

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
1153045	Вакуумная техника

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Гибкие производственные системы	Код ОП 1. 15.04.04/33.01
Направление подготовки 1. Автоматизация технологических процессов и производств	Код направления и уровня подготовки 1. 15.04.04

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». Модуль рассчитан на 3 зачетных единицы трудоемкости. 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 автоматизированных систем

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	ПК-4 - Способен проектировать изделия машиностроения и автоматизированные, роботизированные технологические линии по их изготовлению	З-1 - Объяснять структуру и принципы построения автоматизированных и роботизированных технологических линий на базе микропроцессорных систем. У-1 - Отлаживать и диагностировать программное обеспечение микропроцессорных систем и микроконтроллеров на этапе создания и тестирования проекта П-1 - Владеть методами программирования и проектирования автоматизированных и

		роботизированных технологических линии по изготовлению изделий машиностроения
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной 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	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Проницаемость стенок ВС. Расчет газопроницаемости. Проводимость элементов ВС. Основные вакуумтехнические параметры течения газа. Проводимость отверстий и</p>

		<p>трубопроводов вакуумных систем в вязкостном, молекулярном и молекулярно-вязкостном режимах течения газа.</p> <p>Методика определения проводимости вакуумных систем сложной 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 быстроте действия насоса.</p>
<p>РЗ</p>	<p>Техника получения вакуума</p>	<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.</p> <p>Механические насосы объемного действия. Поршневые, вращательные – пластинчато-роторные, пластинчатостаторные, золотниковые вакуумные насосы. Быстрота откачки и предельное давление масляного вращательного насоса.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Предельное давление и быстрота откачки диффузионного насоса. Охлаждаемые ловушки, назначение, конструкции. Геттерные и геттерно-ионные насосы. Принцип действия, конструкции, азотиты, основные характеристики, применение.</p> <p>Магнитные электроразрядные насосы. Принцип действия, конструктивные схемы, особенности эксплуатации, применение.</p> <p>Криогенные насосы. Криоадсорбционные насосы. Физические основы криоадсорбционной откачки, характеристики цеолитов, конструкции насосов, применение. Криоконденсационные насосы. Физические основы криоконденсационной откачки, конструктивные схемы насосов, применение.</p>

<p>P4</p>	<p>Измерение полных и парциальных давлений</p>	<p>Классификация вакуумметров и их основные характеристики. Приборы абсолютного и косвенного действия. Чувствительность, диапазон измерения давлений, погрешность измерения.</p> <p>Гидростатические, компрессионные и деформационные вакуумметры. Принцип работы, диапазон измерения давлений, особенности конструкций, способы градуировки, применение.</p> <p>Тепловые вакуумметры. Принцип действия вакуумметров – сопротивления и термодинамических, 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 вакуумных системах, использующих деформационный, тепловой и ионизационный принципы. Радиоизотопные вакуумметры.</p> <p>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>
<p>P5</p>	<p>Течеискание</p>	<p>Герметичность вакуумных систем. 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>
<p>P6</p>	<p>Вакуумные системы и их расчет</p>	<p>Типовые вакуумные системы (ВС) оборудования электронной техники. Основные требования, предъявляемые к ВС. Правила выполнения схем ВС. Непрогреваемые вакуумные и прогреваемые высоковакуумные системы. Блоксхема алгоритма работы ВС с диффузионным насосом. ВС оборудования для нанесения тонких пленок. ВС карусельных и конвейерных машин. Централизованные форвакуумные системы.</p> <p>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,</p>

		<p>клапанов, натекаелей, золотников, противоаварийных устройств.</p> <p>Загрузочные устройства. Манипуляторы. Конструкционные материалы вакуумной техники. Основные требования, предъявляемые к ним. Металлы и сплавы. Неметаллические материалы.</p> <p>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</p> <p>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 безопасности. Удаляемые газы и материалы для вытяжных систем. Основные типы вытяжных устройств</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вакуумная техника

Электронные ресурсы (издания)

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

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

3. , Астайкин, , А. И.; Вакуумная микроволновая электроника. Физико-технические основы : учебное

пособие.; Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, Саров; 2012;
<http://www.iprbookshop.ru/60839.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Розанов, Л. Н.; Вакуумная техника : Учебник для вузов по спец. "Электрон. машиностроение".; Высш. шк., Москва; 1990 (43 экз.)
2. Евдокунин, Г. А., Тилер, Г.; Современная вакуумная коммутационная техника для сетей среднего напряжения (технические преимущества и эксплуатационные характеристики : [монография].; Издательство Сизова, Санкт-Петербург; 2002 (6 экз.)
3. Розанов, Л. Н.; Вакуумная техника : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электрон. машиностроение" направления подгот. "Электроника и микроэлектроника".; Высшая школа, Москва; 2007 (25 экз.)
4. Сушков, А. Д.; Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учеб. пособие для вузов.; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2004 (2 экз.)
5. Сушков, А. Д.; Вакуумная электроника. Физико-технические основы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров, магистров и дипломир. специалистов "Электроника и микроэлектроника".; Лань, СПб. ; Москва ; Краснодар; 2004 (2 экз.)
6. Калашников, Н. П.; Графические методы решения задач по молекулярно-кинетической теории и термодинамике идеальных газов : учеб. пособие для вузов.; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2011 (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 соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Система трехмерного твердотельного моделирования Компас-3D V8. Включает Компас-График V 8 Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Периферийное устройство	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<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>Система трехмерного твердотельного моделирования Компас-3D V8. Включает Компас-График V 8</p>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</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 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>