Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.05.2024 11:58:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ /А.С. Соколов /
«13» февраля 2024 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Вакуумная техника

Направление подготовки
**16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения**

Профиль
**Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения**

Квалификация
**бакалавр**

Формы обучения
**очная**

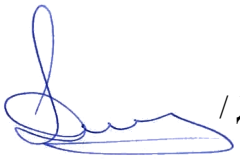
Москва, 2024 г.

**Разработчик(и):**

доцент каф. «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы,
к.т.н.


/М.А. Угольникова/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н.


/ Д.А. Некрасов /

# Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....4
3. Структура и содержание дисциплины....4
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость....4
3.2. Тематический план изучения дисциплины....6
3.3. Содержание дисциплины....7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....7
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....7
4.1. Нормативные документы и ГОСТы....7
4.2. Основная литература....7
4.3. Дополнительная литература....7
4.4. Электронные образовательные ресурсы....8
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....8
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....8
5. Материально-техническое обеспечение....8
6. Методические рекомендации....8
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....8
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....8
7. Фонд оценочных средств....9
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения....9
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения....9
7.3. Оценочные средства....9

# 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Вакуумная техника» следует отнести:

– научить студента пониманию физических основ вакуумной техники и практическому использованию методик расчета и проектирования различных вакуумных систем.

К основным задачам освоения дисциплины «Вакуумная техника» следует отнести:

– освоение методологии, анализа и выбора принципов и методов расчета и проектирования вакуумной техники, освоение методов и условий проведения подбора аппаратов, определение номенклатуры рассчитываемых параметров, порядка определения и обработки полученной информации при расчете и проектировании.

- подготовка высококвалифицированных специалистов в области криовакуумной техники

Обучение по дисциплине «Вакуумная техника» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-1. Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | ИОПК-1.1. Знает основы математики и физики<br><br>ИОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования |

# 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вакуумная техника» относится к элективным дисциплинам Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы бакалавриата по направлению 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

# 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Вакуумная техника» составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часа).

## 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

Дисциплина «Вакуумная техника»

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 6 | |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **72** | 72 | |
| | В том числе: | | | |
| 1.1 | Лекции | 36 | 36 | |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 36 | 36 | |
| 1.3 | Лабораторные занятия | | | |
| **2** | **Самостоятельная работа** | | | |
| | В том числе: | **72** | **72** | |
| 2.1 | Тестирование | | | |
| 2.2 | Проработка лекционного материала | 36 | 36 | |
| 2.3 | Подготовка к семинарам | 36 | 36 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | **экзамен** | экзамен | |
| | **Итого** | **144** | 144 | |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Всего** | **Аудиторная работа** | | | | **Самостоятельная работа** |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| 1.1 | Тема 1. История развития вакуумной техники | **8** | 2 | | | | 6 |
| 1.2 | Тема 2. Физика вакуума | **28** | 6 | 4 | | | 18 |
| 1.3 | Тема 3. Механические способы создания и поддержания вакуума | **50** | 14 | 14 | | | 22 |
| 1.4 | Тема 4. Физико-химические методы получения вакуума | **24** | 8 | 6 | | | 10 |
| 1.5 | Тема 5. Способы измерения в вакууме | **16** | 4 | 4 | | | 8 |
| 1.6 | Тема 6. Вакуумные системы | **18** | 2 | 8 | | | 8 |
| | **Итого** | **144** | **36** | **36** | | | **72** |

### 3.3 Содержание дисциплины

**Тема 1. История развития вакуумной техники**

Лекция 1. История развития вакуумной техники

**Тема 2. Физика вакуума**

Лекция 2. Физика вакуума

Лекция 3. Физика вакуума (часть 2)

Лекция 4. Физические процессы в вакууме

**Тема 3. Механические способы создания и поддержания вакуума**

Лекция 5. Способы получения и контроля вакуума

Лекция 6. Конструкция объемных насосов

Лекция 7. Конструкция объемных насосов (часть 2)

Лекция 8. Конструкция объемных насосов (часть 3)

Лекция 9. Молекулярная откачка

Лекция 10. Пароструйная откачка

Лекция 11. Пароструйная откачка (часть 2)

**Тема 4. Физико-химические методы получения вакуума**

Лекция 12. Физико-химические методы получения вакуума

Лекция 13. Криогенные вакуумные насосы

Лекция 14. Сорбционно–конденсационные и низкотемпературные диффузионные насосы

Лекция 15. Ионно-сорбционная откачка
**Тема 5. Способы измерения в вакууме**
Лекция 16. Измерение давлений
Лекция 17. Измерение газовых потоков
**Тема 6. Вакуумные системы**
Лекция 18. Вакуумные системы и их элементы

### 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

**Тема 2. Физика вакуума**
Семинар 1. Практическое занятие 1 «Элементы кинетической теории. Газовые законы»
Семинар 2 «Явления переноса»
**Тема 3. Механические способы создания и поддержания вакуума**
Семинар 3 «Расчет проводимости высоковакуумной системы»
Семинар 4 «Расчет времени предварительной откачки»
Семинар 5 «Проводимость сложного трубопровода»
Семинар 6 «Критерии определения границ режимов течения газа в трубопроводах»
Семинар 7 «Методика расчета откачной характеристики турбомолекулярного вакуумного насоса»
Семинар 8 «Методика расчета откачной характеристики турбомолекулярного вакуумного насоса Ч.2»
Семинар 9 «Методика расчета откачной характеристики турбомолекулярного вакуумного насоса Ч.3»
**Тема 4. Физико-химические методы получения вакуума**
Семинар 10 «Расчет криоконденсационного вакуумного насоса наливного типа»
Семинар 11 «Расчет криоконденсационного вакуумного насоса наливного типа Ч.2»
Семинар 12 «Расчет методом Монте»
**Тема 5. Способы измерения в вакууме**
Семинар 13 «U-образный манометр. Манометр Мак-Леода (компрессионный манометр)»
Практическое занятие 14 «Тепловые вакуумметры»
**Тема 6. Вакуумные системы**
Семинар 15 «Расчет вакуумных систем»
Семинар 16 «Расчет вакуумных систем Ч.2»
Семинар 17 «Составление схемы вакуумной установки»
Семинар 18 «Расчет основных периодов процесса откачки»

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 24393-80 «Техника холодильная. Термины и определения»

### 4.2 Основная литература

1. Ярмонов, А. Н. Основы вакуумной техники, технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2010. — 174 с. — ISBN 978-5-398-00487-8. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160774 (дата обращения: 29.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 4.3 Дополнительная литература

1. Маринюк Б.Т. Вакуумно-испарительные холодильные установки, теплообменники и газификаторы техники низких температур. - М.: Энергоатомиздат. 2003. 208 с.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭОР «Вакуумная техника»
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=2621

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

## 5. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов. Аудитории АВ2214 и АВ2209.

## 6. Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Вакуумная техника» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы,

публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

### 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, лабораторных занятиям и выполнение практических работ и лабораторных работ.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита реферата по предложенной теме

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

# 7. Фонд оценочных средств

## 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Вакуумная техника»

| Вид работы | Форма отчетности и текущего контроля |
|---|---|
| Тестирование | Оценка преподавателя «зачтено», если результат тестирования по шкале (приложение Б) составляет более 41 %. |

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

### 6.2.1. Шкала оценивания тестирования

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

| Оценка | Количество правильных ответов |
|---|---|
| отлично | от 81% до 100% |
| хорошо | от 61% до 80% |
| удовлетворительно | от 41% до 60% |
| неудовлетворительно | 40% и менее правильных ответов |

## 7.3 Оценочные средства

### 7.3.1. Текущий контроль

#### 7.3.1.1. Пример тестовых заданий:

1. то обычно называют вакуумом?
а. состояние газа при температуре ниже температуры окружающей среды
б. состояние газа при давлении и температуре соответствующему сублимации
в. протранство в котором отсутствует любое вещество
г. состояние газа при давлении ниже атмосферного

2. Как назыывается выделение сорбата из сорбента?
а. Десорбция
б. Абсорбция
в. Адсорбция
г. Сорбция

3. В каких насосах осуществляется пароструйная откачка?
а. Эжекторные
б. Диффузионные
в. Оба вида
г. Ни один из перечисленных

### 7.3.2. Промежуточная аттестация

#### 7.3.2.1. Вопросы к экзамену по дисциплине «Вакуумная техника»:

1. Жидкостно-кольцевые насосы основы конструкции и принцип действия
2. Ротационные вакуумные насосы основы конструкции и принцип действия
3. Пластинчато-статорный насос
4. Золотниковый насос
5. двухроторные насосы
6. Молекулярные насосы с одинаковым направлением движения газа и стенки
7. Молекулярные насосы с взаимно перпендикулярным движением рабочих поверхностей и потока откачиваемого газа
8. Эжекторный насос
9. Диффузионный насос
10. Криогенные ловушки
11. Ионная откачка
12. Испарительные насосы
13. Криогенные насосы

14. Ионно-сорбционные насосы
15. Гидростатические преобразователи
16. Тепловые преобразователи
17. Электронные преобразователи
18. Магнитные преобразователи
19. Радиоизотопные преобразователи
20. Газоанализаторы
21. Измерение газовых потоков
22. Метод двух манометров
23. Метод постоянного давления
24. Метод постоянного объёма
25. Методы течеискания
26. Герметичность вакуумных систем
27. Аппаратура для определения герметичности

**Образец экзаменационного билета**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

---

Факультет **ХТиБ** Кафедра **Техника низких температур**

Дисциплина **Вакуумная техника**

Направление **16.03.03**

Курс 4, группа **201-551,** форма обучения **очная**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.

1. Криогенные ловушки
2. Жидкостно-кольцевые насосы основы конструкции и принцип действия
3. Практическое задание.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Вакуумная техника».

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки. |
| Удовлетвори-тельно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. |
| Неудовлетвори-тельно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |