

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
« 09 » 2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.В.ДВ.7.1 «Вакуум - измерительные приборы»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Профиль подготовки Вакуумная и компрессорная техника физических установок
Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР
Форма обучения очная
Институт, факультет ИХНМ, механический
Кафедра-разработчик рабочей программы ВТЭУ
Курс, семестр 2к., 4 с.; 3к., 6с.

	Часы	Зачетные единицы	Часы	Зачетные единицы
Курс	2		3	
Семестр	4		6	
Лекции	18	0,5	18	0,5
Лабораторные занятия	27	0,75	36	1
Самостоятельная работа	72	2	54	1,5
Форма аттестации: экзамен(2курс-4семестр); зачет (3курс-6семестр)	27	0,75	-	-
Всего	144	4	108	3

Казань, 2018 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 2017, 2018г.г.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчики программы:

доцент



А.В. Гаврилов

доцент



А.Х. Садыков

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТЭУ протокол от 31 августа 2018г. № 1

Зав. кафедрой, профессор



В.А. Аляев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии МФ от «03» 09 2018г. № 7

Председатель комиссии, доцент



А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Вакуум-измерительные приборы» являются:

- а) формирование знаний о принципах и методах измерения основных характеристик вакуума и потоков газа;
- б) обучение способам применения приборов, измеряющих полное и парциальное давление, поток газа, на примере конкретных образцов;
- г) обучение способам определения толщины покрытия и скорости напыления материалов в вакууме;
- д) раскрытие основных закономерностей влияния внешних факторов на условия напыления;
- д) формирование знаний об основных отличительных признаках вакуум-измерительных приборов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Вакуум-измерительные приборы» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ООП.

Для успешного освоения дисциплины **«Вакуум - измерительные приборы»** обучающийся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.5 Математика
- б) Б1.Б.6 Физика
- в) Б1.Б.14 Материаловедение
- г) Б1.Б.15 Технология конструкционных материалов
- д) Б1.Б.22 Термодинамика
- е) Б1.В.ОД.9 Теплообмен
- ж) Б1.Б.18 Механика жидкости и газа

Дисциплина **«Вакуум-измерительные приборы»** является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

- а) Б1.В.ОД.5 Современные методы разработки конструкторской документации вакуумного оборудования
- б) Б1.В.ОД.7 Электрические явления в вакууме
- 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.9.1 Вакуумные технологии
- ж) Б1.В.ОД.12 Роторные вакуумные насосы
- з) Б1.В.ДВ.6.1 Поршневые вакуумные насосы
- и) Б1.В.ДВ.8.1 Вакуумные насосы динамического действия

Знания, полученные при изучении дисциплины, могут быть использованы при прохождении практик: производственной, преддипломной и выполнении выпускных квалификационных работ 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:

1. ПК-1 - способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки;
2. ПК-9 - умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению

3. ПК-13 - умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

- а) понятия: вакуумметр (жидкостной, деформационный, тепловой, ионизационный, магнитный-электроразрядный), ротаметр, бюретка, масс-спектрометр, плазма, скорость осаждения покрытий, толщина пленки;
- б) принципы и методы измерения основных характеристик вакуума;
- в) метрологию вакуумных измерений;
- г) конструкцию и характеристики приборов для измерения давлений и потоков;
- д) особенности эксплуатации и возможные неисправности рассматриваемых приборов;
- е) методы контроля толщины и скорости осаждения покрытий в вакууме.

2) Уметь:

- а) пользоваться наиболее распространенными вакуумметрами, расходомерами, потокомерами, масс-спектрометрами;
- б) подбирать необходимые приборы и провести измерения характеристик вакуума в конкретных условиях;
- в) проводить оценку точности измерений и проверить рабочие средства измерения.
- г) контролировать процесс нанесения покрытий в вакууме.

3) Владеть:

- а) приемами и навыками применения приборов, измеряющих полное давление, поток газа, состав остаточного газа, толщину и скорость осаждения покрытий в вакууме;
- б) навыками анализа оценки влияния внешних факторов на условия напыления;
- в) современными методами оценки точности измерений и проверки рабочих средств измерения.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины «Вакуум - измерительные приборы» в 4 семестре составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практик занят	Лаб раб	СРС	
1	Тема 1	4	2	-	-	6	индивидуальное задание №1
2	Тема 2	4	2	-	4	8	Тестирование, индивидуальное задание №1, отчет по лабораторным работам
3	Тема 3	4	2	-	6	8	Тестирование, индивидуальное задание №2, отчет по лабораторным работам
4	Тема 4	4	2	-	-	8	Тестирование, индивидуальное задание №2
5	Тема 5	4	2	-	4	11	Тестирование индивидуальное задание №3, отчет по лабораторным работам
6	Тема 6	4	4	-	6	11	Тестирование, индивидуальное задание №3, отчет по лабораторным работам
7	Тема 7	4	2	-	-	10	Тестирование, индивидуальное задание №4
8	Тема 8	4	2	-	7	10	Тестирование, индивидуальное задание №5, отчет по лабораторным работам

	Итого		18	-	27	72	
	Промежуточная аттестация						<i>Экзамен</i>

Общая трудоемкость дисциплины «Вакуум - измерительные приборы» в 6 семестре составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практич. занятия	Лаб. раб.	СРС	
1	Тема 9	6	4	-	14	8	Тестирование, индивидуальное задание №6, отчет по лабораторным работам
2	Тема 10	6	2	-	-	6	Тестирование, индивидуальное задание №7
3	Тема 11	6	2	-	6	6	Тестирование, индивидуальное задание №7, отчет по лабораторным работам
4	Тема 12	6	2	-	-	6	Тестирование, индивидуальное задание №7
5	Тема 13	6	2	-	8	6	Тестирование индивидуальное задание №7, отчет по лабораторным работам
6	Тема 14	6	2	-	-	6	Тестирование, индивидуальное задание №8
7	Тема 15	6	2	-	-	8	Тестирование, индивидуальное задание №8, отчет по лабораторным работам
8	Тема 16	6	2	-	8	8	Тестирование, индивидуальное задание №8
	Итого		18	-	36	54	
	Промежуточная аттестация						<i>Зачет</i>

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Часы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
«Вакуум - измерительные приборы» 4 семестр				
1.	Тема 1. Введение. Цель и задачи курса.	2	Определение предмета. Понятие вакуума и абсолютного давления. Основные характеристики вакуума: полное и парциальное давления, поток газа, плотность потока. Единицы измерения. Классификация приборов для измерения давления разреженного газа. Современное состояние и перспективы развития вакуум-измерительных приборов.	ПК-1
2.	Тема 2. Жидкостные вакуумметры.	2	Принцип действия и работа гидростатических манометров. Требования к рабочим жидкостям. Типы гидростатических вакуумметров. Погрешность измерения. Компрессионные вакуумметры. Варианты конструкций. Метод	ПК-9, ПК-13

			квадратичной шкалы. Метод линейной шкалы. Точность и пределы измерения. Требования к капиллярам при изготовлении образцовых приборов. Достоинства и недостатки жидкостных вакуумметров. Методы отсчета разности уровня жидкости.	
3.	Тема 3. Деформационные вакуумметры (ВТИ, ОМ, ВД, ВДГ).	2	Принцип действия и конструкция. Трубчатые, мембранные, сильфонные вакуумметры. Достоинства и недостатки. Мембранно-емкостные вакуумметры. Механотронные вакуумметры. Образцовые приборы. Точность и пределы измерения.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
4.	Тема 4. Динамические и радиометрические вакуумметры.	2	Принцип действия. Вязкостные вакуумметры. Принцип действия и конструкция. Радиометрические вакуумметры. Конструкция и принцип действия. Диапазоны измерения. Точность.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
5.	Тема 5. Тепловые вакуумметры.	2	Принцип действия и типы тепловых вакуумметров. Основные уравнения. Методы измерения давления тепловых вакуумметров. Верхний и нижний предел измерения давления. Термопарный вакуумметр. Терморезисторный вакуумметр. Термисторный вакуумметр. Дилатационный вакуумметр. Конвекционный вакуумметр. Струнный вакуумметр. Диапазон измерения и его ограничения. Погрешности приборов. Конструкции приборов. Общие технические характеристики тепловых вакуумметров. Инерционность показаний. Измерения давления разных газов. Влияние температуры. Преимущества и достоинства.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
6.	Тема 6. Ионизационные вакуумметры.	4	Принцип действия и типы ионизационных вакуумметров. Эффективность ионизации. Потенциал ионизации. Электронный ионизационный вакуумметр. Магнитный электроразрядный вакуумметр. Радиоизотопный вакуумметр. Электронный ионизационный вакуумметр с внешним и внутренним коллектором стержневого типа. Процессы в ионизационных вакуумметрах. Сорбция и десорбция газов. Фоновые токи. Роль физических свойств и конструктивных параметров электродов. Электрический режим и изоляция. Особенности измерения давлений активных и инертных газов.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
7.	Тема 7. Магнитные электроразрядные и радиоизотопные вакуумметры.	2	Принцип действия и работа. Варианты магнитных вакуумметров. Верхний и нижний предел измерения давления этих вакуумметров. Уравнения измерения давления. Диапазон измерения. Преимущества и недостатки.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
8.	Тема 8.	2	Принцип действия устройств для измерения	ПК-1, ПК-9,

	Приборы для измерения расхода и потока газа. Метрология низких давлений и поверка вакуумметров.		производительности вакуумных насосов: устройство бюреток, ротаметров и газовых счетчиков. Государственная поверочная схема для средств измерения абсолютного давления $1 \cdot 10^8 \div 1 \cdot 10^3$ Па. Образцовые вакуумметрические установки.	ПК-13
«Вакуум - измерительные приборы» 6 семестр				
9	Тема 9. Введение. Масс-спектрометрия.	4	Предмет и задачи курса. Общие представления о масс-спектрометрии. Место и значение масс-спектрометрии в вакуумной технике. Физические основы масс-спектрометрии. Параметры масс-спектрометров. Статические и динамические масс-спектрометры.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
10	Тема 10. Введение. Общие сведения о методах контроля толщины и скорости осаждения покрытий в вакууме. («мозговой штурм» - 1 час)	2	Место и значение контроля толщины и скорости осаждения пленок в вакуумных технологиях. Основные понятия о датчиках технологического контроля нанесения пленок: функциональный и оперативный контроль. Историческая справка. Современное состояние.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
11	Тема 11. Методы оперативного контроля толщины пленок, получаемых вакуумным напылением.	2	Классификация методов контроля толщины пленок. Контроль толщины по массе. Весовой метод контроля толщины пленки. Метод кварцевого резонатора. Вибрационный метод. Основные соотношения. Параметры. Конструкции. Достоинства и недостатки.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
12	Тема 12. Оптические методы контроля толщины.	2	Фотометрический метод контроля толщины пленки. Эллипсометрический метод. Основные соотношения. Параметры. Конструкции. Достоинства и недостатки.	ПК-9, ПК-13
13	Тема 13. Контроль толщины по сопротивлению	2	Датчики резистивного контроля толщины пленки. Основные соотношения. Параметры. Конструкции. Достоинства и недостатки.	ПК-9, ПК-13
14	Тема 14. Методы оперативного контроля скорости осаждения	2	Датчики, основанные на «эффекте давления молекул». Основные соотношения. Параметры. Конструкции. Достоинства и недостатки.	ПК-9, ПК-13

	покрытий в вакууме. («мозговой штурм» - 1 час)			
15	Тема 15. Ионизационный метод измерения плотности пара осаждаемого вещества.	2	Принцип действия и типы ионизационных измерителей скорости осаждения и датчиков, работающих по методу электронно-эмиссионной спектроскопии. Основные соотношения. Параметры. Конструкции. Достоинства и недостатки.	ПК-9, ПК-13
16	Тема 16. Метод электронно-эмиссионной спектроскопии.	2	Принцип действия датчиков, работающих по методу электронно-эмиссионной спектроскопии. Основные соотношения. Параметры. Конструкции. Достоинства и недостатки.	ПК-9, ПК-13

Лекционные занятия проводятся с использованием инновационной образовательной технологии – «мозговой штурм», которая позволяет вести диалог с будущими бакалаврами по вопросам их будущей специальности.

6. Содержание практических занятий - не предусмотрены учебным планом.

7. Содержание лабораторных занятий
«Вакуум - измерительные приборы» 4 семестр

№ п/п	Тема	Часы	Наименование лабораторного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 2	4	<u>Лабораторная работа №1</u> Измерение давления компрессионными манометрами («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение принципа действия, конструкции и работы компрессионного манометра. Ознакомление с погрешностями и методами измерения давления компрессионным манометром. Проведение пробных измерений.	ПК-9
2	Тема 3	6	<u>Лабораторная работа №2</u> Измерение давления деформационными вакуумметрами. («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение принципа действия, конструкции и характеристик деформационных приборов. Ознакомление с действующими вакуумметрами типа ВО, ОМ-6, ОМ-7 и ВДГ-1.	ПК-9
3	Тема 5	4	<u>Лабораторная работа №3</u> Измерение давления тепловыми вакуумметрами. («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение принципа действия, конструкции и характеристик термодинамических вакуумметров. Ознакомление с действующими вакуумметрами типа ПМТ-2, ПМТ-4М, МТ-8, ПДТ-8, ПДТ-9. Освоение калибровки и процесса измерения давления преобразователями.	ПК-9
4	Тема 6	6	<u>Лабораторная работа №4</u> Измерение давления ионизационными вакуумметрами.	Изучение принципа действия и типов ионизационных вакуумметров. Электронные ионизационные вакуумметры: конструкция и их работа.	ПК-9

			(«разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Действующие преобразователи типа ПМИ-2, ПМИ-10-2, ПМИ-51, ПМИ-27 и другие. Изучение влияния электрических режимов на измерения.	
5	Тема 8	7	<u>Лабораторная работа №5</u> Измерение производительности вакуумных насосов. («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение принципа действия устройств для измерения производительности вакуумных насосов. Освоение порядка измерения быстроты действия с помощью бюреток и ротаметров.	ПК-1, ПК-9, ПК-13
	Итого	27			

«Вакуум - измерительные приборы» 6 семестр

№ п/п	Тема	Часы	Наименование лабораторного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 9	6	<u>Лабораторная работа №6</u> Магнитный статический масс-спектрометр. («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение конструкции, компоновки масс-спектрометрической камеры течеискателя ПТИ-10. Изучение назначения и конструкции масс-спектрометрической камеры. Включение и ее испытание, снятие основных характеристик.	ПК-1, ПК-9
2	Тема 9	8	<u>Лабораторная работа №7</u> Динамический квадрупольный масс-спектрометр Microvision 2. («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение конструкции и принципа действия квадрупольного масс-спектрометра Microvision 2 производства компании MKS Instruments. Получение масс-спектра остаточного газа безмасляных вакуумных насосов.	ПК-1, ПК-9
3	Тема 11	6	<u>Лабораторная работа №8</u> Контроль толщины пленки методом кварцевого резонатора («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение конструкции и принципа действия пьезокварцевых датчиков серии «Слой». Получение зависимости толщины пленки от сдвига резонансной частоты колебаний кварцевого кристалла.	ПК-9, ПК-13
4	Тема 13	8	<u>Лабораторная работа №9</u> Контроль толщины пленки резистивным методом. («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	Изучение конструкции, принципа действия и методики измерения толщины пленок, наносимых в вакууме, датчиками резистивного контроля толщины покрытий (КС-1, КС-2). Получение зависимости толщины пленки от сопротивления «квадрата» пленки.	ПК-9, ПК-13
5	Тема 15	8	<u>Лабораторная работа №10</u>	Изучение конструкции, принципа действия и методики	ПК-9, ПК-13

			Контроль скорости осаждения. («разбор конкретных ситуаций» - 2 часа)	измерения скорости осаждения покрытий в вакууме ионизационными измерителями скорости и толщины покрытий (ИСТИ-1, ИСТИ-2). Получение зависимости скорости осаждения (плотности потока осаждаемого вещества) от ионного тока. Поправки на остаточный газ.	
	Итого	36			

Цель проведения лабораторных занятий - освоение лекционного материала и материала СРС, касающегося проведения измерений давления, расхода, потока, состава остаточного газа, толщины и скорости осаждения покрытий, наносимых в вакууме, выбора соответствующих приборов и аппаратуры, получение навыков эксплуатации этих средств измерения.

Лабораторные занятия проводятся с использованием инновационной образовательной технологии – «разбор конкретных ситуаций», которая позволяет вести диалог с будущими бакалаврами по вопросам их будущей специальности и их навыков в технике измерения вакуума, расхода и потока, а также контроля параметров наносимых в вакууме покрытий.

Лабораторные занятия проводятся в помещениях учебных лабораторий кафедры с использованием специального оборудования, лабораторных установок. Обработка первичных опытных данных производится на ЭВМ.

8. Самостоятельная работа бакалавра

«Вакуум - измерительные приборы» 4 семестр

№ п/п	Темы дисциплины	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Тема №1	6	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение индивидуального задания	ПК-1
2	Тема №2	8	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №1, оформление и отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-9, ПК-13
3	Тема №3	8	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №2, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-1, ПК-9, ПК-13
4	Тема №4	8	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-1, ПК-9, ПК-13
5	Тема №5	11	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №3, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-1, ПК-9, ПК-13
6	Тема №6	11	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №4, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-1, ПК-9, ПК-13

7	Тема №7	10	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-1, ПК-9, ПК-13
8	Тема №8	10	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №5, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания подготовка к тестированию	ПК-1, ПК-9, ПК-13
	Итого	72		

«Вакуум - измерительные приборы» 6 семестр

№ п/п	Темы дисциплины	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Тема №9	8	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторным работам №№6, 7, оформление отчетов по лабораторным работам, выполнение и сдача индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-1
2	Тема №10	6	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение и сдача индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-1, ПК-9, ПК-13
3	Тема №11	6	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №8, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-9, ПК-13
4	Тема №12	6	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-9, ПК-13
5	Тема №13	6	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №9, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-9, ПК-13
6	Тема №14	6	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение индивидуального задания. подготовка к тестированию	ПК-9, ПК-13
7	Тема №15	8	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №10, оформление отчета по лабораторной работе, выполнение индивидуального задания. подготовка к тестированию	ПК-9, ПК-13
8	Тема №16	8	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение индивидуального задания, подготовка к тестированию	ПК-9, ПК-13
	Итого	54		

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 «Вакуум-измерительные приборы» в 4 семестре

Вид работы	Количество работ	Минимальная сумма баллов	Максимальная сумма баллов
<i>Текущий контроль</i>			
Лабораторные работы	5	15	25
Индивидуальное задание	5	10	15
Тестирование		11	20
<i>Промежуточный контроль</i>			
Экзамен		24	40
Итого		60	100

Система оценки знаний в рамках изучения дисциплины «Вакуум-измерительные приборы» в 6 семестре

Вид работы	Количество работ	Минимальная сумма баллов	Максимальная сумма баллов
<i>Текущий контроль</i>			
Лабораторные работы	5	15	35
Индивидуальное задание	3	21	27
Тестирование		24	38
<i>Промежуточный контроль</i>			
Зачет		60	100

10 Информационно-методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Вакуум-измерительные приборы» 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. Хаблянян, 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. Хаблянян, 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. Покрытия различного назначения для металлических материалов: Учебное пособие / А.А. Ильин, Г.Б. Строганов, С.В. Скворцова - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 144 с.: ил.	ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/bookread2.php?book=415572 Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ
2. Техника измерения вакуума. Аляев В.А., Кузьмин В.В. Казань, Изд-во КГТУ, 2009.-374 с.	5 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Сергеев, А. Г. Нанометрология: монография / А. Г. Сергеев. – М.: Логос, 2011. – 416 с.	ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469008 Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ
4. Виолина, Галина Николаевна. Физика и технология тонких пленок/ Марасина, Лариса Алексеевна; Семенов, Николай Николаевич.- СПб.: 2001.- 66 с.	ЭБСКнигаФонд http://www.knigafund.ru/books/173961 Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ
5. 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

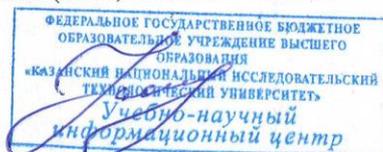
10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Вакуум-измерительные приборы» рекомендовано использование электронных источников информации:

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

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 «**Вакуум-измерительные приборы**» используются учебные лаборатории кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок», а именно специализированная лаборатория «**Вакуум-технологических процессов и вакуумных измерений**», в которой находятся стенды по лабораторным работам «Измерение давления компрессионными манометрами», «Измерение давления деформационными вакуумметрами», «Измерение давления тепловыми вакуумметрами», «Измерение давления ионизационными вакуумметрами», «Измерение производительности вакуумных насосов».

Гелиевый течеискатель ПТИ-10.

Гелиевый масс-спектрометрический течеискатель [ПТИ-10](#) предназначен для испытаний на герметичность всевозможных систем и объектов, допускающих откачку внутренней полости (вакуумирование), а также заполненных чистым гелием или газовой смесью, содержащей гелий.

Минимальный регистрируемый поток гелия без [дросселирования](#) — не более $1 \cdot 10^{-11}$ м³·Па/с, с дросселированием – $6.6 \cdot 10^{-13}$ м³·Па/с.

Установка для нанесения покрытий «ВАТТ 700-2М» (исследование толщины и скорости осаждения покрытий в вакууме).

Установка вакуумная напылительная «ВАТТ-700-2М» предназначена для нанесения структурированных и нанокompозитных покрытий в плазме пониженного давления. Установка однокамерная периодического действия.

Состав установки:

Вакуумная камера с внутрикамерным оборудованием, Высоковакуумный диффузионный насос НВДМ-400; Затвор пневматический 23ВП-400; Ловушка ЛП-400; Пластинчато-роторный насос 2НВР-90Д. Вакуумная арматура фирмы SMC: XLA-63DG-M9PLA, XLAV-50L-M9//5L; Два блока питания магнетронов. Блок смещения. Система управления на базе контроллера и мнемосхемы; Система двухканальной подачи рабочего газа; Система пневмо-распределения. Система охлаждения. Два магнетрона, вакуумметры. Пьезокварцевый датчик серии «Слой». Датчик резистивного контроля толщины покрытий КС-1. Ионизационный измеритель скорости и толщины покрытий ИСТИ-2.

Стенд испытаний спирального вакуумного насоса (исследование состава остаточного газа).

Состав стенда:

Насос вакуумный спиральный Anest Iwata ISP-250

Измерительный колпак на ISP-250. Нержавеющая сталь. Диаметр условного прохода 25 мм. Диаметр камеры 100 мм. Объем, 1,3л. Конусный переходник с D_y 25 на D_y100. Штуцер с рассеивателем для присоединения натекателя напуска газа.

Вакуумметр деформационно-термопарный образцовый ВДТО-3, в диапазоне от $1,33 \cdot 10^{-3}$ до $6,65 \cdot 10^3$ Па относительная погрешность ± 10 %, в диапазоне от $6,65 \cdot 10^3$ до $1,06 \cdot 10^5$ Па абсолютная погрешность ± 665 Па

Масс-спектрометр Microvision2: Аналоговое сканирование, диапазон измеряемых масс - 8, 16, или 32 точки а.е.м., сканирование столбчатых диаграмм, регистрация пиков - до 15 пиков/скан, полностью программное управление, максимальная скорость

регистрации данных: менее 3 мс на одну точку (для аналогового сканирования); время установления сигнала на уровне 1ppm от максимума: менее 20 мс; энергия электронов 20...100 эВ; ток эмиссии 0...2 мА (5мА - дегазация); энергия ионов 0...130 В; фильтр отклонения от полярности 0...±10 В

12.2. Лекционные занятия:

При чтении лекций по дисциплине **«Вакуум-измерительные приборы»** используются комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов. Аудитория В-325 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, проводимые с использованием интерактивной формы обучения – «разбор конкретных ситуаций», составляют при изучении дисциплины «Вакуум - измерительные приборы» («Часть 1» - 10 часов во время лабораторных занятий, «Часть 2» –10 часов во время лабораторных занятий), а также интерактивной формы «мозговой штурм» - 2 часа во время лекционных занятий дисциплины «Вакуум - измерительные приборы. Часть 2».