

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	<u>БАКАЛАВР</u>
Форма обучения	<u>очная</u>
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

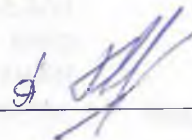


В.А. Аляев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии МФ
от «20» 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) Б1.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	<u>Тема 1.</u> Вводный обзор роторных вакуумных насосов (ВН). Основные термины и определения	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. 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. Давление. Полное и парциальное давление. Логарифмический масштаб. Сопротивление и проводимость элемента ВС. Основные подходы к расчету проводимости при молекулярном, переходном и вязкостном режимах. Последовательное и параллельное соединение участков. Основное уравнение вакуумной техники. Анализ уравнения с выводом, график кратности. Сопоставление понятий проводимость, быстрота действия и быстроты откачки. Набор откачных параметров промышленных ВН. Предельное остаточное давление. Расчетное определение. Влияние факторов. Степень сжатия. Типичная характеристика ВН. Характерные точки. Формы типовых характеристик ВН. Наибольшее и наименьшее рабочие давления. Номинальная быстрота действия. Расчетная характеристика ВН. Геометрическая быстрота действия. Вывод формулы теоретической быстроты действия ВН. Последовательное и параллельное соединение камер ВН. Примеры. Пересчет характеристик при переключении камер с последовательного на параллельное включение.	ПК-6, ПК-9
2.	4	<u>Тема 2.</u> Получение характеристик роторных вакуумных насосов при испытаниях.	Зависимости, снимаемые при испытаниях ВН: кривая набора вакуума. Предельное остаточное давление. Стенды, порядок измерения. Полное, парциальное по воздуху. Кривая противодействия. Стенд, порядок измерения. Максимальная степень повышения давления. Зависимость быстроты действия от давления на входе. Расходомеры и методы измерения потока и быстроты действия в разных областях вакуума. Ротаметр, газовый счетчик, бюретка. Вывод	ПК-9

			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. Сопоставление экспериментальной, паспортной и расчетной кривых быстроты действия. Возможные причины отклонения экспериментальной кривой от паспортной. Индикаторная диаграмма ВН. Мощность, потребляемая объемным насосом. Причины работы насосов с повышенной мощностью. Вибрация и шум роторных вакуумных насосов. Измеряемые шумовые и вибрационные параметры насосов. Методы и приборы. Виды измерительных поверхностей при измерении шумовых характеристик.	
3.	1	Тема 3. Водокольцевые ВН.	Принцип действия. Достоинства и недостатки. Варианты конструкций. Виды лопаток. Рабочие давления, внутренняя степень сжатия. Геометрическая быстрота действия. Разновидности. Маркировка. Расчет действительной быстроты действия. Предельное остаточное давление. Работа ВВН с воздухо-воздушным эжектором.	ПК-5, ПК-6
4	5	Тема 4. Вакуумные насосы с масляным уплотнением (ВНМУ)	Виды ВНМУ. Типичная зависимость быстроты действия от давления. Пластинчато-роторные (НВР), пластинчато-статорные и плунжерные ВН. Конструкция. Сопоставление. Три функции масла в ВНМУ. Марки масел. Три вида остаточных давления. Геометрическая быстрота действия. Работа напускного и отсечного клапанов ВНМУ. Наиболее характерные неисправности, причины и методы их устранения при работе ВНМУ. Особенности откачки конденсируемых паров. Зависимость давления конденсации от температуры. Три способа защиты от конденсации. Газобалластное устройство (ГБУ). Конструкция. Три требования: расчетный балластный поток, проводимость, место ввода. Анализ рабочего процесса с ГБУ и без. 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. Расчетная схема и расчетная формула геометрической быстроты откачки. Учет числа	ПК-5, ПК-6

			пластин. Безмасляные НВРМ.	
5.	2	Тема 5. Бесконтактные ВН. Двухроторные ВН (ДВН).	Бесконтактные безмасляные ВН. Виды. Общие закономерности откачки. Особенности процесса объемно-скоростной откачки. Использование закономерностей скоростной откачки. 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. Зависимость быстроты действия от давления. Баланс потоков через ДВН. Вывод уравнения полной располагаемой характеристики. Особенности построения характеристики расхождений сжатия. Расчетное и графическое определение опорных точек. Перестроение характеристики из координат $S_{вх} - P_{вых}/P_{вх}$ в координаты $S_{вх} - P_{вх}$. Насосы НВД-200, НВД-600. Профили роторов – построение и изготовление. Агрегаты АВР-50 (АВМ-50). Паспортная характеристика. Типы профилей ДВН: окружные, циклоидально-окружные, циклоидальные, эллиптические. Теоретическое и действительное профилирование. Коэффициент использования объема.	ПК-5, ПК-6, ПК-9
6.	3	Тема 6. Безмасляные насосы низкого и среднего вакуума Кулачково-зубчатые ВН (КЗВН). Винтовые ВН Спиральные ВН (НВСП).	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. 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. Спиральные ВН. Принцип действия. Достоинства и недостатки. Типичные характеристики. Расчет геометрической быстроты действия. Процесс сжатия и нагнетания. Конструктивные схемы НВСП. Противоповоротные устройства. «Герметизация» торцевых зазоров. Способы изоляции рабочей полости от атмосферы.	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>Пластинчатоторные 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. Хабляев, 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. 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).

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 2НВР-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 2НВР-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 ± 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 ± 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 Ду 25 на Ду100. 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 ± 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 Ду 25 на Ду100. 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 Ду 25 на Ду100. 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»
пересмотрена на заседании кафедры ВТЭУ

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