

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета РТЭ _____ В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Вакуумная техника»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль Инженерные нанотехнологии в приборостроении

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ /Ситников А.В./

Заведующий кафедрой
Физики твердого тела _____ /Костюченко А.В./

Руководитель ОПОП _____ /Липатов Г.И./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины:

формирование у обучающихся знаний о свойствах, методах получения и измерения вакуума, особенностях применения вакуумных технологий в производстве приборов и устройств микро- и наносистемной техники.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

знание свойств разреженной газовой среды и методов получения и измерения вакуума;

знание методов получения тонких металлических пленок и диэлектрических слоев в производстве изделий микро- и наносистемной техники;

приобретение навыков работы с вакуумным технологическим оборудованием.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Вакуумная техника» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Вакуумная техника» направлен на формирование следующих компетенций:

ПКВ-2 — Готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования в производстве приборов и устройств микро- и нанoeлектроники.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПКВ-2	Знать методы получения и измерения вакуума, свойства низкотемпературной газоразрядной плазмы и особенности применения вакуум-плазменных технологий в производстве приборов и устройств микро- и наносистемной техники.
	Уметь работать на вакуумных установках напыления тонких пленок и ионно-плазменного травления подложек и функциональных слоев.
	Владеть навыками получения функциональных тонкопленочных покрытий и ионно-плазменной обработки функциональных слоев приборов и устройств микро- и наносистемной техники

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Вакуумная техника» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего	Семестры
---------------------	-------	----------

	часов	7
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	72	72
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации — экзамен	+	+
Общая трудоемкость		
академические часы	180	180
з.е.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Физические основы вакуумной техники	Понятие о вакууме и давлении. Газовые законы: Дальтона, Бойля—Мариотта, Авогадро, Гей—Люссака, Шарля. Частота соударений молекул газа с поверхностью и единицы давления. Распределение молекул газа по скоростям. Средняя длина свободного пути. Взаимодействие газов с твердыми телами: поглощение и выделение газов твердыми телами, адсорбция и десорбция газов. Физическая адсорбция. Химическая адсорбция. Десорбция. Растворимость, газосодержание, диффузия, проницаемость. Не стационарный процесс диффузии. Давление паров и диссоциация окислов металлов. Понятия газ и пар. Давление паров металлов. Вязкостное трение, перенос теплоты в вакууме, диффузия в газах. Расчет характеристик течения газа методами механики сплошной среды. Течение газов через отверстия. Течение газов в трубопроводах	2	—	32	34
2	Вакуумные насосы	Классификация, основные параметры и характеристики, область действия вакуумных насосов. Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением: принцип действия, параметры и характеристики, рабочие жидкости для насосов, конструкции, газобалластное устройство и откачка конденсирующихся паров, практические указания по эксплуатации. Двухроторные вакуумные насосы: принцип действия, конструкция и	4	8	10	22

		характеристики, практические указания по эксплуатации. Молекулярная откачка: конструкция молекулярных насосов, характеристики турбомолекулярных насосов. Струйные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики, практические указания по эксплуатации. Адсорбционные насосы: принцип действия. Испарительные гетерные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики. Электродуговые насосы: принцип действия, конструкции и характеристики. Ионно-гетерные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики, практические указания по эксплуатации. Магнитные электроразрядные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики, практические указания по эксплуатации. Конденсационные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики. Криосорбционные насосы.				
3	Конструкционные материалы и коммутационная аппаратура вакуумных систем	Конструкционные материалы, основные требования. Металлы и сплавы. Не металлические материалы. Коммутационная аппаратура, основные требования. Коммутационная аппаратура для не прогреваемых вакуумных систем. Коммутационная аппаратура для прогреваемых вакуумных систем. Устройства для напуска газа в вакуумные системы (натекатели). Элементы вакуумных систем. Разборные и не разборные вакуумные соединения. Устройства для передачи движения. Электрические вакуумные вводы. Смотровые системы.	4	—	2	6
4	Методы и приборы для измерения общего давления	Классификация методов и приборов для измерения общих давлений. Жидкостные U-образные вакуумметры. Открытые U-образные вакуумметры. Закрытые U-образные вакуумметры. Компрессионные вакуумметры: общее описание и принцип работы, особенности компрессионного вакуумметра. Деформационные преобразователи. Тепловые преобразователи. Вакуумметры сопротивления (режим постоянства температуры). Термопарные вакуумметры (режим постоянства тока какала). Электронные преобразователи. Магнитные электроразрядные вакуумметры: принцип действия. Магнитные электроразрядные вакуумметры с повышенным верхним пределом измеряемых давлений. Магнитные электроразрядные вакуумметры для измерения сверхнизких давлений. Самоочищающиеся магнитные электроразрядные преобразователи. Особенности магнитных электроразрядных вакуумметров. Радиоизотопные преобразователи. Практические указания по эксплуатации приборов для измерения полного давления. Присоединение маномет-	2	4	8	14

		рических преобразователей к вакуумной системе. Отсчет давлений. Очистка и обезгаживание преобразователей. Сорбционно-десорбционные эффекты. Инерционность отсчета давления. Градуировка преобразователей для измерения общих давлений.				
5	Методы течеискания	Метод опрессовки. Люминесцентный метод течеискания. Искровой метод определения течи. Галогенный метод определения течи. Поиск негерметичности манометрическим методом. Масс-спектрометрический метод определения течи.	2	4	5	11
6	Принципы построения вакуумных систем	Принципы построения вакуумных систем. Общие требования. Оборудование для откачки ЭВП. Оборудование для нанесения тонких пленок. Основные требования, предъявляемые к вакуумным системам. Не прогреваемые вакуумные системы откачных постов. Прогреваемые вакуумные системы откачных постов. Вакуумные системы оборудования для нанесения тонких пленок.	2	—	2	4
7	Способы нанесения тонких пленок	Теория испарения. Конструкция испарителей и их применение. Распределение осажденных пленок по толщине. Испарение соединений и сплавов. Ионное распыление. Плазма. Ионные пучки. Коэффициент распыления. Пороговая энергия распыления. Угловое распределение распыляемого материала. Состав распыляемого вещества и распыленных частиц. Теоретические модели ионного распыления. Самостоятельный тлеющий разряд. Не самостоятельный тлеющий разряд. Рост пленок полученным ионным распылением. Распылительное оборудование и роль параметров нанесения пленок. Реактивное распыление. Высокочастотное распыление.	10	12	5	27
8	Процессы ионно-плазменной обработки материалов	Плазмо- и плазмохимическое травление. Механизмы формирования химически активной плазмы. Механизмы взаимодействия энергетических частиц плазмы с материалами. Селективность процесса плазмо- и ионно-химического травления. Зависимость скорости процесса от параметров. Ионно-плазменная очистка поверхности. Полировка и создание рельефа. Травление структур на поверхности материала. Оборудование для ионно-плазменного травления.	10	8	8	20
Итого			36	36	72	144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Изучение конструкции принципа действия механических вакуумных насосов с масляным уплотнением НВР-2М

2. Изучение конструкции и принципа действия диффузионного насоса Н 250/2500

3. Изучение конструкций и работы лампы вакуумной термопарной ПМТ-2 и лампы вакуумной ионизационной ПМИ-2

4. Методы течеискания

5. Напыление металлической пленки методом ионно-лучевого распыления

6. Напыление диэлектрической пленки методом ионно-лучевого распыления

7. Напыление диэлектрической пленки методом реактивного ионно-лучевого распыления

8. Травление диэлектрической пленки ионно-лучевым методом

9. Ионно-плазменная очистка поверхности

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-8	Знать методы получения и измерения вакуума, свойства низкотемпературной газоразрядной плазмы и особенности применения вакуум-плазменных технологий в производстве приборов и устройств микро- и наносистемной техники	Активная работа на лекциях, выполнение проверочных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь работать на вакуумных установках напыления тонких пленок и ионно-плазменного травления подложек и функциональных слоев	Выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками получения функциональных тонкопленочных покрытий и ионно-плазменной обработки функциональных слоев приборов и устройств микро- и наносистемной техники	Выполнение лабораторных работ, защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для

очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-8	Знать методы получения и измерения вакуума, свойства низкотемпературной газоразрядной плазмы и особенности применения вакуум-плазменных технологий в производстве приборов и устройств микро- и наносистемной техники	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	Уметь работать на вакуумных установках напыления тонких пленок и ионно-плазменного травления подложек и функциональных слоев	Подготовка и выполнение лабораторных работ	Лабораторные выполнены и оформлены в надлежащем виде	Лабораторные выполнены	Лабораторные выполнены и оформлены в надлежащем виде	Лабораторные не выполнены.
	Владеть навыками получения функциональных тонкопленочных покрытий и ионно-плазменной обработки функциональных слоев приборов и устройств микро- и наносистемной техники	Выполнение лабораторных работ, защита лабораторных работ	Лабораторные выполнены и защищены своевременно	Лабораторные выполнены и защищены не своевременно	Лабораторные выполнены и не защищены	Лабораторные не выполнены и не защищены не своевременно

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Физика вакуума

1. Постулаты физики вакуума (5 постулатов)
2. Количественное определение вакуума (3 способа)
3. Выражение для давления газа через скорость и концентрацию
4. Закон Дальтона
5. Уравнения газового состояния
6. Закон Бойля—Мариотта
7. Закон Авогадро
8. Закон Гей-Люссака
9. Закон Шарля
10. Число молекул, ударяющихся о единицу поверхности в единицу времени

11. Среднеквадратичная скорость молекул
12. Наиболее вероятной скоростью молекул
13. Среднеарифметическую скорость молекул
14. Длины свободного пути молекулы от температуры
15. Физический смысл постоянной Сазерленда
16. Длины свободного пути молекулы от давления

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

2. Взаимодействие газов с твердыми телами

1. Что такое сорбция и десорбция газа
2. Что такое адсорбция и абсорбция газа
3. Виды адсорбции
4. Физические причины адсорбции
5. Формула Ленгмюра
6. Чем отличается химическая адсорбция и химическая реакция
7. Растворимость газов
8. Газосодержание
9. Уравнение диффузии газа в твердом теле
10. Коэффициент диффузии газа в твердом теле
11. Удельный поток газа через стенку
12. Коэффициент проницаемости
13. Связь удельного потока газа, проникающего через стенку единичной толщины (проницаемости), растворимости и коэффициента диффузии
14. Обезгаживание материала
15. Скорости удельного газовыделения в вакууме для полубесконечного твердого тела
16. Скорости удельного газовыделения в вакууме для пластины конечной толщины
17. Скорости удельного газовыделения в вакууме для цилиндра радиуса R
18. Отличие газа от пара
19. Давление насыщенного пара веществ, применяемых в вакуумной технике
20. Оксиды металлов, подверженные термической диссоциации

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

3. Явления переноса

1. Явления в газах, связанные с переносом массы, энергии и количества движения
2. Коэффициент динамической вязкости в области низкого вакуума
3. Зависимость от давления коэффициента динамической вязкости в области низкого вакуума
4. Зависимость от температуры коэффициента динамической вязкости в области низкого вакуума
5. Сила трения в области высокого вакуума
6. Зависимость от давления силы трения в области высокого вакуума
7. Зависимость от температуры силы трения в области высокого вакуума
8. Коэффициент теплопроводности газа в области низкого вакуума

9. Зависимость от давления коэффициента теплопроводности газа в области низкого вакуума
10. Закон Стефана—Больцмана
11. Поток энергии при излучении в зависимости от количества установленных экранов
12. Коэффициент теплопроводности газа в области высокого вакуума
13. Зависимость коэффициента теплопроводности от давления во всем диапазоне давлений
14. В каком случае коэффициент теплопроводности выше для легких атомов или тяжелых или нет зависимости
15. Коэффициент самодиффузии в области низкого вакуума
16. Зависимость от температуры коэффициента самодиффузии в области низкого вакуума
17. Зависимость от давления коэффициента самодиффузии в области низкого вакуума
18. Скорость самодиффузии в высоком вакууме
19. Зависимость от температуры скорости самодиффузии в высоком вакууме
20. Зависимость от массы атома скорости самодиффузии в высоком вакууме
21. Зависимость от давления коэффициента самодиффузии в высоком вакууме

4. Режимы течения газа

1. Условие, когда поток газа кг/с можно выразить $\text{м}^3\text{Па/с}$?
2. Определение проводимости?
3. Проводимость параллельно соединенных трубопроводов
4. Проводимость последовательно соединенных трубопроводов
5. Зависимость от давления проводимости трубопровода
6. Режимы течения газа
7. Критерий Кнудсена
8. Режимы относительно критерия Кнудсена
9. Условие сплошной среды для движения газа
10. Проводимость отверстия для воздуха при комнатной температуре в вязкостном режиме
11. Проводимость отверстия для воздуха при комнатной температуре в молекулярном режиме?
12. Проводимость отверстия для воздуха при комнатной температуре в молекулярно-вязкостном режиме
13. Проводимость трубопровода для воздуха при комнатной температуре в вязкостном режиме
14. Проводимость круглого трубопровода для воздуха при комнатной температуре в молекулярном режиме
15. Проводимость трубопровода для воздуха при комнатной температуре в молекулярно-вязкостном режиме

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Вакуум и давление.
2. Газовые законы: Дальтона, Бойля—Мариотта, Авогадро, Гей-Люссака, Шарля.
3. Распределение молекул газа по скоростям и средней длина свободного пути.
4. Взаимодействие газов с твердыми телами: поглощение и выделение газов твердыми телами, адсорбция и десорбция газов.
5. Растворимость, газосодержание, диффузия, проницаемость.
6. Различий между газом и паром.
7. Явления переноса: вязкостное трение, перенос теплоты в вакууме, диффузия в газах.
8. Режимы течения газов: вязкостный, молекулярно-вязкостный, молекулярный.
9. Классификация, основные параметры и характеристики, области действия вакуумных насосов.
10. Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением: принцип действия, параметры и характеристики, рабочие жидкости для насосов, конструкции, газобалластное устройство и откачка конденсирующихся паров, практические указания по эксплуатации.
11. Двухроторные вакуумные насосы: принцип действия, конструкция и характеристики, практические указания по эксплуатации.
12. Молекулярная откачка: конструкция молекулярных насосов, характеристики турбомолекулярных насосов.
13. Струйные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики, практические указания по эксплуатации.
14. Адсорбционные насосы: принцип действия.
15. Испарительные геттерные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики.
16. Электродуговые насосы: принцип действия, конструкции и характеристики.
17. Ионно-геттерные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики, практические указания по эксплуатации.
18. Магнитные электроразрядные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики, практические указания по эксплуатации.
19. Конденсационные насосы: принцип действия, конструкции и характеристики.
20. Криосорбционные насосы.
21. Конструкционные материалы: металлы и сплавы, не металлические материалы.
22. Коммутационная аппаратура: основные требования.
23. Устройства для напуска газа в вакуумные системы (натекатели).
24. Элементы вакуумных систем: разборные и не разборные вакуумные соединения, устройства для передачи движения, электрические вакуумные вводы, смотровые системы.
25. Методы и приборы для измерения общих давлений.
26. U-образные вакуумметры.
27. Компрессионные вакуумметры: общее описание и принцип работы, особенности компрессионного вакуумметра.
28. Деформационные преобразователи.

29. Тепловые преобразователи.
30. Термопарные вакуумметры.
31. Магнитные электроразрядные вакуумметры.
32. Радиоизотопные преобразователи.
33. Приборы для измерения парциальных давлений газа.
34. Методы течеискания: опресовки, люминесцентный, искровой и манометрический, теплового манометрического преобразователя, высоковакуумного манометрического преобразователя; галогенный и масс-спектрометрический течеискатели.
35. Принципы построения вакуумных систем.
36. Оборудование для нанесения тонких пленок.
37. Основные требования, предъявляемые к вакуумным системам Теория испарения. Конструкция испарителей и их применение. Распределение осажденных пленок по толщине. Испарение соединений и сплавов.
38. Ионное распыление. Плазма. Ионные пучки. Коэффициент распыления. Пороговая энергия распыления. Угловое распределение распыляемого материала. Состав распыляемого вещества и распыленных частиц. Теоретические модели ионного распыления.
39. Самостоятельный тлеющий разряд. Не самостоятельный тлеющий разряд. Рост пленок, полученных ионным распылением. Распылительное оборудование и роль параметров нанесения пленок. Реактивное распыление. Высокочастотное распыление.
40. Плазмо- и плазмохимическое травление. Механизмы формирования химически активной плазмы. Механизмы взаимодействия энергетических частиц плазмы с материалами. Селективность процесса плазмо- и ионно-химического травления. Зависимость скорости процесса от параметров.
41. Ионно-плазменная очистка поверхности. Полировка и создание рельефа. Травление структур на поверхности материала. Оборудование для ионно-плазменного травления.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется по нескольким критериям:

1. Тестирование по темам курса тест-задания.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил правильно на 40 % вопросов и меньше.

Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил правильно на 40—60 % вопросов.

Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент ответил правильно на 60—80 % вопросов.

Оценка «Отлично» ставится, если студент ответил правильно на 80 % вопросов и более.

2. Ответы при защите лабораторных работ.

3. Экзамен.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Физические основы вакуумной техники	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен
2	Вакуумные насосы	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен
3	Конструкционные материалы и коммутационная аппаратура вакуумных систем	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен
4	Методы и приборы для измерения общих давлений	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен
5	Методы течеискания	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен
6	Принципы построения вакуумных систем	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен
7.	Способы нанесения тонких пленок	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен
8.	Процессы ионно-плазменной обработки материалов.	ПКВ-2	Тест, защита лабораторной работы, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Лабораторные работы защищаются индивидуально путем опроса теоретического материала работы и практических результатов, предусмотренных программой в ходе выполнения лабораторной работы. Приблизительный перечень вопросов представлен в методическом указании к выполнению работы.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Ситников, А.В. Физические основы вакуумной техники: Учеб. пособие. - Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 81 с.
2. Ситников, А.В. Лабораторный практикум по основам вакуумной техники: Учебно-методическое пособие. - Воронеж: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016. - 79 с.
3. Ситников, А.В. Расчет процессов откачки вакуумных технологических установок [Электронный ресурс]: учебное пособие / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. физики твердого тела. - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. - 91 с.
4. Шешин, Е.П. Вакуумные технологии: Учеб. пособие. - Чебоксары: Интеллект, 2009. - 504 с.

5. Панфилович, К.Б. Физические основы вакуумной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Х. Садыков; П.И. Бударин; К.Б. Панфилович. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2008. - 136 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/63531.html>
6. Иванов, В.И. Вакуумная техника [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Иванов. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. - 129 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/65805.html>
7. Логвиненко, Е.В. Сборник задач по вакуумной технике [Электронный ресурс]: задачник / В.И. Иванов; Е.В. Логвиненко. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. - 40 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68112.html>
8. Розанов, Л.Н. Вакуумные машины и установки. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1975. - 336 с.
9. Гиоргадзе, А.Л. Вакуумная техника: Учеб. пособие. - Воронеж: ВГПГК, 2008. - 103 с.
10. Беляев, Н.В. Расчет вакуумных систем в примерах: Учеб. пособие. — Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 121 с.
11. Технология тонких пленок (Справочник)/ Под ред. Л. Майссела, Р. Гленга — М.: Сов. радио, 1977. Т.1. - 664 с.
12. Ивановский Г.Ф., Петров И.В. Ионно-плазменная обработка материалов. — М: Радио и связь, 1986, 232с.
13. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии — М: Техносфера, 2010. - 528 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лабораторных занятий необходима аудитория, оснащенная вакуумным оборудованием (аудитории 030, 024 первого корпуса ВГТУ)

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «Вакуумная техника»

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			