МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование и технология микросистем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **физической электроники (ФЭ)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	56	56	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет	4

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 84757

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является формирование базовых знаний в области вакуумной техники, способов получения и измерения высокого вакуума, особенностей применения вакуумной техники для производства изделий микроэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение теоретических основ вакуумной техники.
2. Изучение способов получения и измерения вакуума.
3. Изучение технологического вакуумного оборудования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills - SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.01.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-3.1. Знает методы и средства измерения	Знает методы и средства измерения вакуума
	ОПК-3.2. Умеет выбирать эффективную методику измерения	Умеет выбирать эффективную методику измерения давления остаточной атмосферы
	ОПК-3.3. Владеет практическими навыкам проведения экспериментальных исследований, обработки представления полученных результатов измерений	Владеет практическими навыкам проведения экспериментальных исследований с использованием вакуумного оборудования
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 84757

ПК-2. Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	ПК-2.1. Знает методы синтеза наноматериалов и компонентов	Знает методы синтеза наноматериалов и компонентов, реализуемые с использованием вакуумного оборудования
	ПК-2.2. Умеет выбрать и применить метод анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники	Умеет выбирать и применять методы анализа материалов и компонентов микро- и наносистемной техники, реализуемые с использованием вакуумного оборудования
	ПК-2.3. Владеет основными методиками постановки и проведения экспериментальных исследований	Владеет основными методиками постановки и проведения экспериментальных исследований, реализуемых с использованием вакуумного оборудования
ПК-4. Готов к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники	ПК-4.1. Знает основное технологическое оборудование для производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники	Знает основные составляющие вакуумного технологического оборудования для производства изделий микро-, нано- и твердотельной электроники
	ПК-4.2. Умеет обосновывать выбор технологического процесса и оборудования для его реализации	Умеет обосновывать выбор вакуумного оборудования для реализации технологических процессов производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники
	ПК-4.3. Владеет навыками практической работы на технологическом оборудовании	Владеет навыками практической работы на вакуумном технологическом оборудовании

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Подготовка к зачету	7	7
Подготовка к контрольной работе	6	6
Выполнение практического задания	12	12
Подготовка к тестированию	7	7

Согласована на портале № 84757

Выполнение индивидуального задания	4	4
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	20	20
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Введение	2	2	-	5	9	ПК-4
2 Средства получения низкого вакуума	4	4	4	10	22	ПК-2, ПК-4
3 Методы измерения вакуума	2	-	-	7	9	ОПК-3, ПК-2, ПК-4
4 Средства получения высокого вакуума	4	4	4	11	23	ПК-2, ПК-4
5 Режимы откачки вакуума и условия выбора вакуумных насосов	2	4	-	9	15	ПК-2, ПК-4
6 Практические рекомендации по проектированию вакуумных установок	2	4	8	7	21	ПК-2, ПК-4
7 Вакуумные методы получения нанослоев	2	-	-	7	9	ПК-2, ПК-4
Итого за семестр	18	18	16	56	108	
Итого	18	18	16	56	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Введение	Роль вакуумной техники в микро- и наноэлектронике. Основные понятия и законы вакуумной техники.	2	ПК-4
	Итого	2	
2 Средства получения низкого вакуума	Механические низковакуумные насосы	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	

Согласована на портале № 84757

3 Методы измерения вакуума	Тепловые и ионизационные вакуумметры. Вакуумметры для измерения сверхнизких давлений газов.	2	ОПК-3, ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
4 Средства получения высокого вакуума	Паромасляные диффузионные насосы, турбомолекулярные насосы, физико-химические методы получения высокого вакуума.	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
5 Режимы откачки вакуума и условия выбора вакуумных насосов	Установившийся и неустановившийся режимы откачки газов. Условия выбора вакуумных насосов. Условия согласования вакуумных насосов.	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
6 Практические рекомендации по проектированию вакуумных установок	Выбор вакуумных насосов для конкретных применений. Современные типовые установки для технологических целей микроэлектроники. Проектирование вакуумных установок.	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
7 Вакуумные методы получения нанослоев	Термическое испарение в вакууме. Скорость осаждения. Практические рекомендации. Методы контроля толщины нанослоев.	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Введение	Основные понятия и законы вакуумной техники.	2	ПК-4
	Итого	2	
2 Средства получения низкого вакуума	Определение и расчёт основных параметров механических насосов.	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
4 Средства получения высокого вакуума	Расчет параметров диффузионных насосов	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	

Согласована на портале № 84757

5 Режимы откачки вакуума и условия выбора вакуумных насосов	Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
6 Практические рекомендации по проектированию вакуумных установок	Проектирование вакуумных установок и расчёт основных параметров	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Средства получения низкого вакуума	Механические вакуумные насосы для предварительной откачки	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
4 Средства получения высокого вакуума	Паромасляные диффузионные насосы	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
6 Практические рекомендации по проектированию вакуумных установок	Моделирование форвакуумной установки	4	ПК-2, ПК-4
	Моделирование высоковакуумной установки	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				

Согласована на портале № 84757

1 Введение	Подготовка к зачету	1	ПК-4	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-4	Контрольная работа
	Выполнение практического задания	2	ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4	Тестирование
	Итого	5		
2 Средства получения низкого вакуума	Подготовка к зачету	1	ПК-2, ПК-4	Зачёт
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	2	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	10		
3 Методы измерения вакуума	Подготовка к зачету	1	ОПК-3, ПК-2, ПК-4	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-3, ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ОПК-3, ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-3, ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	7		
4 Средства получения высокого вакуума	Подготовка к зачету	1	ПК-2, ПК-4	Зачёт
	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	2	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	11		

Согласована на портале № 84757

5 Режимы откачки вакуума и условия выбора вакуумных насосов	Подготовка к зачету	1	ПК-2, ПК-4	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	2	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	9		
6 Практические рекомендации по проектированию вакуумных установок	Подготовка к зачету	1	ПК-2, ПК-4	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Выполнение практического задания	2	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Итого	7		
7 Вакуумные методы получения нанослоев	Подготовка к зачету	1	ПК-2, ПК-4	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	2	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	7		
Итого за семестр		56		
Итого		56		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-3	+		+	+	Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование

Согласована на портале № 84757

ПК-2	+	+	+	+	Зачёт, Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование
ПК-4	+	+	+	+	Зачёт, Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
4 семестр				
Зачёт	0	0	30	30
Индивидуальное задание	7	7	0	14
Контрольная работа	0	7	7	14
Лабораторная работа	0	8	8	16
Практическое задание	6	6	2	14
Тестирование	0	6	6	12
Итого максимум за период	13	34	53	100
Нарастающим итогом	13	47	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 84757

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Шестак, В. П. Вакуумная техника. Концепция разреженного газа : учебное пособие / В. П. Шестак. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 272 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/75958#1.

7.2. Дополнительная литература

1. Основы вакуумной техники, технологии: учеб. пособие / А.Н. Ярмонов. - Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. - 174 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/160774#2.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы вакуумной техники: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / Т. И. Данилина - 2025. 20 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11222.
2. Основы вакуумной техники: Методические указания по выполнению лабораторных работ / Т. И. Данилина - 2025. 28 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11221.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

Согласована на портале № 84757

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 121 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Камера;
- Микрофон;
- Тумба для докладчика;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория технологии интегральных схем: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 116 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка вакуумного напыления УРМ-3 (2 шт.);
- Установка вакуумного напыления УВН-2М-1;
- Установка вакуумного напыления ВУП-5;
- Насос Вакуумный 2 НВР-5ДМ;
- Вакуумметр ВИТ-2;
- Источник питания УИП-2 (2 шт.);
- Измеритель иммитанса Е7-20;
- Источник питания HY 3003;
- Микроскоп ММУ-3;
- Микроскоп МИИ-4;
- Микроскоп МБС-9;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств

Согласована на портале № 84757

приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ПК-4	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Средства получения низкого вакуума	ПК-2, ПК-4	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Методы измерения вакуума	ОПК-3, ПК-2, ПК-4	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 84757

4 Средства получения высокого вакуума	ПК-2, ПК-4	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Режимы откачки вакуума и условия выбора вакуумных насосов	ПК-2, ПК-4	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Практические рекомендации по проектированию вакуумных установок	ПК-2, ПК-4	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Вакуумные методы получения нанослоев	ПК-2, ПК-4	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по

Согласована на портале № 84757

дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.

Согласована на портале № 84757

5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что такое быстрота действия насосов?
   а) объем газа, поступающий в работающий насос в единицу времени;
   б) объем газа, поступающий в единицу времени из сосуда в трубопровод;
   в) производительностью насоса при данном впускном давлении;
   г) количество газа, проходящего через поперечное сечение трубопровода в единицу времени.
2. При каком из режимов течения газа по длинному трубопроводу род газа не влияет на проводимость трубопровода?
   а) молекулярный режим;
   б) вязкостный режим;
   в) молекулярно-вязкостный режим;
   г) однозначно определить невозможно.
3. Исходя из каких соображений производится выбор вакуумных насосов?
   а) быстрота действия насоса должна превышать расчётную быстроту действия, а предельное давление должно быть меньше требуемого с учетом коэффициента использования насоса;
   б) быстрота действия насоса не должна превышать расчётную быстроту действия, а предельное давление должно быть выше требуемого с учетом коэффициента использования насоса;
   в) быстрота действия насоса и его предельное давление не должны превышать расчётных значений с учетом коэффициента использования насоса;
   г) быстрота действия насоса и его предельное давление должны превышать расчётных значений с учетом коэффициента использования насоса.
4. Назовите основное условие механической молекулярной откачки.
   а) длина вращающейся окружности твердого тела превышает длину свободного пробега молекул газа;
   б) скорость движения поверхности больше или равна скорости теплового движения молекул откачиваемого газа;
   в) создание движущей силы молекул газа за счет градиента их концентраций на входном и выходном фланцах насоса;
   г) захват и перемещение молекул газа подвижными лопастями насоса.
5. Уравнение сплошности потока газа…
   а) показывает постоянство газа в любом сечении трубопровода при условии отсутствия натекания газа извне;
   б) показывает постоянство газа в любом сечении трубопровода при условии неменяющейся быстроты действия насоса и скорости откачки объема;
   в) характеризует движущую разность давлений;
   г) характеризует скорость откачки объема.
6. Что такое коэффициент использования насоса?
   а) величина, показывающая объем газа, поступающий в работающий насос в единицу времени;
   б) величина, показывающая количество газа, проходящего через поперечное сечение трубопровода за единицу времени;
   в) величина, показывающая объем газа, откачиваемого из сосуда за единицу времени;
   г) величина, показывающая во сколько раз скорость откачки объема ниже быстроты действия насоса;
7. Что такое селективность откачки?
   а) степень вакуума, создаваемого откачивающей системой;

Согласована на портале № 84757

б) удаление молекул газа строго одним классом насосов;
в) улучшение чистоты остаточной атмосферы после процесса откачки;
г) преобладание скорости откачки строго одного газа по сравнению с другими.

8. Какой фактор не влияет на предельное давление диффузионных насосов?
а) температура нагревателя;
б) диаметр входного фланца насоса;
в) род откачиваемого газа;
г) давление в выходном фланце насоса.
9. Чем определяется величина предельного давления насосов объемной откачки?
а) скоростью откачки;
б) количеством циклов откачки;
в) наличием «вредного» пространства в конструкции насоса;
г) величиной откачиваемого объема.
10. Чем определяется скорость откачки многоступенчатого диффузионного насоса и предельное давление?
а) скорость откачки длинной паровой струи первой ступени, предельное давление – количеством ступеней;
б) скорость откачки и предельное давление в равной степени определяются температурой нагревателя;
в) скорость откачки количеством ступеней, предельное давление длинной паровой струи первой ступени;
г) скорость откачки и предельное давление в равной степени определяются свойствами рабочей жидкости
11. Каким параметром определяется предельное давление криоконденсационного насоса?
а) давлением насыщенных паров откачиваемого газа;
б) плотностью откачиваемого газа;
в) массой молекул откачиваемого газа;
г) диаметром молекул откачиваемого газа.
12. Как зависит температура нити термопарного вакуумметра от давления газа в области сверхнизких давлений:
а) линейно убывает с понижением давления;
б) не зависит от давления;
в) сначала возрастает, затем убывает;
г) линейно возрастает с понижением давления.
13. Нижний предел измеряемых давлений ионизационным вакуумметром будет тем меньше, чем
а) меньше ионный ток;
б) больше электронный ток;
в) меньше электронный ток;
г) больше ионный ток.
14. Что в первую очередь определяет давление насыщенных паров металлов при термическом испарении в вакууме?
а) чистоту полученной пленки металла;
б) температуру испарения металла;
в) скорость конденсации атомов металла на подложке;
г) скорость испарения атомов металла с испарителя.
15. Как зависит скорость роста пленки при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?
а) обратно пропорционально;
б) прямо пропорционально;
в) не зависит;
г) зависимость неоднозначная.
16. Что такое коэффициент распыления при ионно-плазменном распылении мишени.
а) коэффициент, показывающий эффективность используемой распылительной системы при ионно-плазменном распылении;
б) коэффициент, показывающий эффективность использования мишени при ионно-плазменном распылении;

Согласована на портале № 84757

в) коэффициент, показывающий степень износа мишени при ионно-плазменном распылении;
г) коэффициент, показывающий сколько атомов из мишени способен выбить один ион.

17. Коэффициент распыления при ионном распылении с увеличением температуры мишени…
    а) не изменяется;
    б) уменьшается;
    в) увеличивается;
    г) ведет себя неоднозначно.
18. Как изменится время напыления с увеличением температуры испарения при неизменной требуемой толщины пленки?
    а) не изменится;
    б) уменьшится;
    в) увеличится;
    г) ведет себя неоднозначно.
19. В каком случае рекомендуется метод «взрывного испарения»?
    а) в случае, когда испаряемое вещество представлено в виде сложных соединений;
    б) при напылении тугоплавких материалов;
    в) при напылении драгоценных материалов;
    г) в случае, когда испаряемое вещество «отравляет» вакуумную систему.
20. Разброс толщины плёнок по подложке при термическом испарении в вакууме в первую очередь обусловлен:
    а) статистическим распределением Гаусса;
    б) неравномерностью испарения материала с испарителя;
    в) неравномерностью нагрева подложки;
    г) различием расстояний от испарителя до различных точек подложек.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Основное уравнение вакуумной техники. На что влияет проводимость трубопроводов и от чего она зависит?
2. Криоконденсационные насосы. Как зависят характеристики насосов от температуры криопанели?
3. Показать необходимость высокого вакуума при напылении пленок. Определить границы по давлению.
4. Механические насосы. Основные характеристики.
5. Принцип работы одноступенчатого диффузионного насоса. Что будет, если в насосе использовать в качестве рабочей жидкости ртуть или воду?
6. Основное уравнение вакуумной техники. Объяснить, что такое коэффициент использования насоса.
7. Способ получения высокого вакуума с помощью криоадсорбционных насосов.
8. Как произвести выбор вакуумного насоса в установившемся режиме?
9. Что такое эффективная скорость откачки? Как ее определить в зависимости от режимов течения газов по трубопроводам?
10. Как произвести выбор вакуумного насоса в неустановившемся режиме?
11. Как зависит скорость конденсации при термическом испарении от расстояния испаритель-подложка?
12. Получение пленок из тугоплавких металлов ионно-плазменным распылением. Скорость распыления.
13. Особенности испарений соединений и сплавов при термическом испарении.
14. Как изменится время напыления с увеличением температуры испарения?
15. Рассмотреть процесс испарения путем нагрева ускоренными электронами.
16. Скорость осаждения пленок при ионно-плазменном распылении. Параметры, с помощью которых можно управлять временем напыления пленок.
17. Требования к вакууму в ионно-плазменных методах получения нанослев.
18. Объяснить зависимость скорости испарения от температуры испарения.
19. Рассмотреть процесс распыления в тлеющем разряде.
20. Плазменные методы получения нанослоев сложных веществ.

Согласована на портале № 84757

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Основное уравнение вакуумной техники. На что влияет проводимость трубопроводов и от чего она зависит?
2. Что такое быстрота действия насосов? Как ее определить в зависимости от режимов течения газов по трубопроводам?
3. Криоконденсационные насосы. Какими параметрами определяется скорость откачки криоконденсационного насоса.
4. Объяснить принцип молекулярной откачки. Пределы работы молекулярных насосов по давлению.
5. Характеристики диффузионных насосов. Какие факторы и почему влияют на предельное давление этих насосов?
6. Как произвести выбор вакуумного насоса в установившемся режиме?
7. Механические масляные насосы. Проанализировать влияние вредного пространства на предельное давление.
8. Что определяет давление насыщенных паров металлов при термическом испарении в вакууме?
9. Тепловые вакуумметры. Анализ зависимости чувствительности тепловых вакуумметров от температуры нити и баллона.
10. Принцип измерения ионизационных вакуумметров.

9.1.4. Темы практических заданий

1. Определение основных параметров механических насосов
2. Расчет эффективной скорости откачки
3. Расчет параметров диффузионных насосов
4. Расчет параметров конденсационных и криоадсорбционных насосов
5. Расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа
6. Расчет времени осаждения пленок при термическом испарении в вакууме

9.1.5. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Определить по справочным данным основные параметры предложенного механического форвакуумного насоса. Рассчитать значения быстроты действия насоса в диапазоне давлений от давления запуска до предельного давления работы насоса.
2. Рассчитать давление в выпускном фланце предложенного диффузионного паромасляного насоса при его работе с конкретной маркой вакуумного масла и, учитывая условия согласования вакуумных насосов и выбора вакуумного насоса произвести подбор форвакуумного насоса.
3. Произвести расчет выбора вакуумных насосов для обеспечения заданного давления газа в конкретной технологической установке.
4. Разработать вакуумную систему для получения давления в камере 3·10-3 Па, используя в качестве насосов для получения вакуума криогенный и механический. Выбрать конкретный тип насосов, если суммарное газовыделение и натекание составляет 5·10-4 м3·Па/с. Время предварительной откачки камеры вместимостью 25 л до давления запуска высоковакуумного насоса не более 10 мин.
5. Рассчитать давление в камере в процессе откачки диффузионным насосом в течение 1 часа. Считать, что суммарный поток газовыделения и натекания в начале откачки равен 3·10-4 м3·Па/с и уменьшается в 2 раза каждые 20 минут откачки. Высоковакуумная магистраль состоит из отверстия на выходе из камеры диаметром 200 мм, патрубка диаметром 200 мм и длиной 450 мм и затвора. Проводимость затвора, установленного на входном отверстии
высоковакуумного насоса, равна 6 м3/с.

9.1.6. Темы лабораторных работ

1. Механические вакуумные насосы для предварительной откачки
2. Паромасляные диффузионные насосы
3. Моделирование форвакуумной установки
4. Моделирование высоковакуумной установки

Согласована на портале № 84757

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается

Согласована на портале № 84757

доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 84757

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 172 от «16» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Доцент, каф. ФЭ	И.А. Чистоедова	Согласовано, 2114f42c-7cf2-4826-9f35-9a75ea4961b2

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. ФЭ	Ю.С. Жидик	Разработано, db64d8d8-4523-45e4-9f1c-901117524a6a

Согласована на портале № 84757