с.
3. А.В.Ильющенко и др. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование. Минск, Беларусь. Навука, 2011 – 357 с.
4. Защитные покрытия: учебное пособие М.Л. Лобанов и др. Екатеринбург изда-вл Урал. универ. 2014 г. 200 с
5. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов. В.Н. Анцифиров. Г.В. Бобров и др. Москва. Металлургия 1987г. -792 с.
6. Металлические порошки и порошковые материалы: Справочник. Б.Н. Бабич и др. Экомет 2005 г. – 520 с
7. Бобров Г.В. Нанесение неорганических покрытий: Учебное пособие для студентов вузов. М. «Интермет инжиниринг» 2004 г. – 624 с
8. Калита В.И.. Комлев Д.В. Плазменные покрытия с нанокристаллической и аморфной структурой : Монография, М. ЛидерМ, . 2008 г. -338 с
9. В.В.Кудинов, Г.В.Бобров Нанесение покрытий напыление. Теория. Технология и оборудование. Москва, Металлургия 1992 г.- 432 с.
10. Удалов Ю.Л. и др. Технология неорганических порошковых материалов и функциональных покрытий СПб, 1999 г.320 с
11. Ю.С.Борисов и др. Газотермические покрытия из порошковых материалов: Справочник. Киев. Наукова Думка. 1987 г. 520с
12. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. СПб: Изд-во Политехи, ун-та, 2013. 406 с.

### **Кадровое обеспечение программы**

Обучение по программе проводят сотрудники кафедры "Технология производства авиационных двигателей", ведущие научную и исследовательскую деятельность в области газотермического плазменного напыления и высокотемпературных испытаний.

### **3. Оценка качества освоения программы**

Текущий контроль проводится в форме опроса слушателей по темам занятий. Примеры вопросов приведены в приложении А.

Освоение программы завершается итоговой аттестационной работой. Обучающихся подготавливают итоговую аттестационную работу и презентацию.

Выполнение итоговой аттестационной работы предполагает знание слушателями теоретических основ процессов газотермического напыления, методов контроля качества покрытий, организации участков газотермического напыления, техники безопасности при проведении процесса плазменного напыления. Защита итоговой аттестационной работы (ИАР) проводится в виде доклада. Примерные темы ИАР и требования к ней приведены в приложениях Б и В.

#### **4. Календарный учебный график**

<b>Календарный месяц, в котором проводится обучение по программе</b>	<b>Срок проведения обучения по программе</b>
Январь – июнь, сентябрь - декабрь (по мере комплектования групп)	Срок освоения программы, включая итоговую аттестацию, - 72 час(-а,-ов)

#### **Примечание**

Календарный учебный график является примерным. Даты обучения будут определены в расписании занятий при наборе группы на обучение.

#### **5. Руководитель и составители программы**

Бабин Сергей Васильевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой "Технология производства авиационных двигателей"

**Приложение А**  
**к программе повышения квалификации**  
**«Материалы, технологии, оборудование для газотермического плазменного**  
**напыления »**

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Плазменная обработка.
2. Детонационная обработка
3. Классификация методов
4. Физические основы плазменной обработки
5. Принципиальная конструкция плазмотрона
6. Плазменная резка
7. Плазменное напыление покрытий (метод проволоки)
8. Плазменное напыление покрытий (метод порошка)
9. Плазменное напыление покрытий (метод шнуров)
10. Основные параметры покрытия сформированного из отдельных частиц
11. Физические основы детонационной обработки
12. Рабочий цикл
13. Параметры детонационного фронта горения
14. Область применения газотермических покрытий
15. Преимущества и недостатки плазменного напыления
16. Преимущества и недостатки высокоскоростного напыления
17. Преимущества и недостатки газопламенного напыления
18. Преимущества и недостатки электродуговой металлизации
19. Преимущества и недостатки сверхзвукового газопламенного напыления
20. Преимущества и недостатки детонационного напыления
21. Преимущества и недостатки
22. Классификация материалов для газотермического напыления
23. Состав плазменной установки
24. Состав установки для газопламенного напыления
25. Состав установки для детонационного напыления
26. Конструкция плазмотрона для порошкового напыления
27. Типы порошковых дозаторов

28. Конструкция детонационной установки
29. Технологические факторы влияющие на качество покрытий
30. Влияние скорости плазменного потока на адгезионную прочность покрытия
31. Влияние состава газа на энтальпию плазменной струи и ее характеристики.
32. Влияние температуры подложки на адгезионную прочность и пористость покрытия
33. Контролируемые параметры газотермических покрытий
34. Методы измерения пористости покрытий
35. Методы измерения адгезионной прочности
36. Организация производственного участка для газотермического напыления
37. Физико – химические способы активации подложки
38. Материалы для нанесения покрытий
39. Современное оборудование для плазменного напыления
40. Современное оборудование для газопламенного напыления
41. Современное оборудование для детонационного напыления
42. Современное оборудование для высокоскоростного плазменного напыления
43. Современное оборудование для плазменного напыления в динамическом вакууме
44. Техника безопасности при газотермическом напылении
45. Вредные факторы влияющие на человека при плазменном напылении
46. Требования, предъявляемые к качеству и методы контроля плазменных покрытий.
47. Существующие технологии и типовой технологический процесс плазменного напыления.
48. Организация работы производственного участка плазменного напыления
49. Специализированные установки плазменного напыления
50. Неразрушающие методы контроля защитных покрытий

## Приложение Б

### к программе повышения квалификации

### «Материалы, технологии, оборудование для газотермического плазменного напыления»

#### ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ИТОГОВЫХ АТТЕСТАЦИОННЫХ РАБОТ

1. Разработать технологический процесс создания износостойкого покрытий для детали типа вал.
2. Разработать технологический процесс создания теплозащитного покрытия на деталь изделия ракетно-космической промышленности
3. Разработать технологический процесс создания термоэрозионностойкого покрытия на деталь изделия ракетно-космической промышленности из углерод-углеродного материала
4. Разработать технологический процесс создания коррозионностойкого теплозащитного покрытия на деталь изделия авиационного двигателя
5. Разработать технологический процесс создания износостойкого покрытия на деталь автомобиля с целью восстановления вала
6. Разработать технологический процесс создания коррозионностойкого покрытия
7. Разработать технологический процесс создания покрытия для подшипников скольжения
8. Разработать технологический процесс создания противокавитационного эрозионностойкого покрытия на детали гидротурбины
9. Разработать технологический процесс создания покрытия для защиты изделия от гидро-абразивного износа
10. Разработать технологический процесс создания покрытия на деталь по предложению слушателя .

## **ТРЕБОВАНИЯ К ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

Объем работы должен составлять 15-20 страниц, включая иллюстрации.

Рекомендуемая структура выпускной работы:

1. Анализ выданного задания, определение способа изготовления изделия.
2. Выбор технологических условий получения покрытия
3. Выбор материалов для создания покрытия
4. Выбор оборудования для напыления
5. Выбор технологических режимов создания покрытия
6. Организация плазменного участка
7. Выбор методов контроля процесса создания покрытия
8. Выбор методов контроля качества покрытия
9. Заключение, выводы по проделанной работе

Работа оформляется в соответствии с требованиями оформления научных работ, изложенными в ГОСТ 7.32-2017.