

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ



Зав. кафедрой ВТЭУ

А.В. Бурмистров

«11» января 2026 г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний в магистратуру

Направление 15.04.02 «Технологические машины и оборудование»
Программа подготовки: Проектирование и эксплуатация вакуумного
технологического оборудования

Институт химического и нефтяного машиностроения

Кафедра-разработчик программы:
Вакуумная техника электрофизических установок

Казань 2026 г.

**1. Вопросы программы вступительного экзамена
в магистратуру по направлению**

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

**Программа подготовки: Проектирование и эксплуатация вакуумного
технологического оборудования**

1. Уравнение Гюгонио и его анализ. Уравнение обращения воздействий. Движение газа в трубе
2. Течение в суживающихся и расширяющихся каналах. Основные характеристики сопла Лавала и трубки Вентури.
3. Проводимость элемента вакуумной системы. Проводимость последовательно и параллельно соединенных элементов.
4. Понятия – вакуумная установка, вакуумная система, система вакуумирования. Основное уравнение вакуумной техники.
5. Газовыделение и газопроницаемость материалов.
6. Виды сорбции. Физическая сорбция. Хемосорбция. Промышленные адсорбенты.
7. Теплота сорбции. Поверхность пористого адсорбента. Изотермы адсорбции на идеальной поверхности.
8. Молекулярно-ситовое действие цеолитов.
9. Основные принципы выбора материалов вакуумных систем. Основные требования к материалам, используемым в вакуумной технике.
10. Индикаторная диаграмма. Виды и назначение. Понятие идеального компрессора (ИК). Отличия действительного компрессора (ДК) от ИК. Отличия индикаторной диаграммы ИК и действительного компрессора.
11. Устройство и работа поршневого вакуумного насоса. Изменение числа ступеней и порядок их работы. Расчет объема всасывания.
12. Особенности насоса типа НВМ. Безмасляность. Требования к материалам мембран. Откачные параметры. Расчетные формулы.
13. Деформационные вакуумметры. Принцип действия и классификация. Гидростатические вакуумметры. Принцип действия и уравнение измерения давления.
14. Ионизационные вакуумметры с внутренним и внешним коллектором. Верхний и нижний пределы измерения давления электронно-ионизационных вакуумметров.
15. Магнитные электроразрядные вакуумметры. Принцип действия
16. Компрессионный вакуумметр. Принцип действия.
17. Тепловые вакуумметры. Принцип действия, типы.
18. Типы и основные характеристики масс-спектрометров. Эксплуатационные требования, предъявляемые к масс-спектрометрам.
19. Принцип действия и конструкции датчиков контроля толщины покрытий по массе (весовой датчик, кварцевый резонатор, вибрационный датчик).
20. Резистивный метод контроля толщины покрытий в вакууме. Применение, преимущества и недостатки.
21. Откачка паров воды вакуумными насосами с масляным уплотнением. Газобалластное устройство, принцип его работы.
22. Принцип действия и устройство пластинчато-статорного насоса. Быстрота действия. Область рабочих давлений.
23. Принцип действия и устройство пластинчато-роторного насоса. Быстрота действия. Область рабочих давлений.
24. Принцип действия и устройство двухроторного насоса. Быстрота действия. Область рабочих давлений.

25. Принцип действия и устройство золотникового насоса. Быстрота действия. Область рабочих давлений.
26. Принцип действия и устройство водокольцевого насоса. Быстрота действия. Область рабочих давлений.
27. Бустерные вакуумные насосы. Конструкция вакуумных насосов. Рабочие жидкости, используемые в бустерных насосах. Эксплуатация и назначение.
28. Диффузионные вакуумные насосы. Конструкция вакуумных насосов. Характеристики диффузионных насосов. Рабочие жидкости для диффузионных насосов. Преимущества и недостатки. Миграция паров рабочей жидкости из диффузионных насосов, улавливающие устройства.
29. Адсорбционные вакуумные насосы. Межмолекулярные силы взаимодействия между адсорбентом и газом. Механизм откачки газа различными адсорбентами.
30. Классификация выпарных аппаратов. Простое и многократное выпаривание. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки.
31. Термоэлектронные катоды. Конструктивные особенности и основные параметры катодов.
32. Разряды в вакууме, их классификация. Необходимые условия развития разряда. Зависимость типов разрядов от плотности тока и давления. Виды вольт - амперной характеристики газового разряда.
33. Тлеющий разряд. Характерные признаки, составные части тлеющего разряда. Внешний вид тлеющего разряда. Переход из тлеющего разряда в дуговой.
34. Дуговые разряды. Классификация дугового разряда.
35. Пластинчато-роторные вакуумные насосы. Правила эксплуатации и возможные неисправности. Устранение неисправностей. Запуск и останов согласно руководству по эксплуатации. Работа в аварийных ситуациях.
36. Диффузионные насосы. Правила эксплуатации и возможные неисправности. Устранение неисправностей. Запуск и останов согласно руководству по эксплуатации. Работа в аварийных ситуациях.
37. Двухроторные насосы. Правила эксплуатации и возможные неисправности. Устранение неисправностей. Запуск и останов согласно руководству по эксплуатации. Работа в аварийных ситуациях.
38. Вакуумные системы на базе диффузионных насосов. Правила эксплуатации вакуумных систем. Возможные неисправности. Работа в аварийных ситуациях.
39. Вакуумные системы на базе турбомолекулярных насосов. Правила эксплуатации вакуумных систем. Возможные неисправности. Работа в аварийных ситуациях.
40. Вакуумные системы на базе адсорбционных насосов. Правила эксплуатации вакуумных систем. Возможные неисправности. Работа в аварийных ситуациях.

**2. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы
вступительного экзамена в магистратуру по направлению**

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

**Программа подготовки: Проектирование и эксплуатация вакуумного
технологического оборудования**

а) Основная литература

1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. М., Высш. шк., 2007.- 392 с.
2. Основы научных исследований / Б.И. Герасимов, В.В. Дробышева, Н.В. Злобина, Е.В. Нижегородов, Г.И. Терехова. – М.: ФОРУМ, 2013. – 272 с.
3. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч.1. Инженерно-физические основы: учебное пособие / М.Х. Хаблянян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 232с.
4. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 2 ч. Ч.2. Вакуумные насосы / М.Х. Хаблянян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. — Казань: Изд-во КНИТУ, 2016.— 300 с.: ил.
5. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие / В.М. Маслова, И.В. Кохова, В.Г. Ляшко; под редакцией В.М. Масловой – 3 изд., перераб. и доп. – М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА. – М, 2015. – 240 с.
6. Монтаж и эксплуатация вакуумного оборудования: учебное пособие /М.Г. Фомина; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. – 196 с.
7. Кулачково-зубчатые вакуумные насосы: учебное пособие /А.А. Райков, С.И. Саликеев, А.В. Бурмистров; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2019. – 80с.
8. Двухроторные вакуумные насосы типа Рутс: учебное пособие/ А.А. Райков, С.И. Саликеев, А.В. Бурмистров, А.А. Исаев; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2021. – 84с.
9. Процессы газовой выделенности и проницаемости материалов вакуумных систем: учебное пособие/Д.В. Косенков, В.А. Аляев; ; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2021. – 84с.

б) дополнительная литература:

1. Каталог вакуумного оборудования/ АО «Вакууммаш». - Казань, 2014.
2. Бурмистров А.В. Бесконтактные вакуумные насосы: учеб. пособие / А.В. Бурмистров; Казан. гос. технол. ун-т.— Казань, 2010.— 102 с.
3. Панфилович К.Б. Теоретические основы вакуумной техники: учебное пособие/ К.Б. Панфилович, П.И. Бударин, А. Х. Садыков. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та; Казань, 2009. 150 с.

4. 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.
5. Лашинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Справочники]: справочник / под ред. Н.Н. Логинова. — 4-е изд., стереотип. — М.: Арис, 2010.— 752с.: ил., табл.
6. Бесконтактные безмасляные вакуумные насосы: практикум /А.А. Райков, С.И. Саликеев, А.В. Бурмистров; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2021. – 148с.
7. Насосы и компрессоры: практикум/ Д.И. Сагдеев, Д.В. Косенков. М.Г. Фомина, В.А. Аляев; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2022. – 148с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»: Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС IPR Smart: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
6. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>