

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  
«28» ноября 2017г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

### Б1.В.ОД.12 «Роторные вакуумные насосы»

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., 6с.

Наименование	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Лабораторные занятия	36	1
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации: экзамен	36	1
Всего	144	4

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.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:  
профессор



А.В. Бурмистров

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

Зав кафедрой, профессор

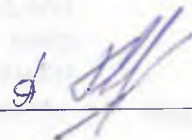


В.А. Аляев

#### УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии МФ  
от «26» ноября 2017г. № 8

Председатель комиссии, доцент



А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Роторные вакуумные насосы» являются:

- а) получение знаний и навыков в области расчета, конструирования и практического применения роторных вакуумных насосов;
- б) подготовка к самостоятельному испытанию вакуумных насосов;
- в) подготовка к прохождению производственной и преддипломной практики и выполнению выпускной квалификационной работы.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Роторные вакуумные насосы» относится к вариативной части ООП.

Для успешного освоения дисциплины «Роторные вакуумные насосы» выпускник бакалавриата по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.14 Материаловедение
- б) Б1.Б.15 Технология конструкционных материалов
- в) Б1.В.ОД.9 Теплообмен
- г) Б1.Б.18 Механика жидкости и газа
- д) Б1.Б.17 Электротехника и электроника
- е) Б1.В.ОД10 Физика вакуума
- ж) Б1.В.ДВ.5.1 Компьютерная графика
- з) Б1.В.ДВ.7.1 Вакуум – измерительные приборы
- и) Б1.В.ОД.7 Электрические явления в вакууме
- к) Б1.Б5 Математика
- л) Б1.В.ОД.4 Современные методы расчета элементов вакуумных систем;
- м) Б1.Б.6 Физика;
- н) Б1.Б.22 Термодинамика;
- о) Б.1.Б.9 Информационные технологии;
- п) Б1.Б.19 Основы проектирования;
- р) Б1.Б.13 Теория механизмов и машин;
- с) Б1.В.ОД.6 Газодинамика сплошных сред.

Дисциплина «Роторные вакуумные насосы» 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.ОД.13 Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Роторные вакуумные насосы», могут быть использованы при прохождении практик: производственной, преддипломной 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:

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-6 - способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам,

техническим условиям и другим нормативным документам;

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.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

1) Знать:

а) понятия: быстрота действия, быстрота откачки, предельное остаточное давление, газобалласт, геометрическая быстрота действия;

б) устройство и принцип действия основных роторных насосов, их классификацию, откачные характеристики;

в) методы измерения откачных параметров роторных насосов, способы построения откачных характеристик, основные формулы для их построения.

2) Уметь:

а) выбирать необходимый насос для решения конкретной задачи;

б) проводить испытания насоса на любой интересующий параметр;

в) по внешнему виду распознавать разновидность насоса и проводить расчет его быстроты действия.

3) Владеть:

а) приемами определения откачных характеристик роторных вакуумных насосов,

б) навыками эксплуатации роторных вакуумных насосов в соответствии с инструкцией по эксплуатации,

в) приемами расчета теоретической быстроты действия роторных вакуумных насосов

**4. Структура и содержание дисциплины «Роторные вакуумные насосы»**

№ п/п	Раздел дисциплины  (темы)	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам разделам
			Лек-ции	Практ занятия	Лаб. работа	СРС	
1	Тема 1	6	3	-	-	8	тестирование,
2	Тема 2	6	4	-	8	12	Тестирование, отчет по лабораторным работам, индивидуальные задания
3	Тема 3	6	1	-	4	4	Тестирование, отчет по лабораторным работам, индивидуальные задания
4	Тема 4	6	5	-	12	10	Тестирование, отчет по лабораторным работам, индивидуальные задания
5	Тема 5	6	2	-	8	10	Тестирование, отчет по лабораторным работам, индивидуальные задания
6	Тема 6	6	3	-	4	10	Тестирование, отчет по лабораторным работам, индивидуальные задания
	Итого:		18	-	36	54	
	Форма аттестации						экзамен

5. *Содержание лекционных занятий по темам*

№ п/п	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1.	3	<p><u>Тема 1.</u> Вводный обзор роторных вакуумных насосов (ВН). Основные термины и определения</p>	<p>Предмет и задачи дисциплины. Основные термины и определения: ВН, вакуум, откачка, течение, вакуумная система (ВС). Классификация ВН: по диапазону рабочих давлений, по принципу удаления газа.</p> <p>Важнейшие понятия вакуумной техники: средняя длина свободного пути молекул, критерий Кнудсена – режимы течения, «падающий объем», поток, быстрота действия, быстрота откачки. Условие стационарности потока в ВС.</p> <p>Давление. Полное и парциальное давление. Логарифмический масштаб.</p> <p>Сопrotивление и проводимость элемента ВС. Основные подходы к расчету проводимости при молекулярном, переходном и вязкостном режимах. Последовательное и параллельное соединение участков.</p> <p>Основное уравнение вакуумной техники. Анализ уравнения с выводом, график кратности. Сопоставление понятий проводимость, быстрота действия и быстроты откачки.</p> <p>Набор откачных параметров промышленных ВН. Предельное остаточное давление. Расчетное определение. Влияние факторов. Степень сжатия.</p> <p>Типичная характеристика ВН. Характерные точки. Формы типовых характеристик ВН. Наибольшее и наименьшее рабочие давления. Номинальная быстрота действия.</p> <p>Расчетная характеристика ВН. Геометрическая быстрота действия. Вывод формулы теоретической быстроты действия ВН.</p> <p>Последовательное и параллельное соединение камер ВН. Примеры. Пересчет характеристик при переключении камер с последовательного на параллельное включение.</p>	ПК-6, ПК-9
2.	4	<p><u>Тема 2.</u> Получение характеристик роторных вакуумных насосов при испытаниях.</p>	<p>Зависимости, снимаемые при испытаниях ВН: кривая набора вакуума. Предельное остаточное давление. Стенды, порядок измерения. Полное, парциальное по воздуху.</p> <p>Кривая противодействия. Стенд, порядок измерения. Максимальная степень повышения давления.</p> <p>Зависимость быстроты действия от давления на входе. Расходомеры и методы измерения потока и быстроты действия в разных областях вакуума. Ротаметр, газовый счетчик, бюретка. Вывод</p>	ПК-9

			<p>формулы коэффициента бюретки. Метод диафрагмы. Порядок проведения испытаний. Типовой протокол. Характерные точки кривой быстроты действия. Практическое применение логарифмического масштаба давлений. Датчики, приборы и методы измерения давлений.</p> <p>Сопоставление экспериментальной, паспортной и расчетной кривых быстроты действия. Возможные причины отклонения экспериментальной кривой от паспортной.</p> <p>Индикаторная диаграмма ВН. Мощность, потребляемая объемным насосом. Причины работы насосов с повышенной мощностью.</p> <p>Вибрация и шум роторных вакуумных насосов. Измеряемые шумовые и вибрационные параметры насосов. Методы и приборы. Виды измерительных поверхностей при измерении шумовых характеристик.</p>	
3.	1	<u>Тема 3.</u> Водокольцевые ВН.	<p>Принцип действия. Достоинства и недостатки. Варианты конструкций. Виды лопаток.</p> <p>Рабочие давления, внутренняя степень сжатия. Геометрическая быстрота действия. Разновидности. Маркировка. Расчет действительной быстроты действия. Предельное остаточное давление. Работа ВВН с воздуховоздушным эжектором.</p>	ПК-5, ПК-6
4	5	<u>Тема 4.</u> Вакуумные насосы с масляным уплотнением (ВНМУ)	<p>Виды ВНМУ. Типичная зависимость быстроты действия от давления.</p> <p>Пластинчато-роторные (НВР), пластинчато-статорные и плунжерные ВН. Конструкция. Сопоставление. Три функции масла в ВНМУ. Марки масел. Три вида остаточных давлений.</p> <p>Геометрическая быстрота действия.</p> <p>Работа напускного и отсечного клапанов ВНМУ.</p> <p>Наиболее характерные неисправности, причины и методы их устранения при работе ВНМУ.</p> <p>Особенности откачки конденсируемых паров. Зависимость давления конденсации от температуры. Три способа защиты от конденсации.</p> <p>Газобалластное устройство (ГБУ). Конструкция. Три требования: расчетный балластный поток, проводимость, место ввода. Анализ рабочего процесса с ГБУ и без.</p> <p>Особенности конструкции и характеристик насосов вакуумных роторных многопластинчатых (НВРМ). Материал пластин. Угол наклона пластин. Разгрузочные устройства от газовых перегрузок и трения. Особенности охлаждения. Перепуск. Влияние на остаточное давление.</p> <p>Расчетная схема и расчетная формула геометрической быстроты откачки. Учет числа</p>	ПК-5, ПК-6

			пластин. Безмасляные НВРМ.	
5.	2	<u>Тема 5.</u> Бесконтактные ВН. Двухроторные ВН (ДВН).	<p>Бесконтактные безмасляные ВН. Виды. Общие закономерности откачки. Особенности процесса объемно-скоростной откачки. Использование закономерностей скоростной откачки.</p> <p>Двухроторные вакуумные насосы (ДВН). Особенности процесса откачки. Место ДВН среди других насосов. Геометрическая быстрота действия. Обратные перетекания через щелевые каналы. Расчет проводимости щелевых каналов ДВН.</p> <p>Зависимость быстроты действия от давления.</p> <p>Баланс потоков через ДВН. Вывод уравнения полной располагаемой характеристики. Особенности построения характеристики расход-степень сжатия. Расчетное и графическое определение опорных точек. Перестроение характеристики из координат <math>S_{вх} - P_{вых}/P_{вх}</math> в координаты <math>S_{вх} - P_{вх}</math>.</p> <p>Насосы НВД-200, НВД-600. Профили роторов – построение и изготовление. Агрегаты АВР-50 (АВМ-50). Паспортная характеристика.</p> <p>Типы профилей ДВН: окружные, циклоидально-окружные, циклоидальные, эллиптические. Теоретическое и действительное профилирование. Коэффициент использования объема.</p>	ПК-5, ПК-6, ПК-9
6.	3	<u>Тема 6.</u> Безмасляные насосы низкого и среднего вакуума Кулачково-зубчатые ВН (КЗВН). Винтовые ВН Спиральные ВН (НВСП).	<p>Кулачково-зубчатые ВН. Принцип действия. Достоинства и недостатки. Назначение. Профиль роторов. Характеристики. Геометрическая быстрота действия. Окна всасывания и нагнетания. Сопоставление с ДВН. Многоступенчатые агрегаты на базе КЗВН. Совместная работа агрегата ДВН+КЗВН.</p> <p>Сухие двухвинтовые ВН. Достоинства и недостатки. Назначение, сопоставление с прямозубыми ДВН. 3 участка проточного тракта. Особенности рабочего процесса и характеристик при недожати и пережати. КПД. Сопоставление с маслозаполненными ВН.</p> <p>Спиральные ВН. Принцип действия. Достоинства и недостатки. Типичные характеристики. Расчет геометрической быстроты действия. Процесс сжатия и нагнетания. Конструктивные схемы НВСП.</p> <p>Противоповоротные устройства. «Герметизация» торцевых зазоров. Способы изоляции рабочей полости от атмосферы.</p>	ПК-5, ПК-6, ПК-9

**6. Содержание семинарских, практических занятий (лабораторного практикума) – учебным планом не предусмотрено**

**7. Содержание лабораторных занятий**

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

№ п/п	Тема	Наименование лабораторного занятия	Краткое содержание	Часы	Формируемые компетенции
1	3	<u>Лабораторная работа № 1.</u> <i>Водокольцевые ВН</i>	Испытания насоса ВВН-1.5. Построение кривой быстроты действия. Обмер насоса КВН-4. Расчет быстроты действия, сравнение с экспериментальной и паспортной. Изучение конструкторской документации ВВН-1,5	4	ПК-9
2	4	<u>Лабораторная работа № 2</u> <i>Пластинчатостаторные ВН</i>	Испытания насоса ВН-461. Обмер насоса Расчет геометрической быстроты действия, построение расчетной кривой. Построение кривых набора вакуума и быстроты действия.	4	ПК-9
3	4	<u>Лабораторная работа №3.</u> <i>Пластинчатостаторные ВН</i>	Испытания насоса 2НВР-5ДМ. Построение кривых набора вакуума и быстроты действия. Разборка и обмер 2НВР-5Д. Расчет геометрической быстроты действия, построение расчетной кривой. Сравнение с экспериментальной и паспортной. Изучение конструкторской документации 2НВР-5ДМ.	4	ПК-9
4	4	<u>Лабораторная работа №4.</u> <i>Золотниковые ВН</i>	Испытание насоса НВЗ-20. Построение кривых набора вакуума и быстроты действия. Разборка и обмер насоса НВЗ-20. Расчет геометрической быстроты действия, построение расчетной кривой. Сравнение с экспериментальной и паспортной. Изучение конструкторской документации НВЗ-20	4	ПК-9
5	5	<u>Лабораторная работа №5.</u> <i>Двухроторные ВН</i>	Испытание насоса НВД-200 в агрегате с насосом 2НВР-5ДМ. Построение кривых быстроты действия и противодействия. Разборка и обмер образца НВД-200. Расчет геометрической быстроты действия, степени сжатия. Построение полной располагаемой и реализуемой характеристик. Изучение конструкторской документации ДВН-50.	8	ПК-5, ПК-6, ПК-9
6	6	<u>Лабораторная работа № 6.</u> <i>Стиральные ВН</i>	Испытание насоса ISP-250. Построение кривых набора вакуума и быстроты действия. Построение	4	ПК-5, ПК-6, ПК-9



			паспортной кривой быстроты действия. Разборка и обмер насоса ISP-250. Расчет геометрической быстроты действия. Построение расчетной характеристики. Сравнение расчетной и экспериментальной кривых. Изучение конструкторской документации НВСп		
8	2	<u>Лабораторная работа №7.</u> Вибрация вакуумных насосов	Изучение методики измерения вибрации вакуумных насосов. Измерение вибрации спирального вакуумного насоса. Обработка данных. Сравнение с паспортными данными.	4	ПК-5, ПК-9
9	2	<u>Лабораторная работа № 8.</u> Шум вакуумных насосов	Изучение методики измерения шума вакуумных насосов. Измерение шума спирального вакуумного насоса. Обработка данных. Сравнение с паспортными данными.	4	ПК-5, ПК-9
		Итого		36	

*Цель проведения лабораторных занятий* - освоение лекционного материала и материала СРС, касающегося проведения испытаний насосов, выбора соответствующих приборов и аппаратуры, получение навыков эксплуатации, сборки и разборки насосов, расчета откачных характеристик и обратных перетеканий газа через щелевые каналы, построения расчетных и экспериментальных откачных характеристик.

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

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

#### Рекомендации к защите и выполнению лабораторных работ

Отчет по каждой лабораторной работе после ее проведения должен быть оформлен на листах формата А4. Защита лабораторных работ проводится в устной форме. По результатам защиты выставляются баллы. Задания выполняются на бумажном формате А4. Требования к оформлению отчета: шрифт – Times New Roman; размер шрифта – 14 пт; выравнивание – по ширине; абзацный отступ – 1,25; поля – сверху 2 см, снизу – 2 см, справа 1,5 см, слева 2,5 см; интервал – 1,5.

### **8. Самостоятельная работа бакалавра**

№ п/п	Темы дисциплины	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Тема №1.	8	проработка лекционного и другого теоретического материала, выполнение домашнего задания	ПК-5, ПК-6, ПК-9
2	Тема № 2.	12	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторным работам №8 7, №8, оформление и сдача отчета по лабораторным работам, выполнение и сдача индивидуальной работы	ПК-9

			№1	
3	Тема № 3.	4	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление и сдача отчета по лабораторной работе №1,	ПК-5, ПК-6
4	Тема № 4	10	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к трем лабораторным работам № 2-4, оформление отчетов по лабораторным работам № 2-4, выполнение и сдача индивидуальной работы №2,	ПК-5, ПК-6
5	Тема № 5.	10	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №5, оформление отчета по лабораторной работе №5	ПК-5, ПК-6
6	Тема № 6.	10	проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №6, оформление отчета по лабораторной работе №6, выполнение домашнего задания	ПК-5, ПК-6
	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). В приложении контр работы нет

#### **Система оценки знаний в рамках изучения дисциплины**

Вид работы	Кол-во	Максим. балл	Миним. сумма баллов	Максим. сумма баллов
Лабораторная работа	8	3	16	24
Индивидуальное задание 1	1	12	7	12
Индивидуальное задание 2	1	12	7	12
Тестирование	1	12	6	12
Итого			36	60
Промежуточный контроль (экзамен)			24	40
Итого			60	100

### 10 Информационно-методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Роторные вакуумные насосы» 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. Сакаганский, 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. Бурмистров А.В. Бесконтактные вакуумные насосы: учеб. пособие / Казан. гос. технол. ун-т. — Казань, 2010. — 102 с.	73 экз. в УНИЦ КНИТУ
3 Розанов Л.Н. Вакуумная техника. М., Высш. шк., 2007. - 392 с.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ
4.Техника измерения вакуума. Аляев В.А., Кузьмин В.В. Казань, Изд-во КГТУ, 2009.-374 с.	5 экз. в УНИЦ КНИТУ
5.Каргин Г.В. Производство роторных машин: учеб. пособие / Г.В. Каргин: Казан. гос. технол. ун-т. - Казань, 2011 .-125 с.	69 экз. в УНИЦ КНИТУ

#### 10.2 Дополнительная литература

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Бурмистров, А.В. Прямые и обратные потоки в бесконтактных вакуумных насосах : монография / Казан. гос. технол. ун-т. — Казань, 2009. — 232 с.	50 экз. на кафедре ВТЭУ
2. Методы расчета сложных вакуумных систем/ С.Б. Нестеров, А.В. Бурмистров и др. М.: ОМР.ПРИНТ, 2010. - 370 с.	200 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Роторные вакуумные насосы: методические указания к лабораторным работам / сост. А.В. Бурмистров; Казан. гос. технол. ун-т. - Казань, 2007. – 61 с.	50 экз. на кафедре ВТЭУ
4. Райков, А.А. Рабочий процесс безмасляного кулачково-зубчатого вакуумного насоса. Монография / А.А. Райков, С.И. Саликеев, А.В. Бурмистров // Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - 184 с.	5 экз. в УНИЦ 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 «Роторные вакуумные насосы» рекомендовано использование электронных источников информации:

- Электронные каталоги: УНИЦ (<http://library.kstu.ru/> , <http://ruslan.kstu.ru/>),
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) «КнигаФонд» ([www.knigafund.ru](http://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 «Роторные вакуумные насосы» используются учебные лаборатории кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок», а именно специализированная лаборатория «Бесконтактные безмасляные вакуумные насосы» В-111 и лаборатория «Вакуумные средства откачки» В-325а, которые были оснащены в рамках выполнения программы развития национального исследовательского университета и в ходе выполнения проекта «Создание высокотехнологичного производства безмасляных спиральных вакуумных насосов для индустрии наносистем и наноматериалов» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года №218, а также компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами Pentium 4. В состав этих лабораторий входит следующее оборудование, используемое в дисциплине: лабораторные стенды для экспериментального исследования стенд испытаний насоса ВВН-1,5; стенд испытаний насоса НВЗ-20, стенд испытаний насоса ВН-461М; стенд испытаний насоса 2НВП-5ДМ, передвижной блок оптических манометров ОМ-6 и ОМ-7; передвижной блок ротаметров.

Кроме того, для освоения материала курса используются следующие стенды, приборы и оборудование:

#### **- Стенд испытаний двухроторного вакуумного насоса.**

Состав стенда:

*Двухроторный вакуумный насос НВД-200 (ДВН-50).* Быстрота действия 50 л/с, рабочее давление 0,13кПа, мощность электродвигателя 1,1 кВт, частота вращения 3000 об/мин.

*Пластинчато-роторный вакуумный насос 2НВП-5ДМ.* Быстрота действия 5,5 л/с, остаточное давление 0,67 Па, мощность электродвигателя 0,55 кВт, частота вращения 1500 об/мин.

*Измерительный колпак на НВД-200.* Нержавеющая сталь. Диаметр условного прохода 63 мм. Диаметр камеры 160 мм. Объем, 5,5л. Конусный переходник с  $D_y$  63 на  $D_y$ 160. 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  $\pm 10 \%$ , в диапазоне от  $6,65 \cdot 10^3$  до  $1,06 \cdot 10^5$  Па абсолютная погрешность  $\pm 665$  Па

*Барабанный газовый счетчик RitterTG 05,* приведенная погрешность  $\pm 0,5 \%$ .

*Барабанный газовый счетчик RitterTG 25,* приведенная погрешность  $\pm 0,5 \%$ .

*Регулятор расхода газа MKS 1179D 11 C* (максимальный расход газа 0,6 л/ч).

*Регулятор расхода газа MKS 1179 12 C* (максимальный расход газа 6 л/ч).

#### **- Стенд испытаний кулачково-зубчатого вакуумного насоса.**

Состав стенда:

*Кулачково-зубчатый вакуумный насос.* Быстрота действия 12л/с при 2500об/мин, мощность электродвигателя 1,1 кВт, частота вращения 1000 3000 об/мин.

*Измерительный колпак на КЗВН.* Нержавеющая сталь. Диаметр условного прохода 25 мм. Диаметр камеры 100 мм. Объем, 1,3л. Конусный переходник с  $D_y$  25 на  $D_y$ 100. 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  $\pm 10\%$ , в диапазоне от  $6,65 \cdot 10^3$  до  $1,06 \cdot 10^5$  Па абсолютная погрешность  $\pm 665$  Па

*Барабанный газовый счетчик RitterTG 05*, приведенная погрешность  $\pm 0,5\%$ .

*Барабанный газовый счетчик RitterTG 25*, приведенная погрешность  $\pm 0,5\%$ .

*Счетчик газовый барабанный ГСБ-400*, класс точности 1.

*Счетчик газовый РГ-40*, класс точности 1.

#### **- Стенд испытаний спирального вакуумного насоса**

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  $D_y$ 100. 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  $\pm 10\%$ , в диапазоне от  $6,65 \cdot 10^3$  до  $1,06 \cdot 10^5$  Па абсолютная погрешность  $\pm 665$  Па

*Барабанный газовый счетчик RitterTG 05*, приведенная погрешность  $\pm 0,5\%$ .

*Барабанный газовый счетчик RitterTG 25*, приведенная погрешность  $\pm 0,5\%$ .

*Регулятор расхода газа MKS 1179D 11 C* (максимальный расход газа 0,6 л/ч).

*Регулятор расхода газа MKS 1179 12 C* (максимальный расход газа 6 л/ч).

*Счетчик газовый барабанный ГСБ-400*, класс точности 1.

#### **- Стенд измерения вибрации вакуумных насосов**

Состав стенда:

*Насос вакуумный спиральный Anest Iwata ISP-90*

*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  $D_y$ 100. Штуцер с рассеивателем для присоединения натекателя напуска газа.

*Виброметр «Янтарь-М»*; Номер по Госреестру СИ: 24386-05 Допускаемая основная относительная погрешность измерения виброускорения  $\pm 6\%$ .

#### **- Стенд измерения шума вакуумных насосов**

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  $D_y$ 100. Штуцер с рассеивателем для присоединения натекателя напуска газа.

*Шумомер-виброметр, анализатор спектра портативный «Октава-110А (ЭКО)»* Номер по Госреестру СИ: 48267-11 Класс точности 1

### **12.2. Лекционные занятия:**

При чтении лекций по дисциплине «Роторные вакуумные насосы» используются комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов. Аудитория В-322 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**

Удельный вес занятий, проводимых с использованием интерактивной формы обучения (разбор конкретных ситуаций, мастер-класс ведущих специалистов) составляет 22% от аудиторных занятий: при проведении лекционных занятий 2 часа, лабораторных занятий 10 часов.

## Лист переутверждения рабочей программы




Рабочая программа по дисциплине Б1.В.ОД.12 «Роторные вакуумные насосы»

По направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
для профиля подготовки «Вакуумная и компрессорная техника физических установок»

для набора обучающихся 2019 года

для очной формы обучения

пересмотрена на заседании кафедры «ВТЭУ»

№п /п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Разработчик РП Проф. А.В. Бурмистров	Заведующий кафедрой Проф. В.А. Аляев	Начальник УМЦ Доц. Л.А. Китаева
1	№7 от 6.06.2019	Есть*	Нет**			

\*Пункт Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

<https://www.elibrary.ru/>

Внесены дополнения в пункт Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

*Лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Роторные вакуумные насосы»:*

- Офисные и деловые программы MS Office 2007 Russian;
- Офисные и деловые программы MS Office 2010-2016 Standard

*\*\*Если в списке литературы есть изменения, обновленный список необходимо утвердить у заведующей сектором комплектования УНИЦ и один экземпляр представить в УМЦ/ОМг/ОАиД.*