



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

Утверждаю

И.о. зав. кафедрой ВТЭУ

Бурмистров А.В.

**Программа вступительного испытания по программе подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по специальности 2.5.10 «Гидравлические машины, вакуумная,
компрессорная техника, гидро– и пневмосистемы»**

Казань, 2025

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

1. Вопросы вступительного испытания

1. Вакуум. Степени вакуума. Основная терминология в вакуумной технике.
2. Понятие о вакуумной системе. Поток газа. Проводимость. Быстрота откачки и быстрота действия.
3. Функция распределения молекул по скоростям. Уравнение Больцмана.
4. Свойства молекулярного переноса в разреженных газах.
5. Расчет проводимости элементов вакуумных систем методом пробной частицы.
6. Проводимость элементов вакуумных систем. Влияние давления.
7. Сорбция газов и паров. Мономолекулярная адсорбция. Изотермы адсорбции.
8. Полимолекулярная адсорбция. Изотермы адсорбции.
9. Газовыделение материалов в вакууме.
10. Проницаемость вакуумных материалов.
11. Поршневые вакуумные насосы.
12. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы.
13. Двухроторные вакуумные насосы.
14. Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением.
15. Турбомолекулярные вакуумные насосы.
16. Пароэжекторные вакуумные насосы.
17. Бустерные и диффузионные вакуумные насосы.
18. Криоконденсационные и криоадсорбционные вакуумные насосы.
19. Сравнение масс-спектрометрического и десорбционного методов анализа состава остаточного газа.
20. Порядок работы вакуумной системы с диффузионным насосом.

21. Материалы, применяемые в вакуумной технике в качестве уплотняющих элементов. Основные требования и условия применения.
22. Основные принципы выбора материалов вакуумных систем.
23. Камеры имитаторы космического пространства. Требования к конструкции и конструкционным материалам.
24. Элементы соединений вакуумных трубопроводов. Основные требования. Классификация, области использования.
25. Неразборные соединения элементов вакуумных систем. Сварка и пайка. Процесс формирования соединения, виды и область применения.
26. Фланцевые соединения трубопроводов. Различные схемы выполнения в зависимости от условий применения.
27. Диффузионная вакуумная сварка. Основные параметры, определяющие качество сварки.
28. Характеристика методов нанесения пленок в вакууме. Схемы и классификация.
29. Электронный и ультразвуковой методы очистки подложек. Преимущества и недостатки.
30. Электронный метод испарения. Принципиальная схема, преимущества и недостатки.
31. Метод катодного (диодного) распыления. Достоинства и недостатки.
32. Метод магнетронного распыления. Достоинства и недостатки.
33. Назначение, исполнение и область применения вакуумной арматуры.
34. Устройство, основные технические характеристики, условия работы вакуумных клапанов различного вида.
35. Измерения давления тепловыми вакуумметрами. Верхний и нижний пределы измерения.
36. Ионизационные вакуумметры с плоскими и стержневыми электродами.
37. Деформационные манометры: принцип действия, их классификация. Трубчатые манометры.

38. Компрессионные вакуумметры: принцип действия. Преимущества и недостатки. Диапазон измерения давления.
39. Градуировка преобразователей: метод переменной проводимости.
40. Определить место течи в вакуумной камере объемом (методы и средства испытаний, последовательность проведения испытаний, схема стенда испытаний).
41. Способы масс-спектрометрического метода контроля герметичности.
42. Поршневые компрессоры. Идеальный и действительный объемные компрессоры.
43. Коэффициент подачи компрессора. Метод определения производительности.
44. Способы изменения производительности поршневых компрессоров.
45. Роторные компрессоры. Особенности рабочих циклов и процессов в различных типах роторных компрессоров.
46. Особенности расчета роторных вакуум-компрессоров.
47. Турбокомпрессоры. Рабочие процессы в ступени центробежных компрессоров и нагнетателей.
48. Процесс сжатия в многоступенчатых центробежных машинах.
49. Схемы стендов для проведения газодинамических испытаний различных типов компрессоров. Требования, предъявляемые к ним.
50. Экспериментальные способы и стенды для снятия индикаторных диаграмм компрессоров объемного принципа действия.
51. Схема стендов для экспериментального исследования отдельных элементов и ступеней проточной части турбокомпрессоров.
52. Стенды для термометрирования элементов компрессоров.
53. Стенды для определения средних и мгновенных усилий, а также крутящих моментов, действующих на подвижные элементы роторов.
54. Силы, действующие на жидкость. Давление. Единицы и системы измерения давления.
55. Основные свойства и параметры капельных жидкостей.

56. Вывод основного уравнения гидростатики. Способы измерения давления.
57. Основные гидродинамические понятия. Уравнение расходов.
58. Вывод уравнения Бернулли для струйки идеальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл уравнения и его членов.
59. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Общие сведения о гидравлических потерях.
60. Режимы течения жидкости. Кавитация. Основы гидродинамического подобия.
63. Ламинарное течение. Вывод закона распределения скоростей и формулы определения потерь напора в круглых трубах.
64. Турбулентное течение. Определение потерь напора при турбулентном течении в гладких и шероховатых трубах.
65. Местные гидравлические сопротивления. Теорема Борда. Определение потерь напора на местных сопротивлениях при ламинарном режиме течения.
66. Потери напора при внезапном расширении и внезапном сужении. Теорема Борда.
67. Гидравлический расчет простых трубопроводов. Характеристики потребного напора. Характеристики трубопровода.
68. Объемные гидроприводы: назначение, принцип действия; элементы входящие в гидропривод; основные параметры гидроприводов.
69. Гидроаппараты: дроссели, клапаны, распределители. Принцип действия, схема, обозначения по ЕСКД.
70. Способы регулирования скорости в гидроприводах.
71. Дроссельные способы регулирования с параллельным и последовательным включением дросселя. Схемы, уравнение движения, характеристики.
72. Гидроприводы с машинным (объемным) регулированием. Схема, уравнение движения, характеристики.
73. Следящие гидроприводы. Принцип действия, схема.

2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

2.1. Литература

1. 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.
2. Хабляян М.Х., Саксаганский Г.Л., Бурмистров А.В. , Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч.1. Инженерно-физические основы. / КНИТУ. 2013, с.216
3. Хабляян М.Х., Саксаганский Г.Л., Бурмистров А.В. и др., Вакуумная техника . Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч.2 Вакуумные насосы / КНИТУ. 2016, с.300
4. Механические вакуумные насосы / Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В. И. Васильев и др. – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с.
5. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. М., Высш. шк., 2008. 207 с.
6. Прямые и обратные потоки в бесконтактных вакуумных насосах: монография / А.В. Бурмистров, С.И. Саликеев, М.Д. Бронштейн. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. -232 с.
7. Техника измерения вакуума/ Аляев В.А., Кузьмин В.В. Казан.гос.технол.ун-т, Ка-зань, 2007.- 374 с.
8. Пластинин, П. И. Поршневые компрессоры. Теория и расчет / П. И. Пластинин. – М.: Колос, 2000. – 455с.
9. Нестеров, С. Б. Расчет сложных вакуумных систем / С. Б. Нестеров, Ю. К. Васильев, А. В. Андросов. – М. : МЭИ, 2001. – 180 с..
10. Иванов В.И. Безмасляные вакуумные насосы. Л.: Машиностроение, 1980, 160с.
11. Автономова И.В. Компрессорные станции и установки. Ч.3. Масла и системы смазки компрессоров. Водоснабжение / И.В. Автономова. – М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012 . – 76 с.
12. Палладий А.В. Газовая динамика в турбокомпрессорах : учеб. пособие / А.В. Палладий; Казан. гос. тех-нол. ун-т .– Казань, 2010.– 90 с.

13. Хисамеев, И. Г. Двухроторные винтовые и прямозубые компрессоры / И. Г. Хисамеев, В. А. Максимов. – Казань: ФЭН, 2000. – 637с.
14. Вакуумная техника: справочник / Е.С. Фролов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. 360 с.
15. Безмасляные механические форвакуумные насосы / Цейтлин А.Б., Гинденбург И.Ю. – М., 1990.-27 с.
16. Саун, И. А. Винтовые компрессоры / И. А. Саун. - М.: Машгиз, 1960. - 359 с.
17. Кузьмин В.В. и др. Вакуумметрическая аппаратура техники высокого вакуума и течеискания/ В.В.Кузьмин, Л.Е.Левина, И.В.Творогов. М.:1984. 240 с.
18. Глинкин В.А., Садыков А.Х., Мухамедзянов Г.Х. Вакуумные измерения. Ме-тодические указания. - Казань, 1996. - 48 с
19. Бесконтактные вакуумные насосы: учебное пособие / А.В. Бурмистров, С.И.Саликеев; Федер. Агенство по образованию. Казан. гос. технол ун-т. – Казань: КГТУ, 2010. – 104 с.
20. Вакуумная техника. Библиография. Терминология. Транслитерация. Даты. С.Б. Нестеров, Е.В. Беляева. М: НОВЕЛЛА. 2014.-146 с.
21. А.А. Райков, С.И. Саликеев, А.В. Бурмистров, Спиральные вакуумные насосы / КНИТУ-КХТИ. 2018, с.220
22. Райков А.А., Саликеев С.И., Бурмистров А.В. , Рабочий процесс безмасляного кулачково-зубчатого вакуумного насоса / КНИТУ. 2012, с.171
23. ГОСТ 25663-83 Оборудование вакуумное. Насосы вакуумные механические. Методы испытаний.
24. ОСТ 26-04-2140-86 Насосы и агрегаты вакуумные механические. Виды испы-таний. Номенклатура проверяемых параметров. Методы испытаний.
25. ГОСТ 5197-85 Вакуумная техника. Термины и определения.
26. Роторные вакуумные насосы. Методические указания к лабораторным рабо-там / Сост. А.В. Бурмистров; Казан. гос. технол ун-т. - Казань, 2007. - 61с.

27. Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Под ред. Беленкова Ю.А. Гидравлические и пневматические системы. 6-ое издание. Учебник. – М.: изд. “Академия”, 2. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Под ред. Шейпака А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Учебник, Ч.2 – Гидравлические машины и гидропневмопривод. 4-ое издание. – М.: МГИУ, 2007 – 352с.
28. Фатеев И.В. Под ред. Михайлина А.А. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Учебное пособие. – М.: изд. РАГС, 2009 – 82с.
29. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Учебник. М.: Машиностроение, 1982. 423 с.

2.2. Программное обеспечение и Интерне-ресурсы

Современные профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий) и информационные справочные системы:

1. Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования eLIBRARY.RU: www.elibrary.ru
2. Реферативная база данных журналов и конференций Web of Science: apps.webofknowledge.com
3. Издательство «Springer»: www.springer.com, www.link.springer.com
4. Единая база данных Scopus: www.scopus.com
5. Научная электронная библиотека КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru>

Рекомендуется использовать лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение:

- Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian
- Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian
- Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standart
- Архиватор 7 Zip
- Блокнот Notepad
- Яндекс Браузер

2.3. Критерии оценки

Оценка знаний проводится в форме устного/письменного ответа на вопросы экзаменационной комиссии. Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по стобалльной системе.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – «60».

Билет вступительного испытания включает два вопроса. Каждый из вопросов билета оценивается баллами от 0 до 50 в соответствии с таблицей.

Критерии	Баллы
Ответ полный, логичный, конкретный, продемонстрированы полные знания	50-41
Ответ полный, с незначительными замечаниями и ошибками	40-31
Ответ неполный, существенные замечания, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях	30-21
Неполный ответ, наличие ошибок и пробелов в знаниях	20-11
Ответ на поставленный вопрос не дан или несодержателен	10-0