

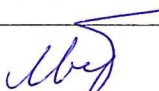
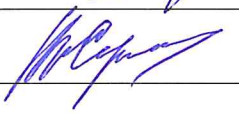
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШНПТ
Яковлев А.Н.
« 30 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**Многокомпонентные наноструктурные покрытия
со специальными свойствами**

Направление подготовки/ специальность	15.04.01 Машиностроение		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Технологии космического материаловедения		
Специализация	Технологии космического материаловедения		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	-	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	32	
Самостоятельная работа, ч		76	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	зачет	Обеспечивающее подразделение	ОМ
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры			Клименов В.А.
Руководитель ООП			Мартюшев Н.В.
Преподаватель			Сергеев В.П.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ДОПК(У)-1	Способен на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения	ДОПК(У)-1.B1	Владеет навыками организации научного труда, оценки научной деятельности исследователей, анализа уровня их знаний
		ДОПК(У)-1.B2	Владеет навыками планирования эксперимента в контексте поставленной технологической задачи машиностроительного производства
		ДОПК(У)-1.Y1	Умеет организовывать научно-исследовательскую деятельность для решения технологических задач машиностроительного производства
		ДОПК(У)-1.Y2	Умеет планировать экспериментальные исследования, составлять научно-технический отчет и презентовать результаты исследований
		ДОПК(У)-1.31	Знает принципы и методологию организации научного труда для решения технологических задач машиностроения
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки	ОПК(У)-1.B1	Владеет опытом применения методов решения научных и технических проблем в машиностроении в том числе в РКТ
		ОПК(У)-1.Y1	Умеет применять методы решения научных и технических проблем в ракетно-космической отрасли
		ОПК(У)-1.32	Знает проблемы проектирования и изготовления машиностроительных изделий и изделий ракетно-космической отрасли
ОПК(У)-12	Способен подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения	ОПК(У)-12.B1	Владеет навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований в области ракетостроения
		ОПК(У)-12.Y1	Умеет подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области ракетостроения
		ОПК(У)-12.31	Знает структуру научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований в области ракетостроения
ДПК(У)-3	Способен составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности	ДПК(У)-3.B1	Владеет опытом обоснования принятых технических решений в области профессиональной деятельности
		ДПК(У)-3.Y1	Умеет составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
		ДПК(У)-3.31	Знает правила описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов и способы обоснования принятых технических решений в области профессиональной деятельности

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области создания наноструктурных покрытий со специальными свойствами для изделий авиакосмической техники.	ОПК(У)-1 ДУК(У)-1

РД-2	К производственно-технологической работе в области наукоемких технологий, высокоэффективных методов обработки деталей машин, связанной с выбором необходимых методов оценки, анализа и исследования технологических процессов изготовления конкурентоспособной продукции	ОПК(У)-1 ОПК(У)-12 ДПК(У)-3 ДУК(У)-1
РД -3	Уметь самостоятельно осуществлять поиск, получать и анализировать профильную научно-техническую информацию, необходимую для решения конкретных инженерных задач	ОПК(У)-1 ОПК(У)-12 ДПК(У)-3

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Научные основы формирования наноструктуры в многокомпонентных покрытиях	РД-1	Лекции	4
		Лабораторные работы	4
		Самостоятельная работа	18
Раздел (модуль) 2. Принципы создания, оборудование и технологии нанесения теплозащитных покрытий на детали авиационно-космической техники, работающие в экстремальных условиях	РД-1 РД-2	Лекции	4
		Лабораторные работы	4
		Самостоятельная работа	18
Раздел (модуль) 3. Принципы создания, оборудование и технологии нанесения высокоизносостойких покрытий на режущий инструмент, предназначенный для работы на высоких скоростях резания без смазочно-охлаждающей жидкости и по труднообрабатываемым материалам	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	4
		Лабораторные работы	4
		Самостоятельная работа	18
Раздел (модуль) 4. Принципы создания, оборудование и технологии нанесения многослойных спектрально-селективных покрытий на стекла фонарей и иллюминаторов летательных и космических аппаратов, на архитектурные стекла для производства теплосберегающих стеклопакетов	РД-2, РД-3	Лекции	4
		Лабораторные работы	4
		Самостоятельная работа	22

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Научные основы формирования наноструктуры в многокомпонентных покрытиях

Структурные зоны вакуумных конденсатов по классификации Мовчана –Демчишина – Торнтон. Диаграммы фазового равновесия $Me_1 - Me_2 - N$. Способы формирования покрытий в наноструктурном состоянии: смешиванием нескольких химических элементов при использовании композиционных и сплавных мишеней или двух и более магнетронов и дуговых испарителей, путем многослойного нанесения разнородных слоев наноразмерной толщины, с помощью ассистирующей высокоэнергетической ионной бомбардировки подложки в процессе синтеза покрытия, при импульсном режиме магнетронного распыления мозаичной мишени в реактивном газе. Влияние зеренной структуры и фазового состава на свойства многокомпонентных покрытий. Сверхтвердые и сверхупругие нанокомпозитные покрытия

Тема лекции:

1. Способы формирования покрытий в наноструктурном состоянии
2. Сверхтвердые и сверхупругие нанокомпозитные покрытия

Темы лабораторных занятий:

1. Изучение импульсного магнетронного метода осаждения сверхтвердых нанослоистых покрытий на основе чередующихся разнородных слоев Si-Al-N / Ti-N на подложках из высокопрочной стали на вакуумной установке.

Раздел 2. Принципы создания, оборудование и технологии нанесения теплозащитных покрытий на детали авиационно-космической техники, работающие в экстремальных условиях

Промышленные теплозащитные покрытия – проблемы и пути решения. Принципы и методы формирования многокомпонентных наноструктурных теплозащитных покрытий. Ионное наноструктурирование подложек. Выбор материалов и методов нанесения промежуточных релаксирующих и барьерных слоев, верхнего функционального слоя. Методы диагностики и испытаний теплозащитных покрытий. Влияние химического состава и структурно-фазового состояния на термомеханические свойства слоев и покрытия в целом.

Темы лекций:

1. Промышленные теплозащитные покрытия. Принципы и методы формирования многокомпонентных наноструктурных теплозащитных покрытий
2. Методы диагностики и испытаний теплозащитных покрытий

Темы лабораторных занятий:

1. Изучение комбинированного ионно-магнетронного метода формирования многослойных наноструктурных теплозащитных покрытий на основе Cu-Ti / Zr-Nb / Zr-Y-O на медных образцах на вакуумной установке.

Раздел 3. Принципы создания, оборудование и технологии нанесения высокоизносостойких покрытий на режущий инструмент, предназначенный для работы на высоких скоростях резания без смазочно-охлаждающей жидкости и по труднообрабатываемым материалам

Принципы и методы формирования многокомпонентных наноструктурных износостойких покрытий на режущий инструмент. Покрытия для работы на высоких скоростях резания без смазочно-охлаждающей жидкости и по труднообрабатываемым материалам. Проблема снижения коэффициента трения и повышения износостойкости и адгезии. Алмазоподобные покрытия и покрытия типа «хамелеон». Решение задач увеличения окислительной стойкости и термической стабильности покрытий. Многофазные покрытия и

механизм упрочнения в процессе спинодального распада фаз

Тема лекции:

1. Виды, составы и методы нанесения многокомпонентных наноструктурных покрытий на металлорежущий инструмент
2. Многофазные покрытия и механизм упрочнения

Темы лабораторных занятий:

1. Изучение ионно-плазменного метода напыления износостойких нанокompозитных покрытий на основе Ti-Al-N на подложках из быстрорежущей стали на вакуумной установке

Раздел 4. Принципы создания, оборудование и технологии нанесения многослойных спектрально-селективных покрытий на стекла фонарей и иллюминаторов летательных и космических аппаратов

Современные металлографические микроскопы. Рентгеноструктурный анализ, фазовый анализ. Принципы создания и методы нанесения спектрально-селективных покрытий на неорганические и органические стекла. Многокомпонентные однослойные и многослойные наноструктурные покрытия. Влияние структуры, химического и фазового состава на оптические и механические свойства стекол со спектрально-селективными покрытиями. Спектры отражения инфракрасного излучения покрытий. Разработка технологий и оборудования для нанесения теплоотражающих наноструктурных покрытий на стекла

Темы лекций:

1. Принципы создания и методы нанесения спектрально-селективных покрытий на неорганические и органические стекла
2. Разработка технологий и оборудования для нанесения теплоотражающих наноструктурных покрытий на стекла

Темы лабораторных занятий:

Многослойные спектрально-селективные покрытия: виды, составы и методы нанесения.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме, в том числе с использованием информационных ресурсов на иностранных языках;
- Подготовка отчетов по практическим заданиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Современные методы структурного анализа в материаловедении: учебное пособие / С. Н. Кульков, С. П. Буякова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 84 с.: ил. — Библиогр.: с. 83.. — ISBN 978-5-98298-864-5.
2. Выбор состава и структуры износостойких наноструктурных покрытий для твердосплавного режущего инструмента на основе квантово-механического моделирования : учебное пособие / Ю. Г. Кабалдин, О. В. Кретинин, Д. А. Шатагин, Е. Е. Власов. — Москва : Машиностроение, 2017. — 216 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107158> (дата обращения: 10.05.2020).
3. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытия / П. А. Витязь, А. Ф. Ильющенко, М. Л. Хейфец, С. А. Чижик. — Минск : Белорусская наука, 2011. — 283 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90526> (дата обращения: 10.05.2020).
4. Павлов, А. Ю. Основы газотермического напыления защитных покрытий : учебное пособие / А. Ю. Павлов, В. В. Овчинников, А. Д. Шляпин. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 300 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148362> (дата обращения: 10.05.2020).
5. Погосбемян, Юрий Мурадович. Обеспечение качества конструкционных материалов и заготовок в машиностроении. Физико-химические и технологические основы : [учебное пособие] / Ю. М. Погосбемян. — Москва: ЛЕНАНД, 2015. — 239 с.:— ISBN 978-5-9710-1995-4..

Дополнительная литература

1. Солнцев, Ю. П. Специальные материалы в машиностроении : учебник / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, В. Ю. Пириайнен. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 664 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118630> (дата обращения: 10.05.2020).
2. Хаблянян, М. Х. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация : учебное пособие / М. Х. Хаблянян, Г. Л. Саксаганский, А. В. Бурмистров. — Казань : КНИТУ, [б. г.]. — Часть 1 : Инженерно-физические основы: — 2013. — 232 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73226> (дата обращения: 10.05.2020).
3. Берлин, Е. В. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии : руководство / Е. В. Берлин, Л. А. Сейдман. — Москва : Техносфера, 2010. — 528 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110946> (дата обращения: 10.05.2020).
4. Защитно-декоративные покрытия для керамики, стекла и искусственных каменных безобжиговых материалов : учебное пособие / Ю. А. Щепочкина, В. С. Лесовик, В. М. Воронцов, В. С. Бессмертный. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 100 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/90851> (дата обращения: 10.05.2020).
5. Лахтин, Юрий Михайлович. Металловедение и термическая обработка металлов : учебник / Ю. М. Лахтин. — 5-е изд., перераб. и доп.. —Изд. стер.. — Москва: Альянс, 2015. — 447 с.: — ISBN 978-5-91872-084-4

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

<https://thermotechno.ru/> компания "ТермоТехно" - аналитический контроль, позволяющий получить наиболее полную и достоверную информацию о производственном или исследовательском процессе.

<https://ndt-control.ru/> лаборатория ООО «НДТ-контроль» - проведение неразрушающего контроля.

<https://www.axalit.ru/> компания АКСАЛИТ - разработчик программного обеспечения АХАЛИТ для исследований структуры металлов и поставщик аналитического оборудования на центральные заводские лаборатории промышленных предприятий.

портал РОСНАНО - www.rusnanonet.ru

сайт Нанотехнологии - <http://nanoarea.ru/index.php/konsolidirovannyye-nanostruktury/183-izgotovlenie-nanostrukturnyh-pokrytij>

Наноструктурные и нанокompозитные сверхтвердые покрытия -

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/journals/MesoMech/N_5_2005/Ph_M2005_5_11.pdf

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Autodesk Inventor Professional 2015 Education; Dassault Systemes SOLIDWORKS 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Lazarus; MathWorks MATLAB Full Suite R2020a; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Visual Studio 2019 Community; Mozilla Firefox ESR; PSF Python 3; PTC Mathcad 15 Academic Floating; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 304	Комплект учебной мебели на 60 посадочных мест; Телевизор - 2 шт.; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 2 шт. 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; ownCloud Desktop Client; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12 210/6	Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Компьютер - 10 шт. WinDjView; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Dassault Systemes SOLIDWORKS 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Lazarus; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Visual Studio 2019 Community; Mozilla Firefox ESR; PSF Python 3; PTC Mathcad 15 Academic Floating; Tracker Software PDF-XChange Viewer
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов,	Система охлаждения и терморегулирования ионно-плазменной установки - 1 шт.; Вакуумный откачной пост

	курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 106	HiCube 80 Eco - 1 шт.; Компрессор JUN-AIR 3-4 - 1 шт.; Герметичный перчаточный бокс серии СПЕКС ГБ 02М - 1 шт.; Вакуумный эксикатор PS - 1 шт.; Портативный pH/мВ/С-метр МАРК-903 - 1 шт.; Вакуумно-дуговой генератор фильтрованной металлической плазмы - 2 шт.; Лабораторная установка для пучковой обработки и магнетронного напыления - 2 шт.; Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S с вертикальным высокоточным гониометром - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Шкаф для документов - 2 шт.; Полка - 1 шт.; Компьютер - 6 шт.; Принтер - 2 шт. ownCloud Desktop Client; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Far Manager; Google Chrome; Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Notepad++; Putty; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; XnView Classic; Zoom Zoom
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 018	Сканирующий (растровый) электронный микроскоп JEOL JSM-7500FA - 1 шт.; Установка для производства жидкого азота Cryomech LNP-10 - 1 шт.; Тепловизор Hotfind DXT - 1 шт.; Пресс гидравлический двухходовой 2430B - 1 шт.; Ультрамикротвердомер Shimadzu DUH-211S - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система Buehler EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Баллон под азот 40л - 1 шт.; Манометр ДМ 5001 Е - 1 шт.; Штангенциркуль электрон. - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Установка для спекания объёмных наноматериалов в разряде плазмы Dr. Sinter Lab SPS-515S - 1 шт.; Точило - 1 шт.; Мельница шаровая лабораторная "МШЛ-1П" - 1 шт.; Преобразователь ПМС-2,0 - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-150г с гирей калибровочной 100 F1 - 1 шт.; Инверторный аппарат ARC-160"Сварог" с реостатом балластным - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Compact Air BX 330 OF - 1 шт.; Испытательный пресс ИП-500М-авто - 1 шт.; Фотоаппарат цифровой Digital Camera - 1 шт.; Вентилятор центр.СТ 200-4 - 1 шт.; Ступка механическая - 1 шт.; Весы ВЛР-200 - 1 шт.; Комплект ультразвукового лабораторного оборудования ИЛ10-5.0 - 1 шт.; Баллон с азотом - 1 шт.; Весы Shinko AJ-420CE - 1 шт.; Датчик амплитуды - 1 шт.; Рентгеновский детектор РКА-1 - 1 шт.; Ультразвуковая ванна для очистки Quick218-100 - 1 шт.; Штатив - 1 шт.; Толщиномер ультразвуковой TIME TT130 - 1 шт.; Таймер с контроллером - 1 шт.; Тележка гидравлическая СВУ25-II - 1 шт.; Ультразвуковой генератор УЗГ-2-22М - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Компьютер - 3 шт. ownCloud Desktop Client; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Far Manager; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; OriginLab Origin 2016 Academic; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 15.04.01 Машиностроение, профиль «Технологии космического материаловедения», специализация «Технологии космического материаловедения» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Профессор	В.П. Сергеев

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения материаловедения (протокол от «29» июня 2020 г. №35).

Руководитель выпускающего отделения,
д.т.н., профессор


_____/В.А. Клименов/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения материаловедения (протокол)