

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.В. Бурмистров

«21» ноября 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине **Б1.В.ОД.10 «Физика вакуума»**

Направление подготовки

15.03.02 «Технологические
машины и оборудование»

Профиль

Вакуумная и компрессорная
техника физических установок

Квалификация (степень) выпускника

БАКАЛАВР

Форма обучения

очная

Институт, факультет

ИХНМ, механический

Кафедра-разработчик рабочей программы

ВТЭУ

Курс, семестр

3 к. - 5с., 6с.;

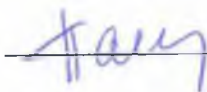
	Часть 1			Часть 2		
		Часы	Зачетные единицы		Часы	Зачетные единицы
Курс	3			3		
Семестр	5			6		
Лекции		36	1		18	0,5
Лабораторные занятия		18	0,5		54	1,5
Практические занятия		18	0,5		-	-
Самостоятельная работа		72	2		72	2
Форма аттестации - экзамен		36	1		36	1
Всего		180	5		180	5

Казань, 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (утвержден приказом МИНОБРНАУКИ России от 20 октября 2015 года № 1170) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профиля «Вакуумная и компрессорная техника физических установок», на основании учебного плана набора обучающихся 2015-2017г.г.

Типовая программа по дисциплине отсутствует

Разработчик программы:
профессор

 К.Б. Панфилович

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТЭУ
протокол от 15 ноября 2017г. № 2

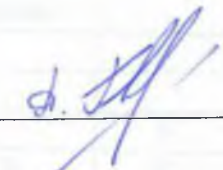
Зав. кафедрой, профессор

 В.А. Аляев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии МФ
от «20» ноября 2017г. № 8

Председатель комиссии, доцент

 А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент

 Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика вакуума» являются:

- а) формирование знаний в области газовой динамики разреженных сред;
- б) знакомство с основными терминами и определениями в вакуумной технике;
- в) обучение методике расчета проводимости сложных элементов вакуумных систем при различных режимах течения газа;
- г) обучение методике расчета молекулярных потоков тепла в разреженных средах;
- д) формирование знаний в области сорбции, газовой выделения и газопроницаемости материалов в вакууме;
- е) изучение процессов испарения в вакууме и взаимодействие газов с поверхностью твердых тел.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика вакуума» относится к вариативной части ООП.

Для успешного освоения дисциплины «Физика вакуума» обучающийся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.6 Физика;
- б) Б1.Б.5 Математика;
- в) Б1.Б.7 Химия;
- г) Б1.Б.22 Термодинамика.

Дисциплина «Физика вакуума» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

- а) Б1.В.ОД.14 Монтаж и эксплуатация вакуумного оборудования;
- б) Б1.В.ОД.12 Роторные вакуумные насосы;
- в) Б1.В.ОД.11 Струйные и сорбционные вакуумные насосы;
- г) Б1.В.ОД.13 Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования;
- д) Б1.В.ОД.15 Вакуумные установки;
- е) Б1.В.ДВ.6.1 Поршневые вакуумные насосы;
- ж) Б1.В.ДВ.8.1 Вакуумные насосы динамического действия;
- з) Б1.В.ДВ.9.1 Вакуумные технологии
- и) Б1.В.ДВ.10.1 Вакуумная техника в нанотехнологиях;
- к) Б1.В.ДВ.10.2 Потоки в вакуумных системах.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Физика вакуума», используются в выполнении выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе изучения данной дисциплины студент должен овладеть **следующими компетенциями**:

ПК-1 способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки;

ПК-5 - способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;

ПК-15 - умением выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

а) понятие о функции распределения Максвелла, методы нахождения средних величин: число столкновений молекул со стенкой, скорость движения молекул в объеме, длина свободного пробега молекул;

б) понятие о различных режимах течения газа по каналам;

в) методику и критерии определения режима течения газа по каналу;

г) методологию расчета потоков газа и молекулярных потоков тепла в вакуумных системах на основе статистической механики;

д) основные элементы молекулярно-кинетической теории разреженных газов;

е) процессы сорбции на твердой поверхности, газовыделение и газопроницаемость различных материалов в вакууме.

2) Уметь:

а) определять режим течения газа по каналам;

б) рассчитывать проводимость элементов вакуумных систем простой и сложной геометрической формы;

в) рассчитывать молекулярные потоки тепла в элементах вакуумных систем;

г) рассчитывать расход и скорость движения газа через отверстие в тонкой стенке при молекулярном режиме течения газа;

д) различать между собой процессы сорбции, адсорбции, абсорбции, десорбции, хемосорбции, диффузии;

3) Владеть:

а) навыками расчета проводимости элементов вакуумных систем при различных режимах течения газа;

б) различными приемами решения задач по переносу тепла в слое газа между плоскими бесконечными параллельными пластинами в молекулярном режиме;

г) методикой расчета количества адсорбированного газа на поверхности твердого тела.

д) навыками расчета изменения давления в вакуумной системе с учетом процессов сорбции, газовыделения и газопроницаемости материалов в вакууме.

4. Структура и содержание дисциплины «Физика вакуума»

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лек- ции	Прак- тич. занят	Лаб. раб.	СРС	
1	Тема 1	5	2	-	-	2	тестирование, реферат
2	Тема 2	5	4	4	-	2	тестирование, реферат, отчет по практическим работам,
3	Тема 3	5	4	-	-	2	тестирование, реферат
4	Тема 4	5	4	-	4	6	тестирование, отчет по лабораторным работам,
5	Тема 5	5	4	-	-	2	тестирование, реферат
6	Тема 6	5	4	4	-	2	тестирование, реферат, отчет по практическим работам
7	Тема 7	5	4	-	-	2	тестирование, реферат
8	Тема 8	5	4	4	-	2	тестирование, отчет по практическим работам, реферат
9	Тема 9	5	4	6	10	40	тестирование, отчет по лабораторным работам, отчет по практическим работам, расчетное задание
10	Тема 10	5	2	-	4	12	тестирование, реферат, отчет по лабораторным работам,
	Промежуточная аттестация						экзамен
11	Тема 11	6	2	-	6	20	тестирование, реферат, отчет по лабораторным работам
12	Тема 12	6	2	-	24	20	тестирование, реферат, отчет по лабораторным работам
13	Тема 13	6	4	-	-	6	тестирование, реферат
14	Тема 14	6	2	-	-	4	тестирование, реферат
15	Тема 15	6	2	-	6	6	тестирование, реферат, отчет по лабораторным работам
16	Тема 16	6	2	-	-	4	тестирование, реферат
17	Тема 17	6	2	-	6	6	тестирование, реферат, отчет по лабораторным работам
18	Тема 18	6	2	-	12	6	тестирование, реферат, отчет по лабораторным работам
	Промежуточная аттестация						экзамен
	Итого:		54	18	72	144	

5. Содержание лекционных занятий по темам

5 семестр				
№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Часы	Краткое содержание	Форм-ые комп-ии
1	<u>Тема 1</u> Вводная лекция	2	Историческая справка. Режимы движения газов по каналам. Число Кнудсена. Столкновение молекул. Потенциал межмолекулярных взаимодействий	ПК-1
2	<u>Тема 2</u> Функция распределения молекул по скоростям	4	Постановка задачи. Функция распределения Максвелла. Понятия о наиболее вероятнейшей, средней арифметической и средней квадратичной скорости движения молекул	ПК-1
3	<u>Тема 3</u> Уравнение Больцмана	4	Постановка задачи. Конечный результат вывода интеграла столкновений	ПК-1
4	<u>Тема 4</u> Макроскопические параметры газа	4	Скорость движения молекул, температура, давление, тепловой поток. Понятие хаотического движения молекул. Длина свободного пути молекулы	ПК-1
5	<u>Тема 5</u> Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела	4	Постановка задачи. Допущения. Диффузное и зеркальное отражение молекул стенки. Понятия коэффициентов импульсной и термической аккомодации. Частные случаи.	ПК-1, ПК-5, ПК-15
6	<u>Тема 6</u> Свободномолекулярное течение газа через отверстие в тонкой стенке	4	Постановка задачи. Допущения. Расчет скорости, плотности и расхода газа при истечении через отверстие в тонкой стенке при свободномолекулярном режиме	ПК-1, ПК-5
7	<u>Тема 7</u> Свободномолекулярное течение газа через канал	4	Постановка задачи. Допущения. Расчет истинного значения количества молекул газа, прошедших через канал. Нахождение массового расхода газа через канал. Коэффициент Клаузинга	ПК-1, ПК-15
8	<u>Тема 8</u> Теплопередача через неподвижный слой газа при молекулярном режиме	4	Постановка задачи. Допущения. Вычисление температуры газового слоя. Расчет теплового потока через определенный слой газа	ПК-1, ПК-5
9	<u>Тема 9</u> Проводимость элементов вакуумной системы	4	Расчет проводимости длинных и коротких трубопроводов, малых и больших диафрагм при вязкостном, молекулярном режимах течения газа. Расчет проводимости элементов вакуумной системы при переходном режиме течения газа. Последовательное и параллельное соединение элементов вакуумной системы, понятие сопротивления элементов вакуумной системы	ПК-5, ПК-15
10	<u>Тема 10</u> Явления переноса в вакууме	2	Понятия внутреннего трения, теплопроводности, диффузия. Термомолекулярное течение. Расчет количества молекул газа, ударяющихся о стенку	ПК-1

6 семестр				
11	<u>Тема 11</u> Основные характеристики вакуумных систем	2	Понятия о вакуумных системах, их основные термодинамические параметры: давление, удельный объем, температура. Параметры процесса откачки: массовый и объемный расход газа, быстрота действия, предельное остаточное давление. Основное уравнение вакуумной техники	ПК-1, ПК-5
12	<u>Тема 12</u> Физическая сорбция	2	Определение. Потенциал межмолекулярного взаимодействия при физической сорбции. Время адсорбции, время миграции. Уравнение адсорбции. Основные характеристики промышленных адсорбентов	ПК-1, ПК-15
13	<u>Тема 13</u> Теория моно- и полимолекулярной адсорбции	4	Основное уравнение. Понятие идеальной поверхности. Уравнение Ленгмюра. Уравнение БЭТ. Теплота адсорбции.	ПК-1, ПК-15
14	<u>Тема 14</u> Абсорбция газов твердыми телами	2	Основные понятия. Растворы внедрения и растворы замещения. Эффект Ребиндера. Понятие газовых пузырей. Хемосорбция	ПК-1, ПК-15
15	<u>Тема 15</u> Условие равновесия фаз	2	Понятие тройной точки. Вывод дифференциального уравнения. Расчет равновесного давления по уравнению Клайперона-Клаузинга	ПК-1, ПК-15
16	<u>Тема 16</u> Теория испарения	2	Основные понятия. Вывод уравнений для нахождения скорости испарения вещества кинетическим и термодинамическим методом.	ПК-1, ПК-15
17	<u>Тема 17</u> Эффузия газа через малое отверстие	2	Основные понятия. Ячейка Кнудсена, основные требования. Распределение молекул по направлениям. Испарении из точечного источника. Особенности испарения соединений	ПК-1, ПК-15
18	<u>Тема 18</u> Газовыделение и проницаемость материалов в вакууме	2	Основные понятия физических процессов газовыделения и проницаемости различных материалов в вакууме. Источники остаточных газов в вакуумной камере: за счет десорбции, диффузии, не плотностей. Использование процессов проницаемости в создании средств откачки и натекаелей	ПК-5, ПК-15

Лекционные занятия проводятся с использованием инновационных образовательных технологий - разбор конкретных ситуаций, которые позволяют вести диалог с будущими выпускниками бакалавриата по вопросам их будущей специальности.

6. Содержание практических занятий

№	Тема	Ча-сы	Наименование практического занятия	Краткое содержание	Форм-ые комп-ии
5 семестр					
1	<u>Тема 2</u>	4	<u>Практическая работа № 1</u> Функция распределения молекул по скоростям	Вывод уравнений для нахождения наивероятнейшей, средней арифметической и средней квадратичной скорости движения	ПК-1

				молекул.	
2	Тема 6	4	<u>Практическая работа № 3</u> Истечение газа через малую диафрагму при молекулярном режиме	Вывод уравнений для нахождения скорости истечения, плотности и массового расхода газа через отверстие в тонкой стенке при свободномолекулярном режиме течения	ПК-1, ПК-5
3	Тема 8	4	<u>Практическая работа № 4</u> Перенос тепла в молекулярном режиме между двумя плоскими параллельными пластинами	Вывод уравнения для нахождения температуры в каждой точке газового слоя и теплового потока через единицу поверхности плоскопараллельной пластины	ПК-1, ПК-5
4	Тема 9	6	<u>Практическая работа № 2</u> Расчет проводимости трубопровода сложной геометрической формы	Расчет проводимости колен, длинных и коротких трубопроводов, больших и малых диафрагм при молекулярном и вязкостном режимах течения газ. Обобщенные уравнения для нахождения проводимостей для различных газов	ПК-5, ПК-15
	итого	18			

7. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия проводятся с использованием инновационной образовательной технологии – разбор конкретных ситуаций, которая позволяет вести диалог с бакалаврами по вопросам их будущей специальности.

№	Тема	Наименование лабораторного занятия	Часы	Краткое содержание	Форм-ые комп-ии
5 семестр					
1	Тема 4	<u>Лабораторная работа №1</u> Средняя длина свободного пробега атомов паров металла при пониженных давлениях	4	Изучение основных положений молекулярно-кинетической теории газов. Освоение метода определения средней длины свободного пробега	ПК-1
2	Тема 9	<u>Лабораторная работа №2</u> Проводимость сложных элементов вакуумных систем	4	Измерение проводимости канала в молекулярном режиме методом сравнения с проводимостью тонкой диафрагмы. Расчет проводимости элементов вакуумных систем	ПК-15 ПК-5
3	Тема 9	<u>Лабораторная работа №3</u> Измерение проводимости элементов вакуумных систем	6	Изучение влияния формы канала на его проводимость. Измерение проводимости методом аналогии течения газа по каналам и прохождения электрического тока по цепи	ПК-15 ПК-5

		методом аналогии			
4	Тема 10	Лабораторная работа № 4 Коэффициент теплопроводности разреженных газов	4	Изучение особенностей молекулярного переноса теплоты в разреженных газах. Измерения коэффициента теплопроводности газа методом нагретой нити	ПК-1
6 семестр					
5	Тема 11	Лабораторная работа №5 Типовая вакуумная установка	6	Изучение назначения элементов вакуумной установки. Освоение алгоритма запуска и отключения типовой вакуумной установки. Изучение основных терминов и определений. Условные и буквенные обозначения элементов вакуумной системы	ПК-1 ПК-5
6	Тема 12	Лабораторная работа №6 Температурная граница и теплота сорбции паров металла на поверхности твердого тела	6	Знакомство с процессами сорбции паров металла на твердой поверхности. Освоение понятий физической сорбции, температурная граница сорбции	ПК-1 ПК-15
7	Тема 12	Лабораторная работа №7 Поглощение газов синтетическими цеолитами	12	Изучение структуры и адсорбционных свойств пористых адсорбентов. Знакомство с методикой экспериментального исследования поглощения газов цеолитами	ПК-1 ПК-15
8	Тема 12	Лабораторная работа №8 Физическая сорбция на непористом адсорбенте	6	Изучение закономерности сорбции газов на непористом адсорбенте. Освоение методики измерений и обработки экспериментальных значений	ПК-1 ПК-15
9	Тема 15	Лабораторная работа №9 Давление насыщенных паров вакуумных жидкостей	6	Знакомство с методами экспериментального определения давления насыщенных паров жидкостей. Расчет температурной зависимости давления насыщения статистическим методом	ПК-1 ПК-15
10	Тема 17	Лабораторная работа №10 Экспериментальное исследование давления диссоциации	6	Знакомство с явлением диссоциации вещества при пониженных давлениях. Установление температурной зависимости давления диссоциации	ПК-1, ПК-15
11	Тема 18	Лабораторная работа №11 Газовыделение материалов в вакууме	12	Изучение процессов газовыделения и проницаемости материалов в вакууме. Проведение экспериментального исследования газовыделения пористого материала в среде разряжения	ПК-5 ПК-15
		Итого	72		

Цель проведения лабораторных занятий – освоение лекционного материала, касающегося расчета прочностных характеристик вакуумного оборудования, а также выработка студентами определенных умений при определении разных видов напряжений, возникающих при работе вакуумного оборудования.

Лабораторные занятия проводятся в помещении учебных лабораторий кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок» с использованием специального оборудования, а также в компьютерном классе.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Часы	Краткое содержание	Форм-ые комп-ии
1	<u>Тема 1</u> Вводная лекция	2	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1
2	<u>Тема 2</u> Функция распределения молекул по скоростям	2	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к практической работе, подготовка к сдаче практической работы, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, оформление отчета по практической работе, подготовка к тестированию, , подготовка реферата	ПК-1
3	<u>Тема 3</u> Уравнение Больцмана	2	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1
4	<u>Тема 4</u> Макроскопические параметры газа	6	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию,	ПК-1
5	<u>Тема 5</u> Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела	2	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1, ПК-5. ПК-15
6	<u>Тема 6</u> Свободномолекулярное течение газа через отверстие в тонкой стенке	2	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к практической работе, подготовка к сдаче практической работы, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, оформление отчета по практической работе, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1, ПК-5
7	<u>Тема 7</u> Свободномолекулярное течение газа через канал	2	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1, ПК-15
8	<u>Тема 8</u> Теплопередача через неподвижный слой газа при молекулярном режиме	2	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к практической работе, подготовка к сдаче практической работы, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, оформление отчета по практической работе, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1, ПК-5
9	<u>Тема 9</u> Проводимость элементов	40	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к практической работе, подготовка к сдаче практической работы, подготовка к лабораторной	ПК-5, ПК-15

	вакуумной системы		работе, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение расчетной работы, оформление отчета по практической работе, подготовка к тестированию	
10	<u>Тема 10</u> Явления переноса в вакууме	12	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка реферата	ПК-1
6 семестр				
11	<u>Тема 11</u> Основные характеристики вакуумных систем	20	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка реферата	ПК-1, ПК-5
12	<u>Тема 12</u> Физическая сорбция	20	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка реферата	ПК-1 ПК-15
13	<u>Тема 13</u> Теория моно- и полимолекулярной адсорбции	6	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1, ПК-15
14	<u>Тема 14</u> Абсорбция газов твердыми телами	4	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1, ПК-15
15	<u>Тема 15</u> Условие равновесия фаз	6	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка реферата	ПК-1, ПК-15
16	<u>Тема 16</u> Теория испарения	4	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-1, ПК-15
17	<u>Тема 17</u> Эффузия газа через малое отверстие	6	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка реферата	ПК-1, ПК-15
18	<u>Тема 18</u> Газовыделение и проницаемость материалов в вакууме	6	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка реферата	ПК-5, ПК-15

9. *Использование рейтинговой системы оценки знаний*

Значения текущего рейтинга выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 60 баллов).

Система оценки знаний в рамках изучения дисциплины «Физика вакуума»

5 семестр				
Вид работы	Кол-во	Максим. балл	Миним. сумма баллов	Максим. сумма баллов
Лабораторные работы	4	5	12	20
Практические работы	4	3	8	12

Тестирование	1	9	4	9
Реферат	1	6	4	6
Расчетная работа	1	13	8	13
Итого			36	60
Промежуточная аттестация (экзамен)			24	40
Итого			60	100
6 семестр				
Вид работы	Кол-во	Максим. балл	Миним. сумма баллов	Максим. сумма баллов
Лабораторная работа	7	6	28	42
Реферат	1	9	4	9
Тестирование	1	9	4	9
Итого			36	60
Промежуточная аттестация (экзамен)			24	40
Итого			60	100

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Физика вакуума» в качестве источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

10.1 Основная литература

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч.1. Инженерно-физические основы: учебное пособие / М.Х. Хабляян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 232 с.	84 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация [Электронный ресурс] : учебное пособие: в 2 ч. . Ч.2. Вакуумные насосы / М.Х. Хабляян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров ; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. — 300 с. : ил.	171 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. М., Высш. шк., 2007. - 392 с.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.2 Дополнительная литература

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Методы расчета сложных вакуумных систем/ С.Б. Нестеров, А.В. Бурмистров и др. - М.: ОМР.ПРИНТ, 2012. - 370 с.	200 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Ситников А.В. Физические основы вакуумной техники:: учеб. пособие /А.В. Ситников; Воронежский гос. техн. ун-т.— Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2011. — 81 с.	1 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Вакуумная техника: Справочник / К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009. - 590 с., ил.	149 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины рекомендовано использование электронных источников информации:

- Электронные каталоги: УНИЦ (<http://library.kstu.ru/> , <http://ruslan.kstu.ru/>),
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) «КнигаФонд» (www.knigafund.ru)
- Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ: <http://ft.kstu.ru/ft>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся разработаны согласно Положению о Фонде оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформлены отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

12.1 Лабораторные занятия

При изучении дисциплины «Физика вакуума» используются учебные лаборатории кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок», а также компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами Pentium 4.

Кроме того, для освоения материала курса используются следующие стенды учебной лаборатории В-325б «Динамика разреженных сред»:

Лабораторный стенд для измерения проводимости сложных элементов вакуумных систем.

Лабораторный стенд для измерения проводимости элементов вакуумных систем методом аналогии

Лабораторный стенд для измерения средней длины свободного пути атомов паров металла при пониженных давлениях

Лабораторный стенд для измерения давления насыщенных паров вакуумных жидкостей

Лабораторный стенд для исследования газовой выделения материалов в вакууме

Лабораторный стенд для измерения коэффициента теплопроводности разреженных газов

Лабораторный стенд для исследования поглощения газов синтетическими цеолитами

Лабораторный стенд для исследования физической сорбции на непористом адсорбенте

Лабораторный стенд для исследования температурной границы и теплоты сорбции паров металла на поверхности твердого тела

12.2 Лекционные занятия

При чтении лекций по дисциплине «Физика вакуума» используются комплект электронных презентаций и слайдов. Аудитория В-325а оснащена презентационной техникой (проектор Оверхед -проектор "MEDIUM Traveller 3" , экран, компьютер/ноутбук).

12.3 Прочее

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13. Образовательные технологии

Занятия проводятся с использованием интерактивной формы обучения (учебно-деловая игра и разбор конкретных ситуаций) при проведении лекций (4 часа) и лабораторных занятий (26 часов).

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине Б1.В.ОД.10 «Физика вакуума» пересмотрена на заседании кафедры ВТЭУ

№п /п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры)	Нали- чие измене ний	Наличие изменен ий в списке литерату ры	Разработчик РП (подпись) Ст. преп. Д.В. Косенков	Заведующий кафедрой (подпись) Проф. В.А. Аляев	Начальник УМЦ/ОМг/ОАиД (подпись) Доц. Л.А. Китаева
1	№1 от 31.08.2018	нет	нет			