

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 04.09.2026
Уникальный программный ключ:
488ddcd30399efca200d034e027f45455f6eb1b9

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

А.Г. Балашов

«15» сентября 2026 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы вакуумной техники»

Направление подготовки–11.03.03«Конструирование и технология электронных средств»

Направленность (профиль) - «Конструирование и производство технологического оборудования для производства электронной компонентной базы»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства
электронной компонентной базы»

2026 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-4 «Способность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам».

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4.ОВТ. Способность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации вакуумных систем требованиям реализуемых перспективных технологических процессов производства электронной компонентной базы, а также стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.	– расчет и проектирование технических систем, устройств и технологических процессов производства изделий микроэлектроники в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; – разработка проектной и технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ.	Знания: основных явлений, происходящих в разреженных газах, теоретических основ процесса откачки, техники получения вакуума, современных методов и средств создания и измерения вакуума, а также нормативных документов. Умения: проводить обоснованный выбор компонентов вакуумных систем для технологического оборудования производства ЭКБ, проводить проектный и поверочный расчет вакуумных систем и их компонентов в соответствии с требованиями нормативных документов. Опыт проведения исследований компонентов вакуумных систем на основе существующих методик, эксплуатации средств получения и измерения вакуума в соответствии с требованиями нормативных документов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине:

- знает разделы физики, изучающие свойства идеальных газов (понятия кинетической теории газов, основные законы идеальных газов, электрические явления в газах, явления переноса - вязкость, теплопроводность, диффузия); физико-химические

[illegible]

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Введение. Вакуумное оборудование в науке и технике. История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия кинетической теории газов: распределения молекул газа по скоростям, плотность, давление, основные газовые законы, длина свободного пути молекул.
	2	2	Явления переноса в разреженных газах. Вязкость газов, перенос теплоты в вакууме, диффузия в газах.
	3	2	Сорбционные явления в вакууме. Энергия взаимодействия молекул с поверхностью. Сорбция и десорбция газов и паров. Степень покрытия поверхности молекулами адсорбированных газов. Растворимость газов в твердых телах. Конденсация и испарение.
	4	2	Электрические явления в вакууме. Процессы взаимодействия электронов с газом. Условия ионизации молекул. Газовые разряды в вакууме. Условия возбуждения газового разряда. Движение электронов в электрических и магнитных полях. Применение электрических явлений в вакууме в технологическом оборудовании.
	5	4	Теоретические основы процесса откачки. Основные понятия процесса откачки. Основное уравнение вакуумной техники. Режимы течения газов. Проводимость элементов вакуумных систем: отверстий, трубопроводов, элементов коммутации (местные сопротивления).
2	6	4	Механические вакуумные насосы. Классификация откачных средств. Основные параметры вакуумных насосов. Механические насосы объемного действия: поршневые, вращательные, спиральные, винтовые, мембранные. Механические молекулярные насосы: двухроторные, турбомолекулярные.
	7	2	Струйные вакуумные насосы. Эжекторные, бустерные пароструйные, диффузионные паромасляные. Конструкции, принцип работы и основные характеристики насосов. Рабочие жидкости и условия эксплуатации.

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
	8	2	Насосы поверхностного действия (сорбционные). Электрофизические средства откачки: геттерные и геттерно-ионные испарительные, геттерно-ионные распылительные. Низкотемпературные средства откачки: криоадсорбционные и криоконденсационные насосы.
	9	2	Герметичные соединения элементов вакуумных систем (ВС). Требования к конструкционным материалам. Вакуумные герметичные соединения: неразборные (сварные, паяные), разборные (фланцевые с резиновыми и металлическими уплотнениями, штуцерные и др.).
	10	2	Узлы вакуумных систем. Устройства для передачи движения в вакуум. Коммутационные элементы. Электрические вакуумные вводы. Смотровые окна. Устройства загрузки изделий в вакуумную камеру.
	11	2	Проектирование вакуумных систем. Основные компоненты ВС. Условные графические обозначения компонентов ВС. Схемы ВС: структурные, принципиальные, схемы соединений. Последовательность проведения проектного и поверочного расчетов.
3	12	2	Измерение полного давления разреженных газов. Классификация вакуумных манометров. Манометры прямого действия: жидкостные, деформационные, компрессионные. Манометры косвенного действия: теплоэлектрические, ионизационные, магниторазрядные, радиоизотопные
	13	2	Измерение парциальных давлений разреженных газов. Устройство и принцип работы газоанализаторов. Основные параметры масс-спектрометров (МС). Принцип работы и схемные решения МС: магнитный МС, трохотрон (циклоидаальный МС), хронотрон, омегатрон, квадрупольный МС, фарвитрон (радиочастотный панорамный МС). Ионные источники для МС.
	14	2	Контроль герметичности вакуумных систем. Требования к герметичности вакуумных систем. Вакуумные течи и их обнаружение. Методы измерения потока натекания. Методы течеискания: опрессовкой, погружением в жидкость, химический, радиоактивный, капиллярно-люминесцентный, манометрический, галоидный, гелиевый масс-спектрометрический. Особенности методов.

4.2. Практические занятия

№ модуля	дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1		1	2	Применение газовых законов в вакуумной технике.
		2	2	Расчет параметров движения частиц и процесса нанесения пленки материала на поверхность в разреженной среде.
		3	2	Расчет проводимости элементов вакуумных систем.
2		4	2	Методика проектного и проверочного расчета вакуумной системы.
		5	4	Расчет параметров вакуумных насосов.
		6	2	Расчет на прочность элементов вакуумных систем.
3		7	2	Методики проверки герметичности вакуумных систем.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля	дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
2		1	4	Изучение принципа действия и устройства механического форвакуумного насоса и определение его характеристик методом постоянного объема.
		2	4	Изучение принципа действия и устройства высоковакуумного насоса и определение его характеристик методом постоянного давления.
3		3	4	Изучение принципа действия и устройства тепловых и ионизационных манометров и вакуумметров.
		4	4	Изучение методики течеискания и режимов работы при использовании гелиевого течеискателя.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	10	Изучение лекционного материала. Подготовка к контрольным опросам по вопросам, выданным для самостоятельного изучения по разделам лекций 1-5.
	12	Подготовка к практическим занятиям 1-3, контрольному опросу и выполнение практических заданий.
	3	Подготовка к контрольной работе №1 или прохождение теста.
2	12	Изучение лекционного материала. Подготовка к контрольным опросам по вопросам, выданным для самостоятельного изучения по разделам лекций 6-11.
	10	Подготовка к практическим занятиям 4-6, контрольному опросу и выполнение практических заданий.
	5	Выполнение практико-ориентированного задания
	8	Подготовка к лабораторным работам 1-2, оформление результатов и защита лабораторных работ.
	4	Подготовка к контрольной работе №2 или прохождение теста.
3	6	Изучение лекционного материала. Подготовка к контрольным опросам по вопросам, выданным для самостоятельного изучения по разделам лекций 12-14.
	8	Подготовка к лабораторным работам 3-4, оформление результатов и защита лабораторных работ.
	2	Подготовка к контрольной работе №3 или прохождение теста.

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/>):

- ✓ Сценарий обучения по дисциплине «Основы вакуумной техники».
- ✓ Методические указания студентам по выполнению курсовой работы.

Модуль 1 «Теоретические основы вакуумной техники»:

- ✓ Конспект лекций модуля 1.

- ✓ Методические указания к проведению практических занятий модуля 1.
- ✓ Теоретические основы вакуумной техники. Методическая разработка.
- ✓ Вопросы для подготовки к контрольной работе №1.

Модуль 2 «Технические средства получения вакуума, проектирование вакуумных систем»:

- ✓ Конспект лекций модуля 2.
- ✓ Методические указания к проведению практических занятий модуля 2.
- ✓ Методические указания к проведению лабораторных работ модуля 2.
- ✓ Вакуумные насосы. Учебно-методическая разработка.
- ✓ Расчет вакуумных систем технологического оборудования. Методическая разработка.
- ✓ Вопросы для подготовки к контрольной работе №2.

Модуль 3 «Измерение полного и парциальных давлений разреженных газов, контроль герметичности вакуумных систем»:

- ✓ Конспект лекций модуля 3.
- ✓ Методические указания к проведению лабораторных работ модуля 3.
- ✓ Вопросы для подготовки к контрольной работе №3.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев, Е. Ю. Физические основы вакуумной техники : учебное пособие / Е. Ю. Грачев, А. А. Фефелов, А. А. Трубицын. — Рязань : РГРТУ, 2024. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439697> (дата обращения: 15.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Иванов, В. И. Вакуумная техника : учебное пособие / В. И. Иванов. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 129 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91440> (дата обращения: 15.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Иванов, В. И. Вакуумная техника. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / В. И. Иванов, Е. В. Соколова. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91335> (дата обращения: 15.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Логвиненко, Е. В. Сборник задач по вакуумной технике : учебно-методическое пособие / Е. В. Логвиненко, В. И. Иванов. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91526> (дата обращения: 15.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Вакуумная техника : справочник / К. Е. Демихов, Ю. В. Панфилов, Н. К. Никулин, И. В. Автономова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2009. — 590 с. — ISBN 978-5-94275-436-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/723> (дата обращения: 15.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Сырчин В.К. Лабораторный практикум по курсу "Техпроцессы и оборудование микроэлектроники". Ч. 2 / В.К. Сырчин, Г.В. Назаров, В.В. Ануфриенко. - М. : МИЭТ, 2002. - 60 с.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.797-2016 "Единая система конструкторской документации. Правила выполнения вакуумных схем" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 января 2017 г. N 26-ст) . - URL: <https://gostassistant.ru/doc/d9cb67bb-6762-4696-b615-9498fb98ab0f>

7. ГОСТ 2.796.95 ЕСКД. «Обозначения условные графические в схемах. Элементы вакуумных систем». - URL: <https://gostassistant.ru/doc/250c1a00-2b0b-450b-b87c-fad1b905dbf0>

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 20.05.2025). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Электронно-библиотечная система Лань : сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 20.05.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. ЭБС Юрайт: biblio-online.ru: образовательная платформа. - Москва, 2013 - URL: <https://www.biblio-online.ru/> (дата обращения: 20.05.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

При проведении практических занятий студенты не только закрепляют знания, полученные на лекциях, но и получают навыки моделирования и оптимизации процессов, устройств и систем. Причем по тематике практических занятий прорабатываются практико-ориентированные задания (ПОЗ) различной сложности, которые студенты выполняют в отведенное для этого время СРС с предоставлением отчетов по выполненной работе с обоснованными выводами и оценкой.

Освоение дисциплины обеспечивается ресурсами, размещенными в электронной информационно-образовательной среде ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

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

Для прохождения тестирования используется функционал Moodle.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы, размещенные в электронной информационно-образовательной среде ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>): электронные

версии лекций, практических занятий, ПОЗ, методических разработок по тематике курса и др.

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	Microsoft Office Professional Plus 2013
Компьютерный класс, аудитория №4116	Компьютеры RaskatStation 930 (r9 7900X, B650, RAM 32Gb, SSD 1Tb, 16GbA4000, 650W, NoOS) WR3/456 (+ клавиша и мышь)	Microsoft Office Professional Plus 2013 Acrobat Reader браузер
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, Acrobat Reader браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ / КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-4.ОВТ** «Способность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации вакуумных систем требованиям реализуемых перспективных технологических процессов производства электронной компонентной базы, а также стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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

Для формирования подкомпетенций и приобретения необходимых знаний, умений и опыта деятельности в рамках данного курса читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, контрольные мероприятия.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента (СРС) при подготовке к лекционным и практическим занятиям, выполнении домашних работ и практико-ориентированных заданий. При этом студент использует методические

разработки, рекомендуемую литературу, библиотеку электронных модулей в электронной информационной образовательной среде ОРИОКС, интернет-ресурсы, информационно-справочные системы. Освоение тем подтверждается сдачей контрольных работ и/или тестов по каждому модулю.

Результаты, полученные в ходе выполнения практических занятий и контрольных мероприятий, выгружаются студентами в свои электронные портфолио через систему ОРИОКС.

По завершению изучения дисциплины предусмотрен дифференцированный зачет, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на балльной накопительной системе. Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки более подробно изложено в сценарии дисциплины.

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 до 84 баллов), активность, посещаемость и прилежание студентов в семестре (в сумме до 16 баллов). Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки изложена в сценарии дисциплины.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен студенту в журнале успеваемости в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

Разработчик:

Профессор Института НМСТ
д.т.н., профессор


/Сырчин В.К./

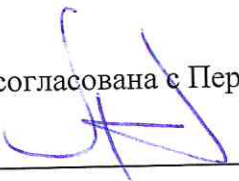
Рабочая программа дисциплины «Основы вакуумной техники» по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», направленности (профилю) «Конструирование и производство технологического оборудования для производства электронной компонентной базы», разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании Института НМСТ 26 июня 2026 года, протокол № 11.

Директор института НМСТ
д.т.н., профессор

 /Тимошенков С.П./

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ  / А.Л. Переверзев /

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

Начальник АНОК

 /Никулина И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки

 /Филиппова Т.П./