

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
 «27» ноября 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б1.В.ОД.13 «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования»

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 3к.-6 с., 4к.-7с.

	Часть 1			Часть 2		
	Часы	Зачетные единицы		Часы	Зачетные единицы	
Курс	3			4		
Семестр	6			7		
Лекции	9	0,25		9	0,25	
Практические занятия	9	0,25		9	0,25	
Лабораторные занятия	-	-		18	0,5	
Самостоятельная работа	18	0,5		45	1,25	
Форма аттестации: зачет(3курс-6семестр) экзамен(4курс-7семестр)		-		27	0,75	
Всего		36	1		108	3

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:
ст. преподаватель



Д.В. Косенков

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 «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» являются:

- а) формирование знаний в области проектирования и расчета вакуумного оборудования;
- б) обучение методике создания и последующего прочностного расчета вакуумных камер различной геометрической конфигурации;
- в) обучение навыкам работы с нормативными документами, в частности - расчет на прочность сосудов и аппаратов, нагруженных внешним давлением.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» относится к вариативной части ООП.

Для успешного освоения дисциплины «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» обучающийся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.6 Физика;
- б) Б1.Б.10 Теоретическая механика;
- в) Б1.Б.12 Сопrotивление материалов;
- г) Б1.Б.14 Материаловедение;
- д) Б1.Б.15 Технология конструкционных материалов;
- е) Б1.Б.19 Основы проектирования
- ж) Б1.В.ОД.10 Физика вакуума.

Дисциплина «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

- а) Б1.В.ОД.14 Монтаж и эксплуатация вакуумного оборудования;
- б) Б1.В.ОД.15 Вакуумные установки;
- в) Б1.В.ДВ.9.1 Вакуумные технологии;
- г) Б1.В. ДВ.10.2 Потоки в вакуумных системах.

Знания, полученные при изучении дисциплины, используются при прохождении производственной, преддипломной практик и 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:**

- 1. 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;
- 2. ПК-15 - умением выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин;
- 3. ПК-16 - умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать:
 - а) понятия об устойчивости и различных видах нагружения тонкостенных оболочек вращения;
 - б) особенности прочностного расчета оболочек вращения различной формы, в частности цилиндра, сферы, конуса;
 - в) методики расчета критического давления обечаек, нагруженных внешним давлением;
 - г) определение критической скорости вращения вала, влияние опор на критическую скорость вращения;
 - в) принцип работы запорной вакуумной арматуры и ее основные конструктивные элементы.
- 2) Уметь:
 - а) рассчитывать на прочность и устойчивость основные элементы вакуумных камер, нагруженных внешним давлением;
 - б) определять критические нагрузки на элементы вакуумной камеры и вакуумной арматуры;
 - в) определять критическую скорость вращения вала, учитывая влияние опор.
- 3) Владеть:
 - а) навыками правильного использования справочной литературы при расчете и конструировании вакуумного оборудования;
 - б) методикой прочностного расчета вакуумного оборудования;
 - в) методикой выбора конструкционного материала при решении конкретной инженерной задачи.

4. Структура и содержание дисциплины «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования»

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практич. зан.	Лаб. раб.	СРС	
6 семестр							
1	Тема 1	6	1	4	-	12	Тестирование, контрольные работы, реферат, отчет практическим работам,
2	Тема 2	6	2	-	-	4	Тестирование, контрольные работы, реферат
3	Тема 3	6	2	-	-	4	Тестирование, контрольные работы, реферат
4	Тема 4	6	2	3	4	3	Тестирование, контрольные работы, реферат, отчет практическим работам, отчет лабораторным работам,
5	Тема 5	6	2	2	-	3	Тестирование, контрольные работы, реферат, отчет практическим работам,
7 семестр							
6	Тема 6	7	2	5	2	14	Тестирование, реферат, отчет практическим работам, отчет лабораторным работам,

7	Тема 7	7	4	4	8	14	Тестирование, реферат, отчет практическим работам, отчет лабораторным работам,
8	Тема 8	7	3	-	4	9	Тестирование, реферат, отчет лабораторным работам,
	Итого:		18	18	18	63	
	Промежуточная аттестация					27	Зачет (6 семестр), экзамен (7 семестр)

5. Содержание лекционных занятий по темам

6 семестр				
№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Часы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1.	<u>Тема 1</u> Конструкционные вакуумные материалы	1	Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Понятия газовыделения и газопроницаемости материалов в вакууме. Основные свойства углеродистых и легированных сталей, цветных металлов и их сплавов, резин, керамики, стекол, герметиков. Понятие о вакуумной системе как совокупности устройств для создания и поддержания вакуума.	ПК-15
2.	<u>Тема 2</u> Основы безмоментной теории оболочек	2	Понятия: оболочка вращения, срединная поверхность, радиус кривизны, меридиан, полюс, образующая. Вывод уравнения Лапласа. Уравнение Лапласа для цилиндрической, сферической тонкостенной оболочки вращения и конуса.	ПК-5
3.	<u>Тема 3</u> Расчет элементов вакуумной системы на прочность	2	Особенности расчета обечаек, находящихся под действием наружного и внутреннего давления. Понятие об устойчивости оболочек вращения. Вывод формулы для расчета длинной и короткой оболочек. Расчетная длина обечайки. Кольца жесткости.	ПК-5
4.	<u>Тема 4</u> Вакуумные камеры	2	Условная классификация вакуумных камер. Основная терминология. Составляющие вакуумных камер: обечайка, крышка, днище, патрубки и фланцы. Формы вакуумных камер: цилиндрическая, коробчатая, сферическая, их достоинства и недостатки. Компановка вакуумных камер. Расчет цилиндрических обечаек: допускаемое давление из условий прочности и устойчивости. Расчет толщины стенки обечайки.	ПК-5, ПК-15, ПК-16
5.	<u>Тема 5</u> Укрепление отверстий в обечайках	2	Укрепление отверстий в обечайках и крышках различной геометрической формы. Расчет укрепления по геометрическому параметру. Конструкции укрепления вырезов. Штуцера и фланцевые соединения. Материалы для уплотнения быстроразъемных соединений	ПК-5, ПК-16
7 семестр				
6.	<u>Тема 6</u>	2	Критические скорости вращающихся валов. Явление	ПК-5,

	Быстровращающиеся элементы вакуумного оборудования		самоцентрирования. Влияние опор на критическую скорость вала. Понятие жестких, гибких, длинных и коротких валов. Центробежная сила. Приближенные методы определения скорости вращения вала.	ПК-16
7.	<u>Тема 7</u> Крышки и днища	4	Теоретический расчет эллиптических, конических и сферических днищ и крышек, нагруженных внешним давлением. Отбортовка днищ и крышек.	ПК-5, ПК-16
8.	<u>Тема 8</u> Опоры	3	Назначение опор. Конструкции опор (горизонтальное или вертикальное расположение вакуумной камеры). Определение размеров ребер, расчет прочности сварных соединений.	ПК-5, ПК-16

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

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

№ п/п	Тема	Часы	Наименование практического занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
6 семестр					
1	Тема 1	2	<u>Практическая работа № 1</u> Выбор конструкционного материала	Обоснование выбора конструкционного материала с учетом заданного давления и температуры в вакуумной камере. Определение допустимого напряжения. Выбор коэффициента прочности сварного и паяного соединения.	ПК-5, ПК-15, ПК-16
2	Тема 1	2	<u>Практическая работа № 2</u> Выбор типа уплотнения	Материалы уплотнителей, используемых в вакуумной технике. Подбор уплотнителя и метода уплотнения с учетом заданного давления и температуры в вакуумной камере.	ПК-5,ПК-15
3	Тема 4	3	<u>Практическая работа № 3</u> Расчет цилиндрических обечаек на прочность	Прочностной расчет цилиндрических обечаек, нагруженных внешним давлением. Определение допустимого наружного давления для обечайки.	ПК-16
4	Тема 5	2	<u>Практическая работа № 4</u> Сопряжение обечаек	Метод определения опасного сечения отверстия в обечайке. Вариант расчета площади отверстия, требующего укрепления. Выбор способа укрепления отверстия. Размещение отверстий в обечайках различной геометрической формы с учетом сварных швов.	ПК-5,ПК-15
7 семестр					

5	Тема 6	5	<u>Практическая работа № 5</u> Определение критической скорости вращения вала	Понятие о критической скорости вращения вала. Влияние характера опор на критическую скорость вращения вала. Расчет критической скорости вращения вала при заданном диаметре вала с учетом расположения опор подшипника.	ПК-5, ПК-15
6	Тема 7	4	<u>Практическая работа № 6</u> Расчет днищ и крышек различной геометрической конфигурации на прочность	Прочностные расчеты плоских, полусферических, полуэллиптических днищ и крышек вакуумной камеры. Теоретический расчет определения толщины днищ и крышек различной геометрической формы.	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	Часы	Наименование лабораторного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
7 семестр					
1	Тема 4	4	<u>Лабораторная работа № 2</u> Исследование устойчивости цилиндрических оболочек	Теоретически рассчитать и экспериментально определить величину критического давления цилиндрической обечайки, нагруженной внешним давлением. Сравнить значения расчетных и экспериментальных результатов. Выводы по работе.	ПК-5, ПК-15, ПК-16
2	Тема 6	2	<u>Лабораторная работа № 1</u> Определение первой критической скорости вращения вала с одним диском	Ознакомление с методикой расчета критической скорости вращения вала с одним диском при различных вариантах закрепления вала в опорах. Экспериментальное определение критического числа оборотов вала с одним диском. Выводы по работе.	ПК-16
3	Тема 7	4	<u>Лабораторная работа № 3</u> Определение напряжений в днищах различной формы	Знакомство с теоретическими предпосылками расчета напряжений в днищах различной геометрической формы, нагруженных внешним давлением. Экспериментально определить значения напряжений, возникающих при нагружении днищ методом тензометрии. Выводы по работе.	ПК-5, ПК-16

4	Тема 7	4	<u>Лабораторная работа №4</u> Усилие, необходимое для уплотнения разборного соединения	Материалы, используемые в вакуумной технике в качестве уплотнителей. Виды разъемных соединений. Формы канавочных уплотнителей. Методика расчета усилия, необходимого для уплотнения разборного соединения. Выводы по работе	ПК-5, ПК-15
5	Тема 8	4	<u>Лабораторная работа №5</u> Исследование изгибающих напряжений	Основные теоретические положения по расчету напряжений, возникающих в бандаже (кольцо жесткости). Экспериментальное определение напряжений, возникающих в бандаже при заданной нагрузке. Выводы по работе.	ПК-5, ПК-16
	Итого	18			

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	Темы дисциплины	Часы	Форма СРС	Формы комп-ии
1	<u>Тема №1</u> Выбор материала конструкции с учетом требований к технологическому процессу	6	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к практической работе, оформление отчета по практической работе, подготовка к тестированию, подготовка к контрольной работе, подготовка реферата	ПК-5, ПК-15, ПК-16
2	<u>Тема № 1</u> Выбор размеров и материалов уплотнителя для разборного соединения	6	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка к контрольной работе, подготовка реферата	ПК-5, ПК-15, ПК-16
3	<u>Тема 2</u> Основы безмоментной теории оболочек	4	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-5, ПК-15, ПК-16
4	<u>Тема 3</u> Расчет элементов вакуумной системы на прочность	4	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-5, ПК-15, ПК-16
5	<u>Тема № 4</u> Расчет конструктивной прибавки. Выбор допустимых напряжений при заданной температуре, выбор коэффициента сварного шва	3	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка к контрольной работе, подготовка реферата, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе,	ПК-5, ПК-15, ПК-16
6	<u>Тема № 5</u> Схемы укрепления отверстий (одионочного, двух,	3	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к практической работе,	ПК-5, ПК-15,

	трех и т.д.)		оформление отчета по практической работе, подготовка к тестированию, подготовка к контрольной работе, подготовка реферата	ПК-16
7	<u>Тема № 6</u> Теоретический расчет критической скорости вращения вала с диском с учетом различного способа закрепления вала в опорах	14	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка к тестированию, подготовка реферата	ПК-5, ПК-15, ПК-16
8	<u>Тема № 7</u> Расчет на прочность днищ и крышек различной формы	14	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к практической работе, оформление отчета по практической работе, подготовка к тестированию, подготовка реферата, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе,	ПК-5, ПК-15, ПК-16
9	<u>Тема 8</u> Опоры	9	проработка лекции и другого теоретического материала, подготовка к тестированию, подготовка реферата, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе,	ПК-5, ПК-15, ПК-16
	Итого	63		

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

Значения текущего рейтинга выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 60 баллов при наличии экзамена и 100 баллов при наличии зачета).

Система оценки знаний в рамках изучения дисциплины

«Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования»

6 семестр				
Вид работы	Кол-во	Максим. балл	Миним. сумма баллов	Максим. сумма баллов
<i>Текущий контроль</i>				
Практические работы	4	13	28	52
Контрольные работы	4	10	28	40
Тестирование	1	8	4	8
Итого			60	100
<i>Промежуточный контроль (зачет)</i>				
7 семестр				
Вид работы	Кол-во	Максим. балл	Миним. сумма баллов	Максим. сумма баллов
<i>Текущий контроль</i>				
Лабораторная работа	5	6	20	30
Практические работы	2	6	8	12
Реферат	2	5	4	10
Тестирование	1	8	4	8
Итого			36	60
<i>Промежуточный контроль (экзамен)</i>				
Итого			60	100

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» 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.	85 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. Каталог вакуумного оборудования/ АО «Вакууммаш». - Казань, 2014.	20 экз. на кафедре ВТЭУ
2. Никулин, С.А. Материаловедение и термическая обработка металлов: специальные стали : учеб.-метод. пособие / Моск. гос. ин-т стали и сплавов .-М.: Учеба, 2006 .-57 с.	1 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник для вузов. – М.: Химиздат, 2007. – 783 с.	1 экз. в УНИЦ КНИТУ
4. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Пирайнен В.Ю. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов. – М.: Химиздат 2006. – 504 с.	1 экз. в УНИЦ КНИТУ
5. Лашинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Справочники] : справочник / под ред. Н.Н. Логинова .— 4-е изд., стереотип. — М. : Арис, 2010 .— 752 с. : ил., табл.	431 экз. в УНИЦ КНИТУ
6. 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 «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» рекомендовано использование электронных источников информации:

- Электронные каталоги: УНИЦ (<http://library.kstu.ru/> , <http://ruslan.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 «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» 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:

1. Стенд для исследования устойчивости цилиндрических оболочек;
2. Стенд для определение напряжений в днищах различной формы;
3. Стенд для определение первой критической скорости вращения вала с одним диском.

12.2. *Лекционные занятия*

При чтении лекций по дисциплине «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» 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 (лекции – 2 часа, лабораторные занятия -6 часов, практические занятия – 8 часов) проводятся с использованием интерактивной формы обучения (разбора конкретных ситуаций).

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине Б1.В.ОД.13 «Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования» рассмотрена на заседании кафедры ВТЭУ

№п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	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			