

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

«11» ноября 2017г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б1.В.ОД.15 Вакуумные установки

Направление подготовки	Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Профиль	Вакуумная и компрессорная техника физических установок
Квалификация (степень) выпускника	<u>БАКАЛАВР</u>
Форма обучения	очная
Институт, факультет	ИХИМ, механический
Кафедра-разработчик рабочей программы	ВТЭУ
Курс, семестр	4к., 7с.

Наименование	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	-	-
Семинарски занятия	-	-
Лабораторные занятия	36	1
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации: экзамен; курсовой проект	36	1
Всего	144	4

Казань, 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (утвержден приказом МИНОБР-НАУКИ 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:
доцент

 С.И. Саликеев

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

При организации учебного процесса по дисциплине устанавливаются следующие цели ее преподавания:

- а) изучение принципиальных схем различных типов напылительных установок, их устройство и принцип работы;
- б) получение навыков по эксплуатации вакуумных установок различного назначения;
- в) освоение основных принципов конструирования различных узлов вакуумных установок.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вакуумные установки» относится к вариативной части ООП.

Для успешного освоения дисциплины «Вакуумные установки» студент, обучающийся по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» по профилю «Вакуумная и компрессорная техника физических установок» должен освоить материал предшествующих дисциплин по учебному плану бакалавров направления 15.03.02:

- Б1.Б.6 Физика
- Б1.Б.9 Информационные технологии
- Б1.Б.11 Инженерная графика
- Б1.Б.14 Материаловедение
- Б1.Б.18 Механика жидкости и газа
- Б1.Б.19 Основы проектирования
- Б1.Б.22 Термодинамика
- Б1.В.ОД.10 Физика вакуума
- Б1.В.ОД.11 Струйные и сорбционные вакуумные насосы
- Б1.В.ОД.12 Роторные вакуумные насосы
- Б1.В.ОД.7 Электрические явления в вакууме

Студент должен одновременно изучать следующие дисциплины учебного плана бакалавров направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»:

- Б1.Б.20 Основы технологии машиностроения
- Б1.В.ОД.13 Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования.

Знания, полученные при изучении дисциплины, могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, выполнении выпускной квалификационной работы, в научно-исследовательской деятельности, а также при изучении следующих дисциплин по направлению подготовки 15.03.02 - «Технологические машины и оборудование»:

- Б1.В.ОД.5 Современные методы разработки конструкторской документации вакуумного оборудования;
- Б1.В.ОД.14 Монтаж и эксплуатация вакуумного оборудования.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

В процессе изучения данной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

-ПК-8: Умением проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий;

-ПК-10: Способностью обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий;

-ПК-12: Способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции;

-ПК-13: Умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

1) Знать:

- а) основные определения и термины, касающиеся дисциплины «Вакуумные установки»;
- б) общие закономерности физических явлений и основных вакуумных технологических процессов;
- в) конструкцию и основные технические характеристики вакуумных установок различного назначения;

2) Уметь:

- а) разработать вакуумную схему установки;
- б) разбираться в принципах работы различных деталей и узлов вакуумных установок;
- в) оформлять конструкторскую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД;
- г) пользоваться нормативно-технической документацией при проектировании вакуумных установок.

3) Владеть:

- а) навыками разработки термических испарителей вакуумных напылительных установок;
- б) навыками подбора оборудования для вакуумных установок различного назначения.
- в) информацией об основных отечественных и иностранных производителях вакуумной техники.

4. Структура и содержание дисциплины «Вакуумные установки»

Общая трудоемкость дисциплины 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	Прак зап	Лаб. раб	СРС	
1	Введение. Цель и задачи дисциплины	7	2	-	-	2	тестирование, контрольные работы, реферат
2	Вакуумные напылительные установки	7	4	-	16	2	Реферат, контрольная работа, тестирование, отчет по лабораторным работам
3	Сварочные диффузионные вакуумные установки	7	2	-	-	2	Реферат, тестирование
4	Электроннолучевые сварочные установки	7	2	-	-	2	Реферат, тестирование
5	Вакуумные электрические печи	7	2	-	8	2	Реферат, контрольная работа, тестирование, отчет по лабораторным работам
6	Вакуумные Сублимационные установки	7	1	-	8	2	Реферат, тестирование, отчет по лабораторным работам
7	Вакуумные металлургические установки	7	2	-	-	2	Реферат, тестирование
8	Элементы вакуумных систем	7	1	-	4	2	Реферат, тестирование, отчет по лабораторным работам,
9	Вакуумные электрофизические установки (ЭФУ)	7	2	-	-	2	Реферат, тестирование

10	Курсовой проект	7	-	-	-	36	Защита
	Итого:		18	-	36	54	
	Промежуточная аттестация						Экзамен

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Ча-сы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Форм-ые комп-ции
1	2	Тема 1. Введение. Цель и задачи дисциплины	Основные определения и понятия: вакуумная установка, вакуумная система, вакуумный агрегат, вакуумная камера, вакуумный шлюз, откачной пост. Классификация вакуумных установок.	ПК-10, ПК-12
2	4	Тема 2. Вакуумные напылительные установки	Температура и скорость испарения вещества. Основные виды тонкопленочных вакуумных технологий. Устройство вакуумной установки, применяемой для получения тонких пленок. Чистота, равномерность и адгезия.	ПК-10, ПК-12, ПК-13
3	2	Тема 3. Сварочные диффузионные вакуумные установки	Физические процессы и основные параметры диффузионной сварки в вакууме. Принципиальные схемы сварочных диффузионных установок. Вакуумные системы сварочных установок.	ПК-8, ПК-12, ПК-13
4	2	Тема 4. Электроннолучевые сварочные установки	Основные параметры процесса электронно-лучевой сварки (ЭЛУ). Ускоряющее напряжение, ток пучка, ток магнитной линзы, скорость сварки и величина вакуума. Смотровые системы ЭЛУ. Особенности процесса электроннолучевой сварки в вакууме Принципиальная схема электронно-лучевой сварочной установки. Откачные вакуумные системы ЭЛУ	ПК-12, ПК-13
5	2	Тема 5. Вакуумные электрические печи	Преимущества электрического нагрева в вакууме. Принципы устройства основных видов вакуумных электропечей. Дуговые печи. Печи для плавки в кристаллизатор и печи для плавки в гарнисаж. Плазменные печи. Электронно-лучевые печи. Печи сопротивления. Индукционные печи. Требования к вакуумным печам. Герметичность. Электрическая прочность изоляции.	ПК-10, ПК-12,
6	1	Тема 6. Вакуумные сублимационные установки	Области применения сублимационной сушки. Принципиальная схема сублимационной сушильной установки. Замораживание и измельчение продуктов. Методы замораживания. Эксплуатационные расходы на замораживание. Система энергоподвода. Система откачки водяного пара. Сублиматоры и десублиматоры. Взаиморасположение основных элементов сублимационных установок. Вакуумные системы сублимационных установок.	ПК-8, ПК-10, ПК-13
7	2	Тема 7. Вакуумные металлургические установки	Изменение физико-механических свойств материалов, подвергаемых вакуумированию. Методы обработки жидких металлов в вакууме. Обработка в ковше. Обработка в струе. Порционная обработка. Дегазация стали с помощью транспортирующего газа. Особенности конструкции металлургических вакуумных камер и вакуумных систем.	ПК-12, ПК-13
8	1	Тема 8. Элементы вакуумных	Разборные вакуумные системы. Основные характеристики разборных вакуумных систем. Разборные соединения с неметаллическими уплотнителями. Элементы	ПК-8, ПК-10, ПК-13

		систем	соединений вакуумных трубопроводов. Электрические вводы. Вакуумные вводы для термодар. Смотровые окна. Прогреваемые и не прогреваемые смотровые окна. Устройства для передачи движения в вакуумный объем.	
9	2	Тема 9. Вакуумные электрофизические установки	Ускорители заряженных частиц и экспериментальные термоядерные установки. Условия работы вакуумных систем ЭФУ и их особенности. Стимулированная десорбция газа. Требования к конструкционным материалам ЭФУ. Вакуумные насосы, арматура и коммутационное оборудование, используемое в составе ЭФУ.	ПК-13

6. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Тема дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Форм-ые комп-ции
1	Тема 2. Вакуумные напылительные установки	16	Лаб. работа №1. Вакуумная напылительная установка УВН-4М.	Изучение конструкции установки УВН-4М и режимов магнетронного способа напыления	ПК-12, ПК-13
			Лаб. работа №2. Вакуумная напылительная установка УВН-4ЭД.	Изучение конструкции установки УВН-4ЭД и напыления покрытий электродуговым распылением материалов	
			Лаб. работа №3. Вакуумная напылительная установка УВН-15М.	Вакуумная металлизация и получение декоративных, зеркальных покрытий на изделия из керамики, стекла, пластмассы и др. методом термического испарения	
			Лаб. работа №4. Вакуумная напылительная установка «Булат»	Принципы ионно-плазменных методов нанесения упрочняющих покрытий. Устройство, состав и принцип работы установки «Булат».	
2	Тема 5. Вакуумные электрические печи	8	Лаб. работа №5. Вакуумная электрическая печь СЭВ 5,5/16	Изучение процесса пайки в условиях вакуума электрических нагревательных элементов диффузионных насосов серии НД	ПК-10, ПК-12
			Лаб. работа №6. Установка рафинирования тугоплавких металлов	Изучение конструкции и особенностей вакуумной установки для получения сверхчистых тугоплавких металлов и монокристаллических заготовок методом зонной плавки	
3	Тема 6. Вакуумные сублимационные установки	8	Лаб. работа №7. Установка сублимационной сушки УСС-10.	Ознакомление с конструкцией и основными элементами установки. Определение оптимальной температуры сублимации препаратов крови.	ПК-8, ПК-10, ПК-13
			Лаб. работа №8. Сушка в вакууме	Изучение процессов вакуумной сушки. Методы теоретических и экспериментальных исследований	
4	Тема 8. Элементы вакуумных систем	4	Лаб. работа №9. Разборные и неразборные вакуумные соединения.	Изучение сварных и паяных неразъемных соединений для получения вакуумно-плотных герметичных швов на примере вакуумной установки УВН-4М. Изучение различных стандартов вакуумных фланцев.	ПК-8, ПК-10, ПК-13

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

7. Содержание курсового проекта обучающегося в бакалавриате

Курсовым проектам и работам придается особое значение, поскольку данный вид самостоятельной работы в наибольшей степени формирует профессиональные навыки и умения. Курсовые проекты и работы являются необходимой основой для написания выпускной квалификационной работы.

Цель выполнения студентами курсового проекта по дисциплине – закрепление применением на практике теоретических знаний, полученных на лекциях, при расчете и проектировании вакуумных насосов, узлов и агрегатов вакуумных установок.

Курсовой проект выполняется студентами индивидуально – по теме, выбираемой из предложенного преподавателями списка. Список тем курсового проекта обновляется ежегодно.

Примерная тематика курсовых проектов может быть представлена следующим списком:

- разработка безмасляного агрегата на базе конденсационного ВН и адсорбционного ВН
- разработка лабораторного стенда для расчёта и экспериментального исследования конденсационного вакуумного насоса
- проектирование геттерно-ионного испарительного насоса.

Основные источники информации при выполнении курсового проекта – периодические издания и монографии по вакуумной технике.

В ходе курсового проектирования студенты:

- изучают конструкцию проектируемого элемента вакуумной установки;
- проводят литературный обзор по существующим аналогам;
- разрабатывают элемент вакуумной установки или модернизируют существующую конструкцию;
- приводят описание разработанной конструкции;
- проводят расчеты, подтверждающие работоспособность разработанного элемента конструкции;
- оформляют пояснительную записку в объеме не менее 30 стр., а также разрабатывают рабочие чертежи в объеме 4 листа формата А1.

В состав графической части должны войти вакуумная схема и сборочные чертежи разрабатываемой установки или ее узлов, детализовка сборочных узлов.

В ходе работы над курсовыми проектами и работами руководитель помогает в составлении плана работ, подборе аналогов для проектирования, технической литературы, участвует в обсуждении рабочих чертежей.

8. Самостоятельная работа обучающегося в бакалавриате

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Форм-ые комп-ции
1	Тема 1. Введение. Цель и задачи дисциплины	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к тестированию работе, написание реферата	ПК-10
2	Тема 2. Вакуумные напылительные установки	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, оформление и сдача лабораторной работы, подготовка к контрольной работе, написание реферата, подготовка к тестированию	ПК-10, ПК-12, ПК-13
3	Тема 3. Сварочные диффузионные вакуумные установки	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к тестированию работе, написание реферата	ПК-12, ПК-13
4	Тема 4. Электроннолучевые	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к тестированию работе, написание	ПК-8, ПК-12,

	сварочные установки		реферата	ПК-13
5	Тема 5. Вакуумные электрические печи	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, оформление и сдача лабораторной работы, написание реферата, подготовка к тестированию, подготовка к контрольной работе	ПК-12, ПК-13
6	Тема 6. Вакуумные сублимационные установки	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, оформление и сдача лабораторной работы, написание реферата, подготовка к тестированию	ПК-12, ПК-13
7	Тема 7. Вакуумные металлургические установки	2	Проработка лекционного материала, написание реферата, подготовка к тестированию	ПК-12, ПК-13
8	Тема 8. Элементы вакуумных систем	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, оформление и сдача лабораторной работы, написание реферата, подготовка к тестированию	ПК-8, ПК-10
9	Тема 9. Вакуумные электрофизические установки	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала, написание реферата, подготовка к тестированию	ПК-13
10	Курсовой проект	36	Выполнение курсового проекта	ПК-10, ПК-12, ПК-13

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

Вид работы	Кол-во	Макс. балл	Мин. сумма баллов	Макс. сумма баллов
Текущий контроль				
Лабораторные работы	9	4	24	36
Контрольные работы	2	4	4	8
Тестирование	1	10	5	10
Реферат	1	6	3	6
Итого			36	60
Промежуточный контроль (экзамен)				
Итого			24	40
			60	100

Система оценки знаний при подготовке и защите курсового проекта

Вид работы	Кол-во	Макс. балл	Мин. сумма баллов	Макс. сумма баллов
Графическая часть 4 л. ф.А1	4	10	24	40
Расчетная часть	1	15	10	15
Литературный обзор	1	10	6	10
Спецификация	1	10	6	10
Защита	1	25	14	25
Итого			60	100

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Вакуумные установки» в качестве источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

10.1. Основная литература

№	Основные источники информации	Количество экземпляров
1	Розанов Л.Н. Вакуумная техника: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Электронное машиностроение" напр. подготовки "Электроника и микроэлектроника" / Л.Н. Розанов. -3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2007. - 392 с.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ
2	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. – 232с.	84 экз. в УНИЦ КНИТУ
3	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

10.2. Дополнительная литература

№	Основные источники информации	Кол-во экз.
1	Духопельников Д.В. Основы конструирования вакуумных плазменных установок: учебное пособие/ Духопельников Д.В., Марахтанов М.К., Воробьев Е.В.; под ред. А.Б. Ивашкина. –М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.- 94 с.	ЭБС «КнигаФонд» http://www.knigafund.ru/books/174463 Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ
2	Авлукова Ю.Ф. Основы автоматизированного проектирования : учеб.пособие / Ю.Ф. Авлукова. – Минск: Высш. шк., 2013. – 217 с.	ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/bookread2.php?book=509235 Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ

10.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Вакуумные установки» рекомендовано использование электронных источников информации:

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

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

При изучении дисциплины «Вакуумные установки» конструкторская документация и образцы разработок элементов вакуумных установок ЗАО «Ферри Ватт», учебные лаборатории кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок», а именно:

12.1. Лаборатория В-103 «Лаборатория нанесения вакуумных упрочняющих и износостойких покрытий», вакуумная напылительная установка «ВАТТ900-2М2ДС», вакуумная напылительная установка «УВН-4ЭД»;

12.2. Лаборатория В-110 «Экспериментальная лаборатория вакуумного напыления», вакуумная напылительная установка «ВАТТ1000-4М»;

12.3. Лаборатория В-325а «Лаборатория вакуумных средств откачки», вакуумная напылительная установка «ВАТТ700-2М»;

12.4. «Компьютерный класс»

Лаборатория оснащена ПЭВМ в количестве 12 штук, широкоформатным плоттером (формат печати А1), двумя принтерами (формат печати А4), сканером, системой климат-контроля, оверхед-проектором Medium Traveller 3, проектором Toshiba S20, экраном настенным рулонным SlimScreen, ноутбуком Toshiba, проектором BENQ MP61, интерактивной доской.

12.4.1. Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

12.4.2. Рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

12.5. Лекционные занятия: аудитория В-322 или В-325

13. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Вакуумные установки» интерактивные формы обучения не предусмотрены

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине Б1.В.ОД.15 «Вакуумные установки» пересмотрена на заседании кафедры ВТЭУ

№п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Разработчик РП (подпись) Доц. С.И. Саликеев	Заведующий кафедрой (подпись) Проф. В.А. Аляев	Начальник УМЦ/ОМг/ОАиД (подпись) Доц. Л.А. Китаева
1	№1 от 31.08.2018	нет	нет			