

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 15:54:08

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d7b0c0a321b0c2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г.Игнатова

«2» сентября 2020г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы вакуумной техники»

Направление подготовки – 28.03.03 «Наноматериалы»

Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-5 Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	ОПК-5.ОВТ Способен определять перечень оборудования при составлении вакуумной системы	Знание наиболее распространенных схем вакуумных систем, типов насосов, преобразователей давления, приборов для контроля герметичности, вакуумной арматуры Умение осуществлять расчет параметров вакуумной системы и процессов, происходящих в них Опыт определения перечня и состава оборудования на производстве и в лабораторных условиях, обеспечивающих эффективное и безопасное производство и исследование свойств наноматериалов и наноструктур

Компетенция ПК-7 «Способен осуществлять научно-техническое и методическое сопровождение в производстве полупроводниковых приборов и систем с использованием нанотехнологий» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

29.008 «Специалист по технологии производства микро- и наноразмерных электромеханических систем»

Обобщенная трудовая функция - А[6] Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем

Трудовые функции- А/01.6 Анализ конструкций и технологий изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем по существующим источникам информации

А/02.6 Определение этапов изготовления электромеханической системы, формирование перечня оборудования и последовательности необходимых для ее изготовления технологических модулей и единичных операций

А/03.6 Моделирование и расчет требуемых входных и выходных параметров технологических операций

40.008 «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

Обобщенная трудовая функция - С [6] Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Трудовые функции- С/01.6 Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

С/02.6 Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-7.ОВТ Способен разрабатывать вакуумные системы для конкретных условий эксплуатации	- Разработка, внедрение новых и выработка рекомендаций по коррективке существующих технологических процессов выпуска изделий микроэлектроники - Проведение технологических процессов и контроль параметров экспериментальных образцов приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов - Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем	Знание особенностей вакуума как технологической среды; основных типов, устройств, принципов действия, особенностей эксплуатации, достоинств и недостатков вакуумных насосов; наиболее распространенных схем вакуумных систем, преобразователей давления, приборов для контроля герметичности Умение осуществлять расчет параметров вакуумной системы и процессов происходящих в них Опыт расчета систем для реализации технологических операций

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: изучению модуля предшествует формирование компетенций в дисциплинах: «Математика», «Физика», «Инженерная и компьютерная графика». Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются изучением модулей «Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур», практикой и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	4	3	108	16	-	16	76	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Особенности вакуума как технологической среды	2	-	2	11	Опрос
2. Средства откачки (вакуумные насосы)	6	-	4	14	Контрольная работа
3. Синтез вакуумных систем	2	-	2	12	Рубежный контроль (тестирование)
4. Элементы расчета вакуумных систем	2	-	4	14	Представление результатов индивидуального задания
5. Методы и приборы измерения вакуума	2	-	2	14	Контрольная работа
6. Методы и приборы течеискания	2	-	2	11	Опрос

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Роль вакуумных процессов в технологии микро- и нанoeлектроники. Особенности вакуума как технологической среды. Определение степеней вакуума

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	2	2	Основные принципы создания вакуума. Общие требования к вакуумным насосам. Классификация насосов. Механические насосы. Насосы с масляным уплотнением
	3	2	Турбомолекулярные насосы. Паромасляные диффузионные насосы. Устройство, принцип действия, особенности эксплуатации, достоинства и недостатки
	4	2	Геттерные, геттерно-ионные, магниторазрядные, сорбционные насосы. Принципы работы, устройство, особенности эксплуатации, достоинства и недостатки
3	5	2	Общие требования к вакуумным системам. Требования к материалам, используемым в вакуумной технике. Элементная база вакуумных систем. Общие принципы синтеза систем для получения вакуума. Особенности их работы
4	6	2	Основные задачи расчета вакуумных систем. Основное уравнение вакуумной техники. Особенности течения газов в каналах при низких давлениях. Порядок расчета времени откачки вакуумной системы
5	7	2	Задачи и проблемы измерения вакуума. Основные типы преобразователей давления, применяемые для измерения вакуума. Тепловые вакуумметры. Устройство, принцип действия, характеристики, особенности эксплуатации, достоинства и недостатки. Ионизационные преобразователи давления. Устройство, принцип действия, характеристики, особенности эксплуатации, достоинства и недостатки. Магнитные вакуумметры
6	8	2	Задачи и проблемы течеискания. Основные типы течеискателей, Гелиевые течеискатели: принцип работы, характеристики, особенности эксплуатации

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Расчет молекулярно-кинетических характеристик частиц остаточной атмосферы в зависимости от рода газа, температуры, давления. Расчет условий, при которых будет достигнут средний вакуум в камерах
2	2	2	Анализ влияния рода откачиваемого газа на характеристики различных

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
			типов насосов. Требования к рабочей жидкости (маслу) для механических и пароструйных насосов. Влияние соблюдения этих требований на качество работы насоса
	3	2	Сравнительный анализ технико-экономических и эксплуатационных характеристик различных типов насосов для получения высокого и сверхвысокого вакуума
3	4	2	Основные элементы вакуумных систем, их назначение, устройство, принципы работы, обозначение на схемах. Принципы построения схем оборудования для получения высокого вакуума. Необходимость линий предварительной и высоковакуумной откачки
4	5	2	Освоение методики расчета времени откачки высоковакуумной системы по заданным характеристикам трубопроводов и запорно-регулирующей аппаратуры
	6	2	Освоение методики выбора насоса, обеспечивающего заданное время откачки
5	7	2	Сравнительные характеристики термодинамических и терморезисторных преобразователей давления. Преимущества их работы в режиме теплового автомата. Расчет рабочей характеристики теплового преобразователя давления. Освоение методики расчета рабочей характеристики ионизационного преобразователя давления ЛМ-2
6	8	2	Освоение масс-спектрометрического метода определения течей в вакуумных системах на примере гелиевого течеискателя

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3	8	Подготовка к прохождению рубежного контроля и тестирования
1-4	18	Выполнение индивидуального задания. Подготовка к представлению результатов (докладу на семинаре)
1-5	14	Подготовка к контрольным работам
1-6	18	Изучение теоретического материала (в объеме лекций и дополнительных материалов)
	18	Подготовка к практическим занятиям

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1 «Особенности вакуума как технологической среды»

- ✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросу по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №1, учебно-методических материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 2 «Средства откачки (вакуумные насосы)»

- ✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №2, учебно-методических материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 3 «Синтез вакуумных систем»

- ✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к рубежному контролю по модулям 1-3 осуществляется с помощью лекций к модулю №3, учебно-методических материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 4 «Элементы расчета вакуумных систем»

- ✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к представлению результатов выполнения индивидуального задания осуществляется с помощью лекций к модулю №4, учебно-методических материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 5 «Методы и приборы измерения вакуума»

- ✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к контрольной работе по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №2, учебно-методических материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 6 «Методы и приборы течеискания»

- ✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросу по модулю осуществляется с помощью лекций к модулю №2, учебно-методических материалов для самостоятельной работы студентов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Розанов Л. Н., Вакуумная техника: Учеб. пособие. – 3-е изд, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2007. – 392 с.
2. Иванов В.И. Вакуумная техника. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие / Иванов В.И., Соколова Е.В. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2016. - 40 с. - Режим доступа: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/2067.pdf> (Дата обращения - 22.09.2020)
3. Иванов В.И. Вакуумная техника: Учебное пособие - Санкт-Петербург: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2016. - 129 с. - [сайт]. — URL: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1952.pdf> (Дата обращения - 22.09.2020)
4. Логвиненко Е.В. Сборник задач по вакуумной технике: Учебно-методическое пособие / Логвиненко Е.В., Иванов В.И. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. - 40 с. - Режим доступа: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1859.pdf> (Дата обращения - 22.09.2020)
5. Вакуумная техника : Справочник / К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин, И.В. Автономова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2009. - 590 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/723> (дата обращения: 21.09.2020).
6. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация : В 2-х ч. Ч. 2 : Вакуумные насосы / М.Х. Хаблянян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров. - Казань : КНИТУ, 2016. - 300 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101870> (дата обращения: 22.09.2020).
7. Вакуумные системы : учебное пособие / К.Е. Демихов, Н.К. Никулин. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 76 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52177> (дата обращения: 22.09.2020).

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. — Москва, 2000. — URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Российская государственная библиотека: сайт. — Москва, 1999-2020. — URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).

3. **GoogleScholar**: сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение, которое основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в форме тестирования в ОРИОКС.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внешние электронные ресурсы в формах: научная электронная библиотека <http://elibrary.ru> и поиск научной информации GoogleScholar <http://scholar.google.ru>.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ОПК-5.ОВТ** «Способен определять перечень оборудования при составлении вакуумной системы»
2. ФОС по подкомпетенции **ПК-7.ОВТ** «Способен разрабатывать вакуумные системы для конкретных условий эксплуатации»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина «Основы вакуумной техники» состоит из шести модулей.

Первый модуль «Особенности вакуума как технологической среды» являются базой для изучения последующих. Модули 2-6 «Средства откачки (вакуумные насосы)», «Синтез вакуумных систем», «Элементы расчета вакуумных систем», «Методы и приборы измерения вакуума» и «Методы и приборы течеискания» представляют собой комплекс данных об элементах вакуумных систем и использовании данных систем в технологии микро- и нанoeлектроники. При изучении модулей рекомендуется придерживаться указанной последовательности, так как каждый следующий раздел для достижения понимания использует базисные знания предыдущих разделов.

Подготовка и выполнение домашних (индивидуальных) заданий предполагает формирование у обучающихся компетенций и подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности.

Контроль выполнения студентами индивидуальных практических заданий (подготовка рефератов на заданную тему, в том числе поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС)) проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом, излагая содержание написанного реферата, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций и дистанционных консультаций с использованием современных коммуникационных платформ (Zoom, Skype и др.) и электронной почты.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительно-балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 60 баллов), активность в семестре (в сумме 20 баллов) и сдача зачета (20 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *зачёт с оценкой*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачёта с оценкой по дисциплине разработаны ФОСы, включающие тестовые задания и расчётное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 70	3
71 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института ПМТ, к.т.н.



Е.А. Лебедев

Рабочая программа дисциплины «Основы вакуумной техники» по направлению подготовки 28.03.03 «Нanomатериалы» направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39.

Зам. директора Института
к.т.н., доцент

 /А.В. Железнякова/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 /Т.П.Филиппова/