

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:59:40  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f7360

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



2020г.

М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Основы вакуумной техники»

Направление подготовки - 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Направленность (профиль) – «Технологии материалов и наноструктур»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
<p><b>ОПК-6</b> Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</p>	<p><b>ОПК-6.ОВТ</b> Способен определять перечень и состав оборудования при построении вакуумной откачной системы</p>	<p><b>Знание</b> наиболее распространенных схем вакуумных систем, типов насосов, преобразователей давления, приборов для контроля герметичности, вакуумной арматуры</p> <p><b>Умение</b> осуществлять расчет параметров вакуумной системы и процессов, происходящих в них</p> <p><b>Опыт</b> определения перечня и состава оборудования на производстве и в лабораторных условиях, обеспечивающих эффективное и безопасное производство и исследование свойств материалов и наноструктур</p>

Компетенция **ПК-5** «Способен разрабатывать, внедрять новые и вырабатывать рекомендаций по корректировке существующих технологических процессов выпуска изделий микро- и нанoeлектроники» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»**

**Обобщенная трудовая функция: В[6]** Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники

**Трудовые функции: В/01.6** Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению

**В/02.6** Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники

**В/03.6** Разработка технических заданий на проектирование и изготовление технологической оснастки, нестандартного оборудования, средств автоматизации процессов производства изделий микроэлектроники

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<p><b>ПК-5.ОВТ</b> Способен разрабатывать вакуумные системы для конкретных условий эксплуатации</p>	<p>- Разработка, внедрение новых и выработка рекомендаций по корректировке существующих технологических процессов выпуска изделий микроэлектроники</p> <p>- Проведение технологических процессов и контроль параметров экспериментальных образцов приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов</p> <p>- Моделирование технологических модулей и процессов для производства микро- и наноразмерных электромеханических систем</p>	<p><b>Знание</b> 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</p> <p><b>Умение</b> осуществлять расчет параметров вакуумной системы и процессов происходящих в них</p> <p><b>Опыт</b> расчета систем для реализации технологических операций</p>

## 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. Паромаляные 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. Элементарная 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 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. Хабляян, 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

<b>Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень программного обеспечения</b>
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-6.ОВТ** «Способен определять перечень и состав оборудования при построении вакуумной откачной системы»
2. ФОС по подкомпетенции **ПК-5.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.

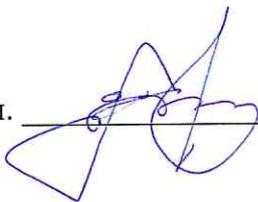
Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

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 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» направленности (профилю) «Технологии материалов и наноструктур» 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

  
/Г.П. Филиппова/