Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**"Московский авиационный институт**
**(национальный исследовательский университет)"**

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебной работе

_____Козорез Д.А.
3 июля 2023 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000192434)

Технология ЭХО и ЭФО

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

**Направление подготовки** 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
**Квалификация выпускника** Бакалавр

**Профиль подготовки** Технология производства авиационных ГТД
**Форма обучения** очная
(очно, очно-заочное, заочное)
**Выпускающая кафедра** ТПАД
**Обеспечивающая кафедра** ТПАД
**Кафедра-разработчик рабочей программы** ТПАД

| Семестр | З.Е. | Трудоемкость, час. | Лекций, час. | Практич. занятий, час. | Лаборат. работ, час. | СРС, час | Экзаме-нов, час. | Форма промежуточного контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 2 | 72 | 24 | 0 | 20 | 28 | 0 | Зч |
| **Итого** | **2** | **72** | **24** | **0** | **20** | **28** | **0** | |

**Москва**
2023

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Разделы рабочей программы**

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

Приложение 1. Аннотация рабочей программы
Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО (3++) по направлению 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

---

Авторы программы:

Бабин С.В. _____

Заведующий обеспечивающей кафедрой ТПАД _____

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой ТПАД

Директор выпускающего филиала СТ

_____ _____

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Технология ЭХО и ЭФО является достижение следующих результатов освоения(РО):

| N | Шифр | Результат обучения |
|---|---|---|
| 1 | У-2(ПКР-20.1) | Уметь выбирать рациональный способ изготовления деталей |
| 2 | У-3(ПКР-20.1) | Уметь выбирать способы реализации технологических процессов при изготовлении и сборке ДЛА |
| 3 | З-1(ДПК-4.2) | Знать основные требования к уровню основных показателей качества изделий АКТ, в том числе точности, взаимозаменяемости, работоспособности и др |
| 4 | У-1(ДПК-4.3) | Уметь интегрировать имеющиеся и наращивать накопленные знания в области каче-ства изделий авиационного двигателестроения в объеме, необходимом для профессио-нальной деятельности |
| 5 | В-3(ДПК-5.2) | Владеть навыками построения технологических процессов с использованием ЭХО и ЭФО методов; |
| 6 | В-2(ДПК-5.3) | Владеть навыками правильного выбора метода обработки средств технологического оснащения, отвечающих требованиям по качеству и точности в условиях конкретного производственного участка |
| 7 | З-1(ДПК-6.1) | Знать основы физических явлений происходщих в процессе обработки деталей ДЛА |

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

| N | Шифр | Компетенция |
|---|---|---|
| 1 | ДПК-4 | Способность осуществлять экспертизу технической документации, надзор и контроль за состоянием и эксплуатацией оборудования, определять причины появления брака. |
| 2 | ДПК-5 | Способность разрабатывать технологию изготовления, маршрутные и операционные карты технологических процессов изготовления отдельных деталей и узлов дла |
| 3 | ДПК-6 | Способность исследовать и анализировать причины брака в производстве и разрабатывать предложения по его предупреждению и устранению. |
| 4 | ПКР-20 | Способен участвовать в работах по проектированию и реализации основных технологических процессов при производстве ДЛА |

Индикаторы достижения компетенций, служащие для проверки сформированности части соответствующей компетенции:

| N | Шифр | Индикатор компетенций |
|---|---|---|
| 1 | ДПК-4.2 | Применяет знания методов и средств диагностики технологического оборудования по параметрам точности, жесткости, повторяемости |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | ДПК-4.3 | Формирует обоснованное заключение по эксплуатационной эффективности технологического оборудования и средств технологического оснащения |
| 3 | ДПК-5.2 | Обладает знаниями принципов разработки оптимальных технологических процессов изготовления элементов аэрокосмической техники |
| 4 | ДПК-5.3 | Применяет знания методов технологичесого проектирования для разработки высокоэффективных производственных процессов |
| 5 | ДПК-6.1 | Демонстрирует знания особенностей технологических процессов впроизводстве ДЛА, способность анализировть причины брака в производстве и разрабатывать предложения по его предупреждению и устранению |
| 6 | ПКР-20.1 | Принимает участие в работах по выбору рационального технологического процесса изготовления деталей и сборочных единиц ДЛА |
| 7 | ПКР-20.1 | Принимает участие в работах по выбору рационального технологического процесса изготовления деталей и сборочных единиц ДЛА |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Технология ЭХО и ЭФО является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

| N | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины |
|---|---|---|
| 1 | Теория резания и режущий инструмент | Оборудование с ЧПУ (Программно управляемое оборудование для механической обработки) |
| 2 | Технологическая практика | Итоговая гос. аттестация |
| 3 | Производственная практика | Технология заготовительного производства (Технология заготовительно-штамповочных работ) |
| 4 | Методы обработки деталей, станки и инструмент | Технология производства АД и ЭУ |
| 5 | | Преддипломная практика |
| 6 | | Автоматизация технологических процессов (Технические средства автоматизации ТП ДЛА) |
| 7 | | Проектирование механосборочных цехов |
| 8 | | Автоматизированные системы проектирования технологических процессов (PLM-технологии в производстве ДЛА) |
| 9 | | Объекты промышленного производства |
| 10 | | Технологическая оснастка |

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы), 72 часа(ов).

| Модуль | Раздел | Лекции | Практич. занятия | Лаборат. работы | СРС | Всего часов | Всего с экзаменами и курсовыми |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Технология ЭХО и ЭФО | Классификация методов | 2 | 0 | 4 | 5 | 11 | 72 |
| | Технология и оборудование плазменной обработки | 2 | 0 | 12 | 9 | 23 | |
| | Технология и оборудование УЗО | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | |
| | Технология и оборудование ЭЭО | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | |
| | Технология и оборудование лазерной обработки | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | |
| | Технология и оборудование электронно-лучевой обработки | 2 | 0 | 4 | 5 | 11 | |
| | Технология и оборудование ЭХО | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | |
| | Технология и оборудование импульсной плазменной обработки | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | |
| | Технология и оборудование гидроимпул-сной обработки | 4 | 0 | 0 | 2 | 6 | |
| | Технология и оборудование детонацион-ных методов обработ-ки | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | |
| | Комбинированная обработка материалов | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | |
| **Всего** | | **24** | **0** | **20** | **28** | **72** | **72** |

### 3.1. Лекции

| № п/п | Раздел дисциплины | Объем часов | Тема лекции |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.1.Классификация методов | 2 | Введение.Классификация методов |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | 1.2.Технология и оборудование плазменной обработки | 2 | Технология и оборудование плазменной обработки |
| 3 | 1.3.Технология и оборудование УЗО | 2 | Технология и оборудование УЗО |
| 4 | 1.4.Технология и оборудование ЭЭО | 2 | Технология и обору-дование ЭЭО |
| 5 | 1.5.Технология и оборудование лазерной обработки | 2 | Технология и оборудование лазерной об-работки |
| 6 | 1.6.Технология и оборудование электронно-лучевой обработки | 2 | Технология и оборудование электронно-лучевой обработки |
| 7 | 1.7.Технология и оборудование ЭХО | 2 | Технология и обору-дование ЭХО |
| 8 | 1.8.Технология и оборудование импульсной плазменной обработки | 2 | Технология и оборудование импульсной плазменной обработки |
| 9 | 1.9.Технология и оборудование гидроимпул-сной обработки | 2 | Технология и обору-дование гидроимпуль-сной обработки |
| 10 | 1.9.Технология и оборудование гидроимпул-сной обработки | 2 | Технология гидроабразивной обработки |
| 11 | 1.10.Технология и оборудование детонацион-ных методов обработ-ки | 2 | Технология и оборудование детонацион-ных методов обработ-ки |
| 12 | 1.11.Комбинированная обработка материалов | 2 | Комбинированная об-работка материалов |
| **Итого:** | | **24** | |

### 3.2. Содержание лекций

**1.1.1. Введение.Классификация методов (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Развитие принципиально новых электрохимических(ЭХ) и элек-трофизических (ЭФ) технологий. Основные способы ЭХО и ЭФО, сведения из истории их развития. Понятие об общих основных методах обработки материалов.
Обзор ЭХО иЭФО методов. Классификация методов по физическим принципам воздействия на обрабатываемый материал.

**1.2.1. Технология и оборудование плазменной обработки (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Типы технологических плазмот-ронов, используемых при плаз-менном напылении, резке, фор-мовании 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 наплав-ки, формовки, резки материалов. Схемы ввода порошков в поток плазмы.

**1.3.1. Технология и оборудование УЗО (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Схема ультрозвукового генера-тора. Виды концентраторов. Точность ультрозвуковой обра-ботки. Качество поверхности ультрозвуковой обработки. Тех-нологические возможности ме-талла.

**1.4.1. Технология и обору-дование ЭЭО (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Принципиальная схема генератора импульсов. Типы оборудо-вания и источников питания. Инструменты для ЭЭО, виды деталей, обрабатываемых ЭЭ методом. Многоинструментальная обработка.

**1.5.1. Технология и оборудование лазерной об-работки (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Технология лазерной обработки: сварки, резки, прошивки отвер-стий, упрочнение поверхностей, закалка и аморфизация поверх-ностного слоя металлов и дета-лей. Выбор режимов. Техноло-гические возможности лазерной размерной обработки.

**1.6.1. Технология и оборудование электронно-лучевой обработки (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Технология электроннолучевой обработки: сварка, резка, про-шивка отверстий. Влияние ха-рактеристик электронного луча и теплофизических свойств материалов на качество обработанной поверхности. Точность обработки.

**1.7.1. Технология и обору-дование ЭХО (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Технологические характеристи-ки ЭХО. Обработка в потоке электролита с неподвижным и подвижным катодом- инструментом: обработка и доводка от-верстий, обработка внутренних и наружных фасонных поверхностей, удаление заусенцев и притупление острых кромок, разрезка материалов и маркировка деталей. Обору-дование для ЭХО размерной обработки, его возможности и общая характеристика. Техника безопасности и охрана окружа-ющей среды.

**1.8.1. Технология и оборудование импульсной плазменной обработки (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Типы импульсных плазменных ускорителей, используемых при импульсной обработки. Принцип работы коаксиального и рельсового ускорителя. Нагревание газа при взаимодействии с его электрическим разрядом. Техно-логические возможности и режимы импульсной плазменной обработки.

**1.9.1. Технология и обору-дование гидроимпуль-сной обработки (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Формообразование под действи-ем электрического разряда в жидкости. Штамповка. Нанесе-ние покрытий электрическим взрывом проводника.

**1.9.2. Технология гидроабразивной обработки (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Методы раскроя заготовок гидроабразивной струей. 2ч - 5ти координатная обработка. Современное обрудоывание для ГОО.

**1.10.1. Технология и оборудование детонацион-ных методов обработ-ки (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Оборудование для детонацион-ных методов обработки. Флиг-матизирующие газы, горючие смеси. Принцип метода упроч-нения и нанесения покрытий.

**1.11.1. Комбинированная об-работка материалов (АЗ: 2, СРС: 1)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Интенсификация обработки при совместном использовании не-скольких методов одновремен-но: плазменно-механическая об-работка, механическая, электро-эрозионная и электрохимическая с наложением ультразвука.

### 3.3 Практические занятия

Не предусмотрено учебным планом.

### 3.4. Лабораторные работы

| № п/п | Раздел дисциплины | Объем часов | Наименование лабораторной работы | Наименование лаборатории |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.1.Классификация методов | 4 | Изучение оборудования и способов формирования газотерми-ческих покрытий (газопламен-ный метод) | Электрофизические и электрохимические методы обработки |
| 2 | 1.2.Технология и оборудование плазменной обработки | 4 | Изучение оборудования и способов формирования газотер-мических покрытий (плазменный метод) | Электрофизические и электрохимические методы обработки |
| 3 | 1.2.Технология и оборудование плазменной обработки | 4 | Изучение конструкции плазмен-ной установки упу-3д | Электрофизические и электрохимические методы обработки |
| 4 | 1.2.Технология и оборудование плазменной обработки | 4 | Определение теплового коэффи-циента полезного действия плаз-мотрона | Электрофизические и электрохимические методы обработки |
| 5 | 1.6.Технология и оборудование электронно-лучевой обработки | 4 | Изучение конструкции элек-троннолучевой установки УЭЛС – 902М | Электрофизические и электрохимические методы обработки |
| **Итого:** | | **20** | | |

### 3.5.Содержание лабораторных работ

**1.1.1. Изучение оборудования и способов формирования газотерми-ческих покрытий (газопламен-ный метод) (АЗ: 4, СРС: 4)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**1.2.1. Изучение оборудования и способов формирования газотер-мических покрытий (плазменный метод) (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**1.2.2. Изучение конструкции плазмен-ной установки упу-3д (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**1.2.3. Определение теплового коэффи-циента полезного действия плаз-мотрона (АЗ: 4, СРС: 4)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**1.6.1. Изучение конструкции элек-троннолучевой установки УЭЛС – 902М (АЗ: 4, СРС: 4)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

**3.6. Курсовые работы и проекты по дисциплине**

**3.7. Промежуточная аттестация**

1. Зачет (7 семестр)

**Прикрепленные файлы:** Вопросы для тестирования.pdf, Билеты Технология ЭХО и ЭФО.pdf

# 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

# 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Описание показателей, критерии оценивания компетенций и описание шкал оценивания осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения студентов по дисциплине (Приказ №42 от 04.04.2014 «Об утверждении положения «Рейтинг по дисциплине»).

Для оценивания интегрированных и практико-ориентированных заданий обучающихся используются следующие критерии по 100-балльной шкале:

1. Формулирование представленной информации в виде проблемы;
2. Предложение способа решения проблемы;
3. Обоснование способа решения проблемы;
4. Демонстрация способа решения проблемы.

Оценивание осуществляется по следующей шкале:

| 100-балльная шкала | Результат освоения |
|---|---|
| менее 40 | Критерий не сформирован |
| 41-70 | Критерий четко не выражен |
| 71-100 | Критерий выражен четко |

Для оценивания ситуационных заданий используется следующая шкала:

| 100-балльная шкала | Результат освоения |
|---|---|
| менее 30 | обучающийся не может сформулировать проблему, представленную в задании |
| 31-50 | обучающийся формулирует поставленную задачу, у него сформированы изолированные знания и умения, однако отсутствуют интегрированные понятия и навыки, в результате чего допущены ошибки в решении и задание не выполнено |
| 51-80 | задание выполнено, обучающийся применяет знания для решения поставленной проблемы, однако не сформированы компетенции, вследствие чего обучающийся испытывает затруднения в демонстрации способов решения задачи |
| 81-100 | задание выполнено как в теоретическом, так и в практическом плане, обучающийся легко демонстрирует свою компетентность по данному вопросу |

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения, включают в себя:

• вопросы к промежуточной аттестации.

Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:

| N | Шифр | Компетенция | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|---|
| 1 | ДПК-4 | Способность осуществлять экспертизу технической документации, надзор и контроль за состоянием и эксплуатацией оборудования, определять причины появления брака. | Знать основные требования к уровню основных показателей качества изделий АКТ, в том числе точности, взаимозаменяемости, работоспособности и др<br>Уметь интегрировать имеющиеся и наращивать накопленные знания в области каче-ства изделий авиационного двигателестроения в объеме, необходимом для профессио-нальной деятельности Семестр - 7 |
| 2 | ДПК-5 | Способность разрабатывать технологию изготовления, маршрутные и операционные карты технологических процессов изготовления отдельных деталей и узлов дла | Владеть навыками построения технологических процессов с использованием ЭХО и ЭФО методов;<br>Владеть навыками правильного выбора метода обработки средств технологического оснащения, отвечающих требованиям по качеству и точности в условиях конкретного производственного участка Семестр - 7 |
| 3 | ДПК-6 | Способность исследовать и анализировать причины брака в производстве и разрабатывать предложения по его предупреждению и устранению. | Знать основы физических явлений происходщих в процессе обработки деталей ДЛА Семестр - 7 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | ПКР-20 | Способен участвовать в работах по проектированию и реализации основных технологических процессов при производстве ДЛА | Уметь выбирать рациональный способ изготовления деталей Уметь выбирать способы реализации технологических процессов при изготовлении и сборке ДЛА Семестр - 7 |

## Вопросы к промежуточной аттестации

"Технология ЭХО и ЭФО"

1. **Зачет (7 семестр)**

**Прикрепленные файлы:** Вопросы для тестирования.pdf, Билеты Технология ЭХО и ЭФО.pdf

# 6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

***а) Основная литература:***


• 1. С.Н.Григорьев и др. Технология обработки концентрированными потоками энергии. Старй оскол: Изд-во "ТНТ", 2015 г. 280 с.

2. В.А.Носенко, М.В.Даниленко Физико-химические методы обработки материа-лов., Старй оскол: Изд-во "ТНТ", 2015 .- 196 с.

3. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в авиадвигателестроении. Уч. Пособие 2006 г. . под ред. В.Ф. Безъязычного

4. Бобров Г В Теория и технология формирования неорганических покрытий: Мо-нография / Г.В. Бобров, А.А. Ильин, В.С. Спектор. - М.: Альфа-М, 2014. - 928 с.: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=471414

5. Ильин А. А.Вакуумная ионно-плазменная обработка: Учебное пособие / А.А. Ильин, В.В Плихунов, Л.М. Петров и др. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 160 с http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=426490

6. Киселев М. Г.Электрофизические и электрохимические способы обработки ма-териалов: Учебное пособие / М.Г. Киселев и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. зна-ние, 2014. - 389 с. http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=441209

7. И.Б.Бойцов Технологические методы повышения прочности и долговечности: Учебное пособие для студентов. 2005 г. 128 с.

8. Петренко, В. Р. Химико-термическая, электрофизическая обработка металлов, сплавов и гальванических покрытий [Электронный ресурс] : Монография / В. Н. Гадалов, В. Р. Петренко, В. В. Пешков, С. В. Сафонов. - М. : АРГАМАК - МЕДИА , 2013. - 320 с. http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429021

обработки материалов: учеб. пособие / Т.Р. Абляз, А.М. Ханов, О.Г. Хурматуллин. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 121 (Электронный ресурс – доспуп сервер кафедры ТПАД).

10. Богданов А.В., Мисюров А.И., Смирнова Н.А. Теоретические основы лазер-ной обработки: Методические указания к лабораторным работам / Под ред. А.Г. Гри-горьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 23 с (Электронный ресурс – доспуп сервер кафедры ТПАД).

11. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руко-водство для инженеров. СПб: Изд-во Политехи, ун-та, 2013. 406 с. (Электронный ре-сурс – доспуп сервер кафедры ТПАД). (Электронный ресурс – доспуп сервер кафедры ТПАД).

12. А.В. Аверьянова, Клепиков В.В. Технология машиностроения. Высокоэнерге-тические и комбинированные методы обработки: Учебное пособие. М.: Форум. -2008 304 с. (Электронный ресурс – доспуп сервер кафедры ТПАД).

13. Боровский В.Г. Современные технологии обработки материалов –М.: Машино-строение 2015 г. – 304 с. (Электронный ресурс – доспуп сервер кафедры ТПАД).

***б) Дополнительная литература:***


- 1.Елисеев Ю.С., Крымов В.В., и др., Физико-химические методы в производстве газотурбинных двигателей. Под редакцией прфессора Б.П. Саушкина., Москва, 2002.

2.Бобров Г.В. , Ильин А.А. Нанесение неорганических покрытий М.: Интермет Инжиниринг, 2004г.

3.Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дрожалова В. И.. Электрофизические и электро-химические методы обработки материалов. М. «Высшая школа» 1983.

4.Каундас С.П., Ланин В. Л., и др. Ультразвуковые процессы в производстве изде-лий электронной техники. Минск Беспрнт 2002.

5. Богданов А.В., Мисюров А.И., Смирнова Н.А. Теоретические основы лазерной обработки: Методические указания к лабораторным работам / Под ред. А.Г. Григорь-янца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 23 с

6. Бабин С.В., Егоров Е.Н. Изучение оборудования и способов формирования газо-термических покрытий (газопламенный метод): Методические указания к лаборатор-ным работам – М.: МАТИ, 2009. – 21 с

7. Бабин С.В., Егоров Е.Н. Изучение оборудования и способов формирования газо-термических покрытий (плазменный метод): Методические указания к лабораторным работам – М.: МАТИ, 2009. – 16 с

8. Бабин С.В., Егоров Е.Н. Изучение конструкции плазменной установки УПУ-3Д: Методические указания к лабораторным работам – М.: МАТИ, 2008. – 16 с

9. Бабин С.В., Егоров Е.Н. Определение теплового коэффициента полезного дей-ствия плазмотрона: методические указания к лабораторной работе по дисциплине : Методические указания к лабораторным работам – М.: МАТИ, 2008. – 20 с


## 7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

| Наименование ресурса | Интернет-ссылка на ресурс |
|---|---|
| **"ZNANIUM.COM"** | |
| Договор № 4855 эбс/027-1-3200-20 от 08.12.2020 с ООО "ЗНАНИУМ" С «18»12.2020 г. по «17»12.2021 г | http://znanium.com |
| Договор № эбс/027-1-3026-21 от 22.12.2021 с ООО "ЗНАНИУМ" С «15»12.2021 г. по «31»12.2022 г | https://znanium.com/ |
| Договор № эбс/027-1-2586-22 от 07.12.2022 с ООО "ЗНАНИУМ" С «20»12.2022 г. по «31»12.2023 г | |

| | |
|---|---|
| **ООО "Издательство Лань"** | |
| Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022 г | e.lanbook.com |
| Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022 | |
| Договор № СЭБ 027-0-0400-21 от 15.09.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «15 »_09. 2021г. по « 14» 09.2024 | |
| Договор № 027-1-0169-22 от 07.02.2022 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023 г | |
| Договор № 027-1-0168-22 от 07.02.2022 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023 | |
| **ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ"** | |
| Электронная библиотечная система ЮРАЙТ. ЭБС "Легендарные книги" | http://biblio-online.ru, https://biblio-online.ru/catalog/legendary |
| Договор № 027-1-3191-20 от 04.12.2020г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО С «04»12.2020 г. по «03»12.2021 | https://urait.ru/ |
| Договор № 027-1-3194-20 от 04.12.2020г. с ООО "Электронное издательства ЮРАЙТ" С «04»12.2020 г. по «03»12.2021 г | https://urait.ru/ |
| Договор № 027-1-3034-21 от 03.12.2021г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2021 г. по «03»12.2022 г | https://urait.ru/ |
| Договор № 150-1-3269-21 от 10.12.21 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО | https://urait.ru/ |
| Договор № 027-1-2554-22 от 01.12.2022г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2022 г. по «03»12.2023 г | |
| Договор № 5537 от 25.11.2022 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО | |
| **Электронная библиотека МАИ** | |
| Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ). Лицензионный договор № 0267-НИЧ-13 от 11.12.2013 г. с ООО "Дата Экспресс "на право использования программы для ЭВМ Автоматизированная интегрированная библиотечная система (АИБС) «МегаПро» (для размещения Электронной библиотеки МАИ) | https://elibrary.mai.ru/MegaPro/Web |
| **Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России** | |
| Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России. Соглашение о создании Консорциума вузов России "Национальный объединенный аэрокосмический университет" от 03.09.2012 г. Договор о сетевом взаимодействии от 15.12.2014 г. Соглашение от «03»09.2012 г. бессрочно | |

| | |
|---|---|
| **Библиотека РФФИ** | |
| Библиотека РФФИ | http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library |
| **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** | |
| Единое окно доступа к образовательным ресурсам | http://window.edu.ru/ |
| **Polpred.com** | |
| Polpred.com. Обзор СМИ | http://polpred.com |
| **ООО "РУНЭБ"** | |
| Договор № 027-1-3051-20 от 07.12.2020 с ООО "РУНЭБ" С «07»12.2020 г. по «06»12.2028 | http://elibrary.ru |
| Договор № 027-1-2895-21 от 03.12.2021 с ООО "РУНЭБ" С «03»12.2021 г. по «02»12.2039 | |
| Договор № 027-133215-22 от 20.12.2022 с ООО "НЭБ" С «20»12.2022 г. по «19»12.2030 | |
| **ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт"** | |
| Договор № РКТ-054/20/027-1-1129-20 от 30.05.2020 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт" С «01»06.2020 г. по «31»05.2021 г | http://text.rucont.ru/ |
| Договор № 027-1-1235-21 от 01.06.2021 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт" С «01»06.2021 г. по «31»05.2022 г | https://text.rucont.ru/ |
| Договор № 027-1-1467-22 от 09.06.2022 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт" С «01»06.2022 г. по «31»05.2023 г | https://text.rucont.ru/ |
| **ФГБУ "РГБ"** | |
| Договор о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке (НЭБ) №101/НЭБ/2139 от 13.11.2018г. с ФГБУ" РГБ" С «13»11. 2018 г. по «12» 11. 2023 | http://нэб.рф |
| **НП НЭИКОН** | |
| Соглашение № 715 ДС-2011 от 16.05.2011 о сотрудничестве в Консорциуме НЭИКОН С «16» 05.2011 г с автоматическим продлением<br>Национальная подписка на-2021 г с РФФИ Государственного задания № 075-00011-20-00<br>Web Of Science- https://apps.webofknowledge.com<br>Scopus- http://scopus.com<br>Elsevier-http://www.sciencedirect.com, http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections | http://archive.neicon.ru<br>https://apps.webofknowledge.com<br>http://scopus.com<br>http://www.sciencedirect.com, http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections, https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections |
| | http://rd.springer.com, http://www.springerprotocols.com |

| | |
|---|---|
| Математическая база данных zbMATH: http://zbMATH.org | http://zbMATH.org |
| American Chemical Society (ACS)- https://www.acs.org/content/acs/en.html | https://www.acs.org/content/acs/en.html |
| American Institute of Physics (AIP)- https://www.scitation.org/ | https://www.scitation.org/ |
| American Physical Society- https://journals.aps.org/about | https://journals.aps.org/about |
| EBSCO Publishing (База CASC)- http://search.ebscohost.com | http://search.ebscohost.com |
| Cambridge University Press (CUP)- https://www.cambridge.org/core | https://www.cambridge.org/core |
| IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers , Inc.)- https://ieeexplore.ieee.org | https://ieeexplore.ieee.org |
| INSPEC компании EBSCO- INSPEC | |
| Institute of Physics (IOP) издательства IOP Publishing- https://iopscience.iop.org/ | https://iopscience.iop.org/ |
| MathSciNet American Mathematical Society- https://www.ams.org/home/page | https://www.ams.org/home/page |
| Optical Society of America (OSA)- https://www.osapublishing.org/about.cfm | https://www.osapublishing.org/about.cfm |
| Oxford University Press- https://academic.oup.com/journals/ | https://academic.oup.com/journals/ |
| ProQuest Dissertations & Theses Global- https://search.proquest.com/index | https://search.proquest.com/index |
| ORBIT Intelligence - база данных QUESTEL- https://www.orbit.com/ | https://www.orbit.com/ |
| SAGE Publication- https://journals.sagepub.com/ | https://journals.sagepub.com/ |
| Annual Reviews Science Collection (AR)- https://www.annualreviews.org | https://www.annualreviews.org |
| JSTOR- www.jstor.org | www.jstor.org |
| Wiley. John Wiley & Sons.- https://onlinelibrary.wiley.com/ | https://onlinelibrary.wiley.com |
| **Национальная подписка на 2022 г с РФФИ Государственного задания** | |
| **Springer Nature:** | https://link.springer.com |
| 1. eBoock Collection: журналы, книги - https://link.springer.com | |
| 2. Коллекция журналов и базы данных Springer Nature: https://link.springer.com | |
| **Begell House Inc.** https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html | https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html |
| **China Academic Journals** (CD Edition) Electronic Publishing House Co., Ltd: https://ar.cnki.net/ACADREF | https://ar.cnki.net/ACADREF |
| **Institute of Electrical and Electronics Engineers:** | https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/ |
| https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp; https://ieeexplore.ieee.org | home.jsp; https://ieeexplore.ieee.org |

| | | |
|---|---|---|
| **EBSCO. INSPEC:** | https://www.search.ebscohost.com/ | https://www.search.ebscohost.com/ |
| 1. База данных Academic Search Premier<br>2. База данных eBook Academic Collection<br>3. eBook EngineeringCore Collection | | |
| **ORBIT Intelligence** | - база данных QUESTEL: https://www.orbit.com/ | https://www.orbit.com/ |
| **SAGE Publication:** | https://journals.sagepub.com/ | https://journals.sagepub.com/ |
| **Wiley:** | https://onlinelibrary.wiley.com/ | https://onlinelibrary.wiley.com/ |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективным способом развития творческих способностей студентов при изучении дисциплины является самостоятельная работа, которая нацелена на проработку студентами материала прошедших контактных занятий и подготовку к предстоящим занятиям.

Самостоятельная работа студентов проводится ими в соответствии с собственными возможностями. Можно, однако, рекомендовать групповое изучение материалов, обеспечивающее совместную работу нескольких студентов, что положительно влияет на качество проработки программы курса.

В то же время высокая степень усвоения изучаемой дисциплины достигается при постоянной работе студентов над текущим материалом. В этой связи желательна проработка лекционного материала в день его прочтения, что позволяет, во-первых, оперативно (на следующей лекции) снимать возникающие вопросы и, во-вторых, создавать багаж знаний по дисциплине задолго до промежуточной аттестации.

При подготовке к практическим занятиям также необходима проработка лекционного материала. Это позволит осознано работать с предлагаемым материалом преподавателем на практическом занятии, а, следовательно, закладывать базу методик и приемов при решении практических задач.

При изучении материала необходимо делать акцент не на зазубривании материала, а на понимание его физической сути, что развивает мышление и позволяет понять методологию изучаемой дисциплины.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дисциплина ореинтирована на применение компьютерной технки, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации.

***Программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:***

Microsoft Windows, Microsoft Office, Kaspersky Security

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Аудитория оборудованная компьютером, видеопроектором и экраном.
2. Компьютерный класс, объединенный сетью и имеющий выход в интернет.
3. Лаборатория «Электрохимические и электрофизические методы обработки»
4. Установка плазменного напыления УПУ-3Д
5. Установка плазменного напыления УПНКС-2
6. Электронно-лучевая установка УЛС-902М
7. Плазменный скальпель
8. Установка ультразвуковой очистки UZM-10

**Приложение 1**

**к рабочей программе дисциплины**

«Технология ЭХО и ЭФО»

## Аннотация рабочей программы

Дисциплина "Технология ЭХО и ЭФО" является частью "Блока 1 Дисциплины" дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 24.03.05 "Двигатели летательных аппаратов". Дисциплина реализуется на "Московского авиационного института (национального исследовательского университета)" кафедрой (кафедрами) .

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ДПК-4, ДПК-5, ДПК-6, ПКР-20.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: изучением студентами теоретических основ современных перспективных электрофизических и электрохимических методов обработки материалов, используемых в производстве авиационных двигателей и их агрегатов, воздушных винтов и винтовентиляторов

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: промежуточная аттестация в форме Зачет (7 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (24 часов), лабораторные (20 часов) занятия и (28 часов) самостоятельной работы студента.

**Приложение 2**

**к рабочей программе дисциплины**

«Технология ЭХО и ЭФО»

## Прикрепленные файлы

**Вопросы для тестирования.pdf**

**Вопросы для тестирования.pdf**

| тема | вопросы |
|---|---|
| Классификация методов | 1. Основы ЭХО и ЭФО методов<br>2. Классификация инструмента для ЭХО и ЭФО методов<br>3. Преимущества ЭХО и ЭФО методов по сравнению с традиционными методами<br>4. Недостатки ЭХО и ЭФО<br>5. Классификация ЭХО и ЭФО методов |
| Технология и оборудование плазменной обработки | 1. Физические основы плазменной обработки<br>2. Принципиальная конструкция плазмотрона<br>3. Плазменная резка<br>4. Плазменное напыление покрытий (метод проволоки)<br>5. Плазменное напыление покрытий (метод порошка)<br>6. Плазменное напыление покрытий (метод шнуров)<br>7. Основные параметры покрытия сформированного из отдельных частиц |
| Технология и оборудование УЗО | 1. Физические основы УЗО<br>2. Принципиальная схема УЗО<br>3. Виды концентраторов<br>4. УЗАО свободными зернами<br>5. УЗАО алмазным и абразивным инструментом<br>6. Ультразвуковое удаление заусенцев<br>7. Ультразвуковое сверление<br>8. Ультразвуковое прошивание<br>9. Ультразвуковая отрезка<br>10. Ультразвуковая механическая обработка резаньем |
| Технология и оборудование ЭЭО | 1. Физические основы ЭЭО<br>2. Классификация методов ЭЭО<br>3. Электроэрозионная отрезка<br>4. Электроэрозионное прошивание<br>5. Электроэрозионное объемное копирование (одноконтурная схема)<br>6. Электроэрозионное объемное копирование (многоконтурная схема)<br>7. Электроэрозионное вырезание |
| Технология и оборудование лазерной обработки | 1. Физические основы лазерной обработки<br>2. Классификация лазерной обработки<br>3. Свет, Понятие монохроматичность<br>4. Твердотельный лазер<br>5. Газовый лазер<br>6. Жидкостный лазер |
| Технология и оборудование электроннолучевой обработки | 1. Физические основы процесса<br>2. Принцип работы «электронной пушки»<br>3. Классификация электроннолучевой обработки<br>4. Взаимодействие потока электронов с веществом<br>5. Электронная эмиссия<br>6. Вторичная электронная эмиссия |
| Технология и оборудование ЭХО | 1. Физические основы ЭХО<br>2. Классификация методов ЭХО<br>3. Электрохимическая отрезка<br>4. Электрохимическое прошивание<br>5. Электрохимическое объемное копирование (внутреннее) |

| | |
|---|---|
| | 7. Электрохимическое объемное копирование (наружное)<br>8. Электрохимическое удаление заусенцев<br>9. Электрохимическая резка |
| Технология и оборудование импульсной плазменной обработки | 1. Физические основы импульсной плазменной обработки<br>2. Коаксиальный плазменный ускоритель<br>3. Рельсовый лазерный ускоритель<br>4. Ионоплазменная обработка<br>5. Покрытия получаемые плазмохимическими реакциями |
| Технология и оборудование гидроимпульсной обработки | 1. Физические основы гидроимпульсной обработки<br>2. Рабочий цикл<br>3. Электрический разряд в жидкости<br>4. Гидроимпульсная штамповка |
| Технология и оборудование детонационных методов обработки | 1. Физические основы детонационной обработки<br>2. Рабочий цикл<br>3. Параметры детонационного фронта горения |
| Комбинированная обработка материалов | 1. Ультразвуковая механическая обработка резаньем<br>2. Ультразвуковая обработка давлением<br>3. Плазменно-механическая обработка<br>4. Электрохимическая абразивная обработка<br>5. Электрохимическая ультразвуковая обработка |