

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1152599	Вакуумная техника

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Мехатроника и робототехника	Код ОП 1. 15.03.06/33.02
Направление подготовки 1. Мехатроника и робототехника	Код направления и уровня подготовки 1. 15.03.06

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Тихонов Игорь Николаевич	кандидат технических наук, доцент	Заведующий кафедрой	электронного машиностроения

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Вакуумная техника

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает дисциплину «Вакуумная техника». В ходе освоения модуля у студентов формируются компетенции в области основ физики разреженных газов, технических средств получения, поддержания и измерения вакуума в технологических машинах и установках электронной техники.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Вакуумная техника	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Вакуумная техника	ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и	З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций

	<p>ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p>
	<p>ПК-4 - Способность разрабатывать практические мероприятия по совершенствованию технологий автоматизированного производства, мехатронных комплексов, модулей и робототехнических систем</p>	<p>З-1 - Воспроизводить инженерные основы структуры и функционирования мехатронных комплексов, модулей и робототехнических систем</p> <p>У-1 - Анализировать особенности технологий авто-матизированного производства и устройство мехатронных комплексов, модулей и робототехнических систем с позиций возможности их совершенствования</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт разработки мероприятий по совершенствованию технологий автоматизированного производства, мехатронных комплексов, модулей и робототехнических систем в соответствии с техническим заданием.</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Вакуумная техника

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Тихонов Игорь Николаевич	кандидат технических наук, доцент	Заведующий кафедрой	электронного машиностроения

Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Краткий исторический обзор развития вакуумной техники. Области применения вакуума. Задачи курса, его связь с другими специальными дисциплинами.
P2	Физика разреженных газов и теоретические основы откачки газов и паров.	Статическое и динамическое состояние свободного газа. Понятие "вакуум". Давление газа и газовой смеси. Единицы измерения давления. Статическое состояние свободного газа. Взаимные соударения частиц газа в объеме. Критерий и области вакуума. Динамическое состояние свободного газа. Газовая диффузия и термомолекулярное течение. Режимы течения свободного газа. Количество и поток газа. Теплопроводность газа. Ионизация газа в вакууме. Взаимодействие газов с поверхностью твердого тела. Адсорбция и десорбция. Связанные газы. Энергия взаимодействия газов с поверхностью твердых тел внутри вакуумных систем. Числовые характеристики физической адсорбции. Влияние десорбции на рабочий вакуум. Уравнения динамической адсорбции и его следствия. Конденсация и испарение веществ в вакууме. Объемное поглощение и диффузия газов через стенки вакуумных систем (ВС). Растворимость газов в твердых телах. Газосодержание материалов. Суммарное газовыделение и методика его расчета. Проницаемость стенок ВС. Расчет газопроницаемости. Проводимость элементов ВС. Основные вакуумтехнические параметры течения газа. Проводимость отверстий и трубопроводов вакуумных систем в вязкостном, молекулярном и молекулярно-вязкостном режимах течения газа. Методика определения проводимости вакуумных систем сложной

		<p>конфигурации. Основное уравнение вакуумной техники и его применение. Вывод основного уравнения вакуумной техники для ВС. Расчет общей проводимости вакуумных систем. Коэффициенты использования вакуумных насосов и методика их выбора. Уравнение откачки. Вывод уравнения откачки, его следствия и применение. Расчет времени откачки вакуумируемых объектов при постоянной и переменной скорости действия насоса.</p>
Р3	Техника получения вакуума	<p>Классификация вакуумных насосов и их основные характеристики. Проточные и сорбционные насосы. Основные характеристики: быстрота действия, предельное давление, рабочий диапазон давлений, давление запуска, выпускное давление, производительность. Зависимость характеристик от рода газа. Механические насосы объемного действия. Поршневые, вращательные – пластинчато-роторные, пластинчато статорные, золотниковые вакуумные насосы. Быстрота откачки и предельное давление масляного вращательного насоса. Газобалластные насосы. Оптимальное использование масляных механических насосов. Двухроторные насосы. Молекулярные и турбомолекулярные насосы. Принцип действия, предельные значения основных характеристик, современные конструкции. Пароструйные насосы. Эжекторные насосы, принцип действия, конструкции, применение. Диффузионные насосы, принцип действия. Рабочие жидкости диффузионных насосов (ртуть, минеральные масла, полиорганосилоксановые жидкости, сложные эфиры). Конструктивные особенности парортутных и паромасляных диффузионных насосов; насосы с фракционированием масла. Предельное давление и быстрота откачки диффузионного насоса. Охлаждаемые ловушки, назначение, конструкции. Геттерные и геттерно-ионные насосы. Принцип действия, конструкции, азотиты, основные характеристики, применение. Магнитные электроразрядные насосы. Принцип действия, конструктивные схемы, особенности эксплуатации, применение. Криогенные насосы. Криоадсорбционные насосы. Физические основы криоадсорбционной откачки, характеристики цеолитов, конструкции насосов, применение. Криоконденсационные насосы. Физические основы криоконденсационной откачки, конструктивные схемы насосов, применение.</p>
Р4	Измерение полных и парциальных давлений	<p>Приборы абсолютного и косвенного действия. Чувствительность, диапазон измерения давлений, погрешность измерения. Гидростатические, компрессионные и деформационные вакуумметры. Принцип работы, диапазон измерения давлений, особенности конструкций, способы градуировки, применение. Тепловые вакуумметры. Принцип действия вакуумметров – сопротивления и терморезистивные, диапазон измерения давлений, конструкции, применение. Ионизационные вакуумметры. Общий принцип действия и классификация. Термоэлектронные вакуумметры. Принцип действия, диапазон измерения давлений, конструкции, применение. Магнитные электроразрядные вакуумметры. Принцип действия, диапазон измерения давлений, конструкции, применение. Реле вакуума в автоматизированных</p>

		<p>вакуумных системах, использующих деформационный, тепловой и ионизационный принципы. Радиоизотопные вакуумметры. Масс-спектрометры. Классификация приборов для измерения парциальных давлений газов. Спектр масс и его расшифровка. Статические масс-спектрометры с разделением ионов в магнитном поле. Динамические масс-спектрометры. Омегатронный измеритель парциальных давлений. Квадрупольный и монополярный масс-спектрометры. Измерение и контроль параметров вакуумных насосов: быстроты действия в зависимости от рода газа, предельного остаточного давления, наибольшего выпускного давления, давления запуска.</p>
Р5	Течеискание. Герметичность вакуумных систем.	<p>Требования к герметичности. Методы течеискания: пузырьковый, люминесцентный, высокочастотного разряда, радиоизотопный, пробного газа. Основные способы реализации методов течеискания. Масс-спектрометрический гелиевый течеискатель. Принцип действия, вакуумная и электрическая схемы, поиск течей и проверка герметичности, образцовые течи.</p>
Р6	Вакуумные системы и их расчет	<p>Типовые вакуумные системы (ВС) оборудования электронной техники. Основные требования, предъявляемые к ВС. Правила выполнения схем ВС. Непрогреваемые вакуумные и прогреваемые высоковакуумные системы. Блок-схема алгоритма работы ВС с диффузионным насосом. ВС оборудования для нанесения тонких пленок. ВС карусельных и конвейерных машин. Централизованные форвакуумные системы. Автоматизированные ВС. Элементы ВС. Вакуумные камеры. Откачные гнезда. Вакуумные трубопроводы. Герметичные соединения. Механические вакуумные вводы. Электрические вакуумные вводы. Смотровые системы. Запорно-регулирующая аппаратура, основные требования, предъявляемые к ней; типовые конструкции затворов, клапанов, натекателей, золотников, противоаварийных устройств. Загрузочные устройства. Манипуляторы. Конструкционные материалы вакуумной техники. Основные требования, предъявляемые к ним. Металлы и сплавы. Неметаллические материалы. Методики расчета вакуумных систем. Основные математические модели расчета. Диаграмма изменения газовых потоков при откачке. Исходные данные для проектного расчета вакуумной системы в стационарном режиме. Расчет быстроты откачки и выбор вакуумных насосов с учетом времени откачки начального газа, технологического газовыделения и степени согласованности в работе насосов. Расчет проводимостей и размеров элементов ВС. Автоматизированный расчет ВС с использованием ПЭВМ. Блок-схема алгоритма расчета. Программное обеспечение в среде Windows. Обработка информативных данных.</p>
Р7	Чистые помещения и техноэкология в производстве изделий	<p>Чистые производственные помещения. Общая характеристика. Материалы и оборудование. Технологический микроклимат и его обеспечение. Подготовка и контроль чистых технологических газовых сред. Техноэкология в производстве изделий электронной техники. Условия труда и проблемы производственной безопасности. Проблемы экологической</p>

		безопасности. Удаляемые газы и материалы для вытяжных систем. Основные типы вытяжных устройств
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология самостоятельной работы	ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности	3-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования 3-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вакуумная техника

Электронные ресурсы (издания)

1. Хаблянян, М. Х.; Вакуумная техника: оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация : учебное пособие. 1. Инженерно-физические основы; Казанский научно-исследовательский технологический университет, Казань; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258831> (Электронное издание)

2. Хаблянян, М. Х.; Вакуумная техника: оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация : учебное пособие. 2. Вакуумные насосы; Казанский научно-исследовательский технологический университет, Казань; 2016; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500916> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Розанов, Л. Н.; Вакуумная техника : Учебник для вузов по спец. "Электрон. машиностроение".; Высш. шк., Москва; 1990 (43 экз.)
2. , Демихов, К. Е., Панфилов, Ю. В., Никулин, Н. К., Автономова, И. В., Александрова, А. Т.; Вакуумная техника : справочник.; Машиностроение, Москва; 2009 (1 экз.)
3. Попов, А. Н.; Вакуумная техника : учебное пособие для студентов вузов по техническим специальностям .; ИНФРА-М, Москва; 2015 (5 экз.)
4. Розанов, Л. Н.; Вакуумная техника : учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 2007 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<http://lib.urfu.ru> – Зональная научная библиотека УрФУ

<http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека Elibrary.ru

<http://standartgost.ru/> – Открытая база ГОСТов

<http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека

<http://www.rsl.ru> - Российская государственная библиотека

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm – Федеральные образовательные ресурсы

http://window.edu.ru/catalog/p_rubr=2.1 - Единое окно доступа к образовательным ресурсам

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вакуумная техника

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab R2014a + Simulink</p> <p>КОМПАС-3D v. 19</p>
3	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab R2015a + Simulink</p> <p>КОМПАС-3D v. 19</p>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

		<p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>