Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ковровский государственный технологический университет
имени В.А. Дегтярева»

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по Н и ИД
Белогусев В.Н.
«_04_» мая 2026 г.

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

для поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.5.10 «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы»

Ковров, 2026

Программу составили:

Даршт Я.А., д.т.н., профессор _____ (подпись)

Косорукова О.В., к.т.н., доцент _____ (подпись)

Кузнецов Н.А., к.т.н., доцент _____ (подпись)

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Гидропневмоавтоматика и гидропривод»

Протокол № 5 от «22» апреля 2026 г.

Заведующий кафедрой «Гидропневмоавтоматика и гидропривод» КГТУ им. В.А. Дегтярева

Кузнецов Н.А. _____ (подпись)

Программа одобрена учебно-методической комиссией Механико-технологического факультета КГТУ им. В.А. Дегтярева

Протокол № 6 от « 27 » апреля 2026 г.

Декан Механико-технологического факультета КГТУ им. В.А. Дегтярева

Грачева И.В. _____ (подпись)

1. ОРГАНИЗАЦИОННО МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ВСТУПИТЕЛЬНОГО АТТЕСТАЦИОННОГО ИСПЫТАНИЯ

Программа составлена на основе Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и предназначена для подготовки к вступительному испытанию по научной специальности 2.5.10 Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы.

Цель испытания – определить уровень готовности поступающего к освоению программы аспирантуры, оценить его знания в области вакуумной и компрессорной техники, гидравлических машин, а также гидро- и пневмосистемы.

1) **Уровень поступающего.**

Лица, имеющие диплом магистра или специалиста.

2) **Форма проведения испытания**.

Очная (устный экзамен).

3) **Порядок и регламент проведения испытания.**

Экзамен проводится по экзаменационным билетам. Билет содержит два теоретических вопроса из разделов программы.

Время подготовки к ответу составляет 45 минут (1 академический час) с момента получения билета.

Процедура проведения:

- Поступающий предъявляет экзаменационной комиссии паспорт и экзаменационный лист.
- Вытягивает билет, оглашает его номер и приступает к подготовке письменных тезисов ответа на специальном бланке (черновике).
- Запрещается использование средств мобильной связи, наушников, планшетов и любых иных электронных устройств хранения и передачи информации.
- По истечении времени, отведенного на подготовку (45 минут), или досрочно, поступающий сдает выполненную письменную работу секретарю экзаменационной комиссии.
- Члены комиссии проверяют письменные работы и по результатам проверки выставляют итоговую оценку.

4) Критерии качества и полноты ответов.

Оценка ответа поступающего производится по 100-балльной шкале. При оценке учитываются полнота и глубина ответа, понимание физической сущности явлений, владение математическим аппаратом и способность к научной коммуникации.

Критерии оценки:

- 80-100 баллов («Отлично»): выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.
- 60-79 баллов («Хорошо»): выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.
- 40-59 баллов («Удовлетворительно»): выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.
- Менее 40 баллов («Неудовлетворительно»): выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

Минимальная сумма баллов – **40 баллов.**

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Для поступления в аспирантуру поступающий должен иметь знания по следующим дидактическим единицам:

РАЗДЕЛ 1. Механика жидкости и газа

Основные физические свойства жидкости и газа. Понятие о массовых и поверхностных силах, баланс сил. Дифференциальное уравнение гидростатики. Основные понятия кинематики; идеальная и вязкая жидкость, установившееся и неустановившееся движение, линия тока, трубка тока, потенциальное и вихревое движение жидкости. Определение расхода, интенсивности вихревой трубки и циркуляции скорости. Теорема Стокса. Основные уравнения гидродинамики: уравнение неразрывности, уравнение движения идеальной жидкости Эйлера. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и «целого» потока (для случая идеальной и реальной жидкости, установившегося и неустановившегося движения). Закон трения Ньютона. Распределение скоростей по сечению трубы при ламинарном и турбулентном движении жидкости. Вычисление потерь давления по длине трубы. Коэффициент трения и его связь с числом Рейнольдса. Местные сопротивления. Внезапное расширение потока (теорема Борда). Истечение из отверстий и насадков. Уравнений Навье-Стокса движения вязкой жидкости. Применение законов количества движения и момента количества движения к жидкости. Основы теории подобия и моделирования гидродинамических процессов. Основные критерии динамического подобия. Основы теории пограничного слоя, его характеристики.

РАЗДЕЛ 2. Лопастные гидравлические машины и гидродинамические передачи

Различные виды лопастных гидромашин, их назначение. Основные параметры лопастных гидромашин, Классификация лопастных гидромашин по принципу действия, Основные конструктивные схемы гидротурбин, насосов и насос-турбин. Элементы проточной части лопастных гидромашин (центробежного насоса, реактивной гидротурбины, насос-турбины, гидромуфты и гидротрасформатора), их назначение. Понятие о рабочем и теоретическом напоре, гидравлическом КПД гидротурбины и насоса. Виды потерь энергии лопастных гидромашин, их общий КПД. Основные условия подобия в лопастных гидромашинах. Связь между основными параметрами подобных гидромашин. Приведенные величины, коэффициент быстроходности, Классификация лопастных гидромашин по быстроходности и области их применения. Физическая сущность кавитации, ее последствия. Высота всасывания насоса и гидротурбины. Меры защиты от кавитации. Уравнение Эйлера лопастной гидромашины (для насоса и гидротурбины). Рабочие и универсальные

характеристики гидротурбины, насоса и насос-турбины. Способы регулирования лопастных гидромашин. Моментные характеристики лопастных гидромашин. Совместная работа насоса и сети. Классификация гидродинамических передач. Основы рабочего процесса, баланс моментов, баланс напоров. Виды потерь; внешняя, универсальная и тяговая характеристики гидромуфты. Типы гидротрансформаторов, конструктивные схемы.

РАЗДЕЛ 3.Объемные гидравлические машины и гидропередачи

Поршневые и роторные гидромашины. Их устройство, особенности рабочего процесса, параметры, статические характеристики, кинематика механизмов вытеснения рабочей жидкости. Конструкции распределителей рабочей жидкости Зубчатые и винтовые гидромашины. Основные кинематические соотношения. Теоретическое и экспериментальное определение потерь и КПД. Рабочие жидкости для систем объемного гидропривода. Фильтры. Их классификация по принципу действия. Объемный гидравлический привод. Принципиальные схемы. Гидравлический привод с дроссельные регулированием. Варианты подключения регулируемых дросселей, уравнения статических характеристик, Электрогидравлический следящий привод. Математическая модель привода с ЭГУ и электрической главной обратной связью. Линеаризация модели.

РАЗДЕЛ 4. Пневматический привод и средства автоматизации

Особенности пневматического привода. Пневматические источники энергии, типы, устройство, принцип действия. Классификация. Основные параметры и характеристики. Пневматические исполнительные устройства поступательного и вращательного движений, разновидности, особенности, основные характеристики. Пневматические двигатели, особенности выбора и их расчета. Следящие пневматические приводы, основные характеристики и особенности работы. Струйные элементы пневматических систем малых давлений, устройство, разновидности, принцип действия, основные характеристики. Струйный усилитель, назначение и область применения. Реализация логических функций на струйных элементах.

РАЗДЕЛ 5. Общетеоретические основы расчёта и исследования машин и агрегатов вакуумной и компрессорной техники

Основные термодинамические процессы, происходящие в машинах вакуумной и компрессорной техники. Основные уравнения течений несжимаемых и сжимаемых сред. Методы расчёта при переменной массе газа. Установившееся и неустановившееся течение газа в трубопроводах. Методы расчёта проточных элементов пневматических и вакуумных систем. Типы щелей в напорных и вакуумных машинах. Классификация протечек по их

влиянию на объёмные и энергетические характеристики. Методы расчёта протечек через щели при ламинарном и турбулентном режимах течения газа при наличии смазки. Расчёт компрессорных, вакуумных машин и пневмоагрегатов при нестационарности движения газа и колебаниях в трубопроводах. Особенности различных условий массобмена в пневматических и вакуумных системах. Методы расчёта многоступенчатых вакуумных и компрессорных установок. Основные характеристики. Расчёт оптимальных параметров и компоновки многоступенчатой вакуумной установки. Основные параметры вакуумных систем. Особенности конструкций систем низкого, среднего, высокого и сверхвысокого вакуума. Основные элементы вакуумных систем. Динамика элементов пневматических и вакуумных систем. Методы совершенствования и оптимизации, критерии оценки. Минимизация и согласование силовых характеристик элементов систем. Вопросы надёжности, прочности и долговечности элементов. Методы экспериментального исследования элементов систем вакуумной и компрессорной техники. Расчёт погрешности измерений. Измерение основных газодинамических параметров. Автоматизация вакуумных и пневматических установок. Вопросы регулирования объёмных и лопаточных машин. Системы автоматической защиты и блокировки пневмосистем с различными типами компрессорных и вакуумных машин. Основы математического моделирования элементов систем вакуумной и компрессорной техники. Основные этапы разработки модели.

РАЗДЕЛ 6. Вакуумная техника

Физика вакуума. Критерии, определяющие разрежение газа. Уравнение Больцмана. Закон Максвелла распределения молекул газа по тепловым скоростям. Средняя длина свободного пути молекул, влияние на неё различных факторов. Уравнение переноса в вакууме. Вязкость, теплопроводность, диффузия. Взаимодействие частиц с поверхности твёрдых тел. Коэффициент аккомодации. Термомолекулярное течение газов. Физическая и химическая адсорбция газов Газопроницаемость. Растворимость газов в твёрдых телах. Десорбция. Газовыделение вакуумных материалов. Основные факторы, влияющие на процесс. Получение вакуума. Объёмные насосы. Классификация и области применения. Конструктивные схемы поршневых, роторных, ротационно-пластинчатых, жидкостнокольцевых, пластинчато-статорных и плунжерных вакуум-насосов с масляным уплотнением. Определение коэффициента откачки и его составляющих. Влияние различных факторов на объёмные характеристики насосов. Расчёт теоретических индикаторных диаграмм и максимальной индикаторной мощности. Действительные характеристики. Основы математического моделирования процессов в объёмных насосах. Конструктивные схемы турбомолекулярных вакуум-насосов. Пароструйные вакуумнасосы. Особенности механизма откачки в эжекторных, бустерных и диффузионных насосах. Адсорбционный

насосы. Криоконденсационные вакуумные насосы. Магнитноразрядные вакуум-насосы. Гетеро-ионные вакуум-насосы. Работа, затрачиваемая при откачке, КПД установки. Расчёт теоретической индикаторной работы откачки. Методы измерения вакуума. Классификация вакуумных манометров для измерения давления газа. Принцип их действия. Расчёт градуировочной кривой теплоэлектрических манометрических преобразователей. Определение постоянной ионизационного манометра. Классификация приборов для определения негерметичности, принцип их действия, область применения. Сравнительная характеристика различных течеискателей. Рекомендации по выбору метода определения течей и натеканий. Испытание откачных устройств и элементов вакуум-систем в замкнутом контуре.

РАЗДЕЛ 7. Компрессорная техника

Поршневые компрессоры. Идеальный и действительный объёмные компрессоры. Влияние мёртвого пространства, потерь давления, теплообмена, несовершенства изготовления и износа компрессора на объемные потери. Коэффициент подачи компрессора. Метод определения производительности. Индикаторная диаграмма действительного одноступенчатого компрессора. Индикаторная мощность. Мощность трения. Особенности газодинамических и термодинамических явлений в объёмных компрессорах. Процессы теплообмена в объёмных компрессорах. Теоретический многоступенчатый компрессор. Действительный многоступенчатый компрессор. Работа, затраченная в компрессоре для сжатия реального газа. Объёмный коэффициент и мощность компрессора, сжимающего реальный газ. Уравновешивание инерционных сил в компрессорах. Способы изменения производительности поршневых компрессоров. Особенности рабочих процессов при регулировании производительности многоступенчатых компрессоров. Особенности изменения производительности компрессоров. Природа пульсирующих потоков в трубопроводах поршневых компрессоров. Волновые и инерционные явления. Способы гашения пульсации давления. Расчёт ресиверов-успокоителей.

Роторные компрессоры. Особенности рабочих циклов и процессов различных типов роторных компрессоров. Теоретические и расчётные индикаторные диаграммы. Действительные индикаторные диаграммы различных типов роторных компрессоров. Особенности определения энергетических характеристик. Особенности расчёта роторных вакуум-компрессоров. Теоретическое профилирование роторов и корпусов роторных компрессоров. Особенности работы роторных вакуум компрессоров при откачке паров жидкостей. Рабочий процесс и гидродинамика течения жидкости в жидкостно-кольцевом компрессоре и вакуум-насосе. Определение формы жидкостного кольца. Современные методы повышения эффективности роторных компрессоров и вакуумнасосов различных

типов. Турбокомпрессоры. Рабочие процессы в ступени центробежных компрессоров и нагнетателей. Основные уравнения газовой динамики для ступени центробежного компрессора. Анализ основных коэффициентов и параметров ступени. Потери в ступени. КПД ступени и элементов ступени. Особенности процесса сжатия в многоступенчатых центробежных машинах. Характеристики многоступенчатых центробежных компрессорных машин. Теплообмен турбокомпрессоре. Методы расчёта центробежных компрессорных машин. Методы расчёта центробежных вентиляторов. Характеристики вентиляторов. Газодинамические основы теории осевого компрессора. Основные газодинамические уравнения движения газа в компрессоре. Безразмерные параметры: коэффициент напора, коэффициент расхода. Течение газа в плоских решетках. Основные параметры, КПД решётки, обтекание профиля, силы, действующие на профиль. Основное аэродинамическое уравнение для расчёта элементарной ступени. Ступень осевого компрессора. Принципы профилирования ступени (по закону постоянства циркуляции, степени реакции и с переменным напором по радиусу). Влияние различных факторов (сжимаемости, числа Маха, вязкости, числа Рейнольдса) на КПД и напор ступени. Сверхзвуковые ступени. Многоступенчатые осевые компрессоры. Типы проточной части компрессора. Распределение КПД, степени реактивности напора и осевых скоростей по ступеням. Методы расчёта осевых компрессоров. Характеристики осевого компрессора. Физические основы и методы построения и расчёта характеристик компрессора. Регулирование осевых компрессоров. Работа осевого компрессора в режиме вакуум-насоса. Теоретические исследования возможности работы осевого компрессора в режиме низкого вакуума. Теоретические и экспериментальные исследования работы осевого компрессора в режиме глубокого вакуума. Вихревые компрессоры и вакуум-насосы. Теория и расчёт рабочего процесса вихревых машин. Компрессорные станции. Основные уравнения для расчёта оптимальных параметров компрессорных станций. Расчёт параметров и выбор компрессорного оборудования. Основные методы расчёта вспомогательного оборудования компрессорных станций.

РАЗДЕЛ 8. Пневмоагрегаты вакуумной и компрессорной техники

Основные закономерности статического и динамического расчета движения элементов конструкций пневмоагрегатов. Особенности течения газа через различные виды сопротивлений в пневмоагрегатах. Анализ влияния различных видов трения на рабочие характеристики пневмо агрегатов и исполнительных устройств. Методы конструирования пневмоагрегатов. Критерии оценки. Исполнительные устройства вакуумных и пневматических систем. Регулирующие и перекрывающие исполнительные устройства. Пневмоинструмент. Методы конструирования, расчёта, испытания и оценки совершенства

исполнительных устройств. Особенности статического и динамического расчёта пневматических исполнительных устройств. Методы конструирования, расчёта и испытания уплотнений исполнительных устройств. Приводы поступательного и вращательного движения. Пневматические приводы. Методы конструирования, расчёта и испытания. Основные элементы пневмоавтоматики. Элементы непрерывного и дискретного действия. Усилительные, преобразующие и логические элементы пневмоавтоматики. Методы конструирования, расчёта и испытания элементов пневмоавтоматики. Основные методы расчёта и конструирования пневматических систем. Испытания пневмоагрегатов. Основные типы испытания пневмоагрегатов. Статические и динамические измерения параметров пневмоагрегатов. Методы измерение газодинамических, термодинамических, тепловых и механических параметров пневмоагрегатов. Основные типы датчиков для замера параметров пневмоагрегатов. Параметры датчиков. Чувствительность и инерционность датчиков.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

3.1. Основная литература

3.1.1. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Профессия, 2004. - 752 с. - (Учебное издание).

3.1.2. Следящие приводы. В 3-х т. Т.1: Теория и проектирование следящих приводов / Под ред. Б.К. Чемоданова. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Изд-во МГТУ, 1999. - 904 с.

3.1.3. Артёмов, В.В. Гидравлический следящий привод: учебное пособие. / В.В. Артёмов, С.А. Воронов, В.К. Кутузов. – Ковров: ФГБОУ ВО «КГТА имени В.А. Дегтярева», 2016 – 148 с.

3.1.4. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учебник для вузов (УМО) / Г.Г. Соколовский. - 2-е изд., испр. - М.: Академия, 2007. - 272 с.

3.1.5. Наземцев, А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбалченко. - М.: Форум, 2007. - 304с

3.1.6. Машиностроительный гидропривод / Под ред. В.Н. Прокофьева. - М.: Машиностроение, 1978. - 495 с.

3.1.7. Башта, Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем: Учебник / Т.М. Башта. - М.: Машиностроение, 1974. - 606 с.

3.1.8. Косорукова, О.В. Системы регулирования объемных гидроприводов: учеб. пособие / О.В.Косорукова. – Ковров: ФГБОУ ВО «КГТА им. Дегтярева», 2017. – 67 с.

3.1.9. Арзуманов, Ю.Л. Системы газоснабжения и устройства пневмоавтоматики ракетно-космических комплексов / Ю.Л. Арзуманов, Р.А. Петров, Е.М. Халатов. - М.: Машиностроение, 1997. - 464 с.

3.1.10. Воронов, С.А. Гидродинамические передачи: учебно-методическое пособие / С.А. Воронов. – Ковров: ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А.Дегтярева», 2014.–52 с.

3.1.11. Воронов, С.А. Методы и средства испытаний гидравлических машин: учебно-методическое пособие / С.А. Воронов, Н.А. Овчинников. – Ковров: КГТА, 2016. – 107с.

3.2. Дополнительная литература

3.2.1. Микропроцессорные автоматические системы регулирования. Основы теории и элементы: Учеб. пособие / Под ред. В.В. Солодовникова. - М.: Высш. шк., 1991.-255 с.

3.2.2. Бесекерский, В.А. Цифровые автоматические системы / В.А. Бесекерский. - М.: Наука, 1976.-576 с.

3.2.3. Казмиренко, В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование: учеб, пособие /В.Ф. Казмиренко. - М.: Радио и связь, 2001. - 432 с.

3.2.4. Следящие приводы. В 3-х т. Т.2: Электрические следящие приводы / Под ред. Б.К. Чемоданова. - 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. - 880 с.

3.2.5. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов: Учебник для вузов (УМО) / В.М. Терехов, О.И. Осипов. - М.: Академия, 2005. - 304 с.

3.2.6. Чупраков, Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики: Учебное пособие / Ю.И. Чупраков. – М.: Машиностроение,1979. – 232 с.

3.2.7. Воронов, С.А. Особенности проектирования объёмных гидроприводов: учебно-методическое пособие / С.А. Воронов. – Ковров: КГТА, 2016.–51 с.

3.2.8. Герц, Е.В. Расчет пневмоприводов / Е.В. Герц, Г.В. Крейнин. - М.: Машиностроение, 1975. - 272 с.

3.2.9. Гамынин Н. С., Жданов Ю. К., Климашин А. Л. Динамика быстродействующего гидравлического привода. М.: Машиностроение, 1979. — 80 с.

3.2.10. Воронов, С.А. Конструкции, характеристики, испытания центробежных насосов: учебно-методическое пособие / С.А. Воронов. – Ковров: КГТА, 2013.–48 с.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Основные уравнения гидродинамики: уравнение неразрывности, уравнение движения идеальной жидкости Эйлера.

2. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и «целого» потока (для случая идеальной и реальной жидкости).

3. Уравнений Навье-Стокса движения вязкой жидкости.

4. Основы теории подобия и моделирования гидродинамических процессов. Основные критерии динамического подобия.

5. Различные виды лопастных гидромашин, их назначение. Основные параметры лопастных гидромашин, Классификация лопастных гидромашин по принципу действия.

6. Основные конструктивные схемы гидротурбин, насосов и насос-турбин.

7. Понятие о рабочем и теоретическом напоре, гидравлическом КПД гидротурбины и насоса. Виды потерь энергии лопастных гидромашин, их общий КПД.

8. Основные условия подобия в лопастных гидромашинах. Связь между основными параметрами подобных гидромашин. Приведенные величины, коэффициент быстроходности, Классификация лопастных гидромашин по быстроходности.

9. Физическая сущность кавитации, ее последствия. Высота всасывания насоса и гидротурбины. Меры защиты от кавитации.

10. Уравнение Эйлера лопастной гидромашины (для насоса и гидротурбины). Рабочие и универсальные характеристики гидротурбины, насоса и насос-турбины.

11. Способы регулирования лопастных гидромашин.

12. Совместная работа насоса и сети.

13. Поршневые и роторные гидромашины. Их устройство, особенности рабочего процесса, параметры, характеристики, кинематика механизмов вытеснения рабочей жидкости.

14. Зубчатые и винтовые гидромашины. Основные кинематические соотношения. Теоретическое и экспериментальное определение потерь и КПД.

15. Объемный гидравлический привод. Принципиальные схемы. Гидравлический привод с дроссельные регулированием.

16. Электрогидравлический следящий привод. Математическая модель привода с ЭГУ и электрической главной обратной связью.

17. Особенности пневматического привода. Пневматические источники энергии, типы, устройство, принцип действия. Классификация. Основные параметры и характеристики.

18. Пневматические двигатели, особенности выбора и их расчета.

19. Струйные элементы пневматических систем малых давлений, устройство, разновидности, принцип действия, основные характеристики.

20. Гидравлические аппараты регулирования давления и потока жидкости, их назначение, устройство, типы, принцип действия.

21. Гидравлические устройства стабилизации потока жидкости, типы, устройство, принцип действия, область применения, особенности применения.

22. Динамика и регулирование гидропневматических систем. Основные понятия и определения.

23. Следящие гидромеханические и пневматические приводы с дроссельным регулированием. Математическая модель, структурная схема, анализ устойчивости.

24. Следящие гидроприводы с объемным регулированием. Принципиальная и расчетная схема. Математическая модель. Структурная схема. Динамический расчет.

25. Физические основы повышения давления. Классификация компрессоров. Особенности работы компрессоров объёмного и динамического действия. Схемы компрессоров, основные элементы.

26. Идеальный поршневой компрессор, основные понятия, индикаторная диаграмма. Реальный поршневой компрессор, характеристики, основные критерии оценки эффективности. Индикаторная диаграмма. Конструктивные особенности. Области применения.

27. Винтовой компрессор. Характеристики. Термодинамические основы процессов сжатия. Области применения. Способы регулирования. Конструктивные особенности. Конструкция винтов. Сопоставление винтовых и поршневых компрессоров.

28. Компрессорные установки. Основные элементы и их конструктивные особенности. Понятие о воздухоподготовке. Разновидности очистки газов от масла, влаги и механических примесей.

29. Компрессоры динамического действия. Конструктивные особенности. Области применения. Термодинамические и газодинамические основы теории турбокомпрессоров. Кинематика потока в проточных частях турбокомпрессоров.

30. Режимные параметры ступеней турбокомпрессоров. Разновидности напоров ступеней турбокомпрессоров. Потери в ступенях турбокомпрессоров. Критерии оценки эффективности ступеней турбокомпрессоров. Разновидности рабочих колес степеней турбокомпрессоров. Промежуточные и концевые ступени турбокомпрессоров.

31. Способы охлаждения газа в компрессорах и их влияние на рабочие процессы. Совместная работа компрессоров на сеть, совмещённые характеристики. Способы регулирования турбокомпрессоров. Противопомпажная защита.

32. Понятие о вакууме. Низкий, средний и глубокий вакуум. Физические основы получения различных разновидностей вакуума. Машины и аппараты для получения различных уровней вакуума. Особенности получения криогенного вакуума.

33. Принцип действия и устройство компрессорных машин, области применения, классификация.

34. Цели и задачи регулирования Основные требования к системам автоматического регулирования.

35. Классификация вакуумных насосов по давлению, области применения. Основные параметры.

36. Действительный трехмерный нестационарный характер течения и его схематизация. Обтекание изогнутых профилей при различных углах атаки.

37. Поршневые вакуумные насосы. Принцип действия, конструкция.

38. Неподвижная и вращающаяся системы координат. Действительные и условные поверхности тока. Пространственные и элементарные лопаточные решетки. Обтекание решеток при различных углах атаки.

39. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы. Принцип действия, конструкция.

40. Треугольники скоростей, правила их построения. Угол атаки и угол отставания. Распределение скоростей невязкого потока как источник информации о течении в решетке.

41. Уравнения сохранения энергии в «механической» (уравнение Бернулли) и «тепловой» форме. Статические и полные параметры газа. Перестройка потока на входе. Условие безударного обтекания. Роль нагрузки лопаток и стеснения.

42. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера). Уравнение состояния, учет. несовершенства газа. Уравнение процесса. Уравнение неразрывности. Адиабатная, политропная и изотермная работа сжатия и расширения.

43. Ротационно-пластинчатый вакуумные насосы. Принцип действия, конструкция.

44. Характер изменения параметров потока в проточной части ступени. Изображение процессов сжатия и расширения в турбомашинах в диаграммах T-S и i-S.

45. Связь показателя политропы с параметрами процесса. Адиабатный, политропный и изотермный КПД по статическим и полным параметрам.

46. Характеристика ступени (компрессора). Безразмерная характеристика - коэффициенты расхода, напора, полезного действия. Характеристика ступени (компрессора) как совокупность возможных режимов работы при различном состоянии сети.

47. Характеристики турбокомпрессоров при регулировании расхода и давления.

48. Зависимость коэффициента теоретического напора от коэффициента расхода при разном угле лопаток на выходе. Степень реактивности. Аэродинамические коэффициенты, связь с параметрами решетки (вывод ф-л).

49. Схематизация потерь напора в центробежном компрессоре: потери в канале и на входе в канал (ударные потери). Характеристика КПД и характеристика полезного напора. Связь аэродинамических коэффициентов с КПД решетки (вывод ф-лы).

50. Сопоставление осевых и центробежных компрессорных ступеней по напорности, уровню скоростей в основных элементах, по коэффициентам потерь и КПД.

51. Лопаточный аппарат турбомашины как система профилей или как система каналов Основные виды каналов, образующих проточную часть турбомашин.

52. Течение в трубе постоянного сечения. Расчет потери давления (напора). Ламинарный и турбулентный характер течения. Типичная аэродинамическая характеристика профилей.

53. Течение в прямоосном диффузоре. Условие отрыва потока. Угол раскрытия. Эквивалентный угол раскрытия диффузоров.

54. Регулирование производительности винтового компрессора золотником.

55. Невязкое и вязкое течение в колене. Сдвиговый характер течения. Число Росби. Обычная и обобщенная характеристики плоских решеток.

56. Самонастраивающие системы управления (Функциональная схема самонастраивающейся системы регулирования.) Регулирование дросселированием на всасывании объемных машин.

57. Влияние критерия Re и шероховатости на эффективность ступени ЦК.