

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донбасский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)**

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства

Кафедра горных энергомеханических систем



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя приемной комиссии

Приемная
комиссия

Д.В. Мулов

28 февраля 2025

ПРОГРАММА

профессионального аттестационного экзамена

при поступлении на обучение по ОПОП ВО – магистратуры
на основе ВО – бакалавриата, специалитета

Код и наименование укрупненной группы
направлений подготовки – 13.00.00 «Электро- и теплоэнергетика»

Код и наименование направления подготовки
13.04.03 «Энергетическое машиностроение»
Образовательная программа «Автоматизированные гидравлические
и пневматические системы и агрегаты»

Рассмотрено и одобрено на заседании
кафедры ГЭС, протокол № 7 от 25.02.2024

Председатель профессиональной
аттестационной комиссии

В. Ю. Доброногова

Алчевск, 2025

Цель профессионального аттестационного экзамена – проверка уровня знаний среди абитуриентов, которые получили высшее профессиональное образование «бакалавриат»/«специалитет» и желают получить высшее профессиональное образование «магистратура» по направлению подготовки 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (образовательная программа «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты»).

Содержание программы

Учебный курс «Механика жидкости и газа»

1. Гидростатика

Физические свойства жидкостей. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости.

Поверхности постоянного давления. Виды давления. Сила давления жидкости на плоскую и криволинейную поверхности. Закон Архимеду.

2. Кинематика потока жидкости

Особенности движения жидкости. Виды движения. Понятие о потенциальном и вихревом движении. Методы изучения движения жидкости Эйлера и Лагранжа. Теорема Коши-Гельмгольца.

Плоский потенциальный поток. Циркуляция вектора скорости. Теорема Стокса и Томсона. Гидродинамическая сетка.

Обтекание тел потоком жидкости. Обтекание (циркуляционное и безциркуляционное) цилиндра бесконечной длины. Уравнение совместимости среды в переменных Эйлера и Лагранжа.

3. Динамика идеальной жидкости

Понятие идеальной жидкости. Уравнение Л.Эйлера и его вывод. Различные формы записи уравнений Л.Эйлера и их анализ.

Методы интегрирования уравнений движения идеальной жидкости. Интегралы Эйлера, Лагранжа и Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости (энергетический и геометрический смысл).

4. Основы гидродинамики вязкой жидкости

Тензор напряжений. Общая гипотеза Ньютона о зависимости между тензором напряжений и тензором скорости деформации.

Уравнения движения вязкой жидкости. Вывод уравнений Навье Стокса, анализ. Различные формы записи уравнений движения жидкости.

Анализ уравнений движения жидкости. Уравнение Д.Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Примеры применения.

Характеристики потока вязкой жидкости. Понятие о потоке, средняя скорость, расход жидкости. Уравнение Д.Бернулли для потока вязкой жидкости. Обобщенное уравнение Д.Бернулли. Максимально возможная скорость течения и газа.

Режимы движения жидкости: ламинарный и турбулентный режимы. Число Re . Особенности турбулентного движения жидкости. Уравнение А.Рейнольдса для турбулентного движения вязкой жидкости.

Ламинарное движение жидкости в цилиндрической трубе. Закон Стокса. Закон Гагена-Пуазейля. Метод Бусинеска решения уравнений движения жидкости для каналов с некруглой формой поперечного сечения.

Турбулентный режим движения жидкости. Рейнольдсовы напряжения. Турбулентное движение жидкости в квадратичной зоне. Логарифмический закон для профиля скорости.

Гидравлические потери энергии. Классификация. π -теорема. Использование π -теоремы для определения гидравлических потерь длины канала (формула Дарси-Вейсбаха). Коэффициент λ .

Местные потери энергии. Формула Борда-Карно. Течение жидкости в диффузоре, конфузоре. Гидроарматура. Коэффициент местных потерь энергии.

Коэффициент гидравлического трения и методы его определения. График Никурадзе и его анализ. Примеры использования графика Никурадзе и методы определения коэффициента λ

Гидравлический расчет трубопроводов и газопроводов. Простые и сложные трубопроводы. Характеристика трубопровода и ее применение на практике. Гидравлический удар. Выбор помпы для данного трубопровода. Гидравлический удар.

Истечения жидкости из малых отверстий и насадок. Типы насадок, примеры их применения. Характеристические коэффициенты. Истечение жидкости при постоянном напоре.

Основы теории гидродинамического подобия. Виды подобия. Нахождения критериев подобия на основе уравнений Навье-Стокса. Физический смысл критериев и примеры их применения.

Теория пограничного слоя. Примеры применения понятия пограншар. Основные характеристики пограншара (ПШ). Уравнение Л.Прандтля и их анализ.

Примеры применения уравнений Л.Прандтля. Применение уравнения Л.Прандтля для описания течения жидкости. Ламинарный и турбулентный пограншар. Парадокс Дебуа.

Основы газовой динамики. Распространения возмущений в газе. Конус Маха. Геометрическое сопло и метод его построения. Затратное и массовое сопло.

Основы газовой динамики (продолжение). Основное уравнение газовой динамики и примеры его использования.

Обтекания тупого угла сверхзвуковым потоком. Прямой и косой скачок уплотнения. Параметры заторможенного газа. Ударная адиабата.

Гидравлические и газовые струи. Общность и различие в описании. Взаимодействие струи с плоской поверхностью. Последовательность расчета гидродинамических параметров затопленной струи.

Особенности течения газа с большими скоростями при наличии трения и различных воздействий на поток. Средства перехода через скорость движения. Закон обращения воздействий. Уравнение этого закона и его применение.

Влияние магнитного поля на движение вязкой электропроводной жидкости. Уравнения движения. Критерии (магнитное число Рейнольдса, число Гартмана и др.). Гидродинамический начальный участок.

Особенности неизотермического движения жидкости. Уравнение энергии. Критерии подобия.

Основы теории смазки. Общие положения. Течение жидкости между двумя цилиндрическими поверхностями, вращающимися. Зависимость Н.П.Петрова.

Основы теории смазки (продолжение). Продольное движение жидкости в цилиндре между цилиндрическими поверхностями. Основное уравнение теории смазки.

Гидродинамика двухфазных жидкостей. Газожидкостные смеси, дисперсии, эмульсии. Основные свойства двухфазных сред. Уравнения движения. Критерии подобия.

Двух - и трехслойные потоки. Уравнения, которые их описывают. Условия на границе раздела слоев. Эпюра скорости и распределение касательных напряжений. Гидродинамический входной участок.

Особенности течения жидкости в жидкостных пленках.

Особенности течения жидкости в жидкостных пленках, гравитационно-стекающих по вертикальным поверхностям. Толщина пленки, плотность орошения. Примеры расчета гидравлических параметров.

Парадоксы гидродинамики. Парадокс уравнений Навье-Стокса и др. Значение парадоксов при решении практических задач.

Учебный курс «Гидравлический привод и средства автоматики»

Преимущества и недостатки гидропривода. Баланс мощности и КПД гидropередачи. Рабочие жидкости для гидросистем горных машин. Объемные гидромашины. Классификация гидромашин. Неравномерность подачи гидромашин.

Гидроаппаратура, вспомогательные устройства, гидролинии. Гидродинамические передачи. Гидромуфты и гидротрансформаторы. Механическая характеристика гидромуфты. Регулирование гидромуфт. Следящий гидропривод - классификация, принцип работы.

Учебный курс «Объемные гидромашины и объемные гидropередачи»

1. Предмет и задачи курса

Основные определения, принцип действия и классификация объемных гидромашин. Преимущества и недостатки объемного гидропривода. Принцип работы объемного гидропривода. Закон Паскаля.

2. Основы теории объемных гидромашин

Рабочий объем и теоретические расходы нерегулируемой и регулируемой объемной гидромашин. Фактический расход, объемный КПД и коэффициент расхода насоса. Внешние и внутренние утечки. Потери на всасывание. Зависимость объемного КПД насоса от перепада давления, параметра регулирования, частоты вращения, температуры рабочей жидкости. Определение объемного КПД, вызванного деформацией рабочей жидкости, рабочих камер, наличием в рабочей жидкости пузырьков нерастворенного воздуха.

Объемные потери и объемный КПД гидромотора. Крутящий момент на валу гидромашин. Гидромеханический и полный КПД гидромашин.

3. Радиально-поршневые гидромашин

Машины с круглой направляющей. Расход насоса и ее пульсация при парном и нечетном числе рабочих камер. Крутящий момент гидромотора и его неравномерность. Поршневая группа. Особенности расчета и проектирования конструкторских вариантов.

Радиально-поршневые гидромашин с клапанным распределением. Конструкция, принцип действия и область использования.

Высокомоментные гидромоторы многократного действия. Принцип действия и область использования. Выбор числа рабочих камер и кратности действия.

4. Аксиально-поршневые гидромашин

Аксиально-поршневые гидромашин с наклонным диском и силовым карданом. Принцип действия. Геометрический расход и ее неравномерность. Конструктивные методы выравнивания расходов. Крутящий момент гидромотора.

Бескарданные аксиально-поршневые машин с наклонным диском и точечным контактом поршней (толкателей). Принцип действия. Вращающий момент. Узел распределения с плоской и сферической распределительной поверхностью. Пульсирующее принудительное смазывание поверхности узла.

Бескарданные аксиально-поршневые машин с наклонным диском и гидростатическими опорами поршней. Принцип действия. Расход. Момент. Расчет гидростатических опор. Конструкции.

Аксиально-поршневые машин с наклонным блоком и несиловым карданом. Принцип действия. Конструкции.

Предельные частоты вращения насоса: режим работы с подкачивающим насосом, режим самовсасывания, режим работы с принудительным наддувом.

5. Шестерные гидромашин

Двухшестеренные гидромашин с внешним зацеплением. Принцип действия. Геометрический расход и ее неравномерность. Рабочий объем. Величина изменения и методы компенсации замкнутого объема. Объемные потери и КПД. Условия всасывания и бескавитационная работа. Насосы с компенсацией торцевых, торцевых и радиальных зазоров и особенности их расчета. Нагрузки валов. Машины с разгруженными от сил давления валами.

6. Пластические гидромашины

Пластинчатые гидромашины однократного действия. Принцип действия. Рабочий объем. Расход и ее неравномерность. Крутящий момент.

Пластинчатые машины двойного действия. Принцип действия. Рабочий объем. Кривые переходных участков статорного кольца. Выбор числа пластин. Насосы с разгрузкой от продольных сил давления пластин. Схемы разгрузки и конструкции.

Двухступенчатые пластинчатые машины.

Условия всасывания. Компенсация гидравлических ударов в пластинчатых машинах. Расчет узла компенсации. Пластинчатые гидромоторы. Схемы и конструкции предварительного поджима пластин к статорному кольцу.

Учебный курс

«Лопастные машины и гидродинамические передачи»

1. Общие сведения о гидродинамических машинах и передачах

Определение, конструктивные схемы и принцип действия гидродинамических машин и передач.

2. Основы теории лопастных машин и гидродинамических передач

Основные параметры лопастных гидромашин и гидропередач. Основное уравнение лопастных гидромашин. Особенности передачи энергии в лопастном колесе. Виды потерь в гидродинамических машинах и передачах. Баланс энергии и коэффициент полезного действия гидродинамической машины.

3. Лопастные насосы

Характеристики насосов. Насосная установка. Работа насоса на сеть. Рабочий режим. Пуск насоса. Кавитация в лопастных насосах. Общие сведения. Кавитационный запас энергии. Допустимая высота всасывания. Способы улучшения кавитационных свойств насоса. Условия подбора при кавитации. Неустойчивая работа насосной установки. Помпаж.

4. Вихревые насосы

Рабочий процесс вихревого насоса. Баланс энергии в вихревом насосе.

5. Струйные насосы

Принцип действия и конструкции струйных насосов.

Учебный курс

«Математическое моделирование и численные методы в отрасли»

Методы описания двухфазных гетерогенных течений. Характеристики таких течений: массовая концентрация, число Стокса. Приближение пассивной примеси, квазиравновесное, неравновесное.

Классификация двухфазных течений с твердой второй фазой. Высокодисперсные, низкодисперсные и среднедисперсные течения. Течения с крупными частицами. Классы чистоты жидкостей, их очистка.

Основные уравнения движения двухфазной жидкости. Уравнение неразрывности, уравнение движения и уравнение состояния для разновидностей жидкой фазы при различных приближениях.

Упрощение уравнений Навье - Стокса для медленного течения. Уравнение Уайтхеда и Озеена, Праудмена и Пирсона.

Функция тока осесимметричного течения жидкости при малых числах Рейнольдса. Ортогональные системы координат.

Поведение ферромагнитных частиц в потоке неэлектропроводной жидкости под действием магнитного поля. Пондеромоторная сила.

Разновидности магнитных очистителей. Влияние параметров загрязненной жидкости, загрязняющих ферромагнитных частиц и геометрических и электрических параметров электромагнитных очистителей на эффективность их работы.

Математические модели нестационарных течений жидкостей и газов в гидропневмосистемах. Модули объемной упругости жидкостей, содержащих нерастворенный газ.

Математическая модель нестационарных гидромеханических процессов в гидроприводе с объемной регулировкой. Колебания в гидравлических линиях гидропривода с дроссельным регулированием.

Учебный курс

«Системы управления гидропневмоприводами»

1. Основные сведения

Основные понятия и определения. Способы управления. Непрерывные и дискретные САУ. Системы прямого и косвенного регулирования. Системы одномерные и многомерные, стабилизации, программного управления и следящие.

2. Линейные САУ

Динамические характеристики линейных элементов и систем. Линеаризация, формы записи и методы алгебраизации уравнений звеньев и САУ. Кривая переходного процесса и показатели качества САУ. Функциональная и структурная схемы САУ. Динамические характеристики элементов САУ и их соединений. Правила преобразования структурных схем. Типичные пропорциональная, аperiodическая, колебательная, интегрирующая, дифференцирующая, форсирующая, запаздывающая звена и их динамические характеристики. Логарифмические частотные характеристики последовательного соединения звеньев.

Статика САУ. Условия статического режима. Статический режим статических систем. Способы устранения статического отклонения. Точность в типовых режимах. Оценка точности по коэффициентам ошибок.

Устойчивость линейных САУ. Понятие постоянства. Определение устойчивости по корням характеристического уравнения. Критерии устойчивости Гурвица и Рауса. Частотные критерии устойчивости. Запас и область определения постоянства. Устойчивость систем с запаздыванием.

Качество линейных САУ. Показатели качества. Регулярный метод построения кривой переходного процесса. Формула Хевисайда. Приблизительное определение качества по корням характеристического уравнения, частотным характеристикам замкнутой и разомкнутой системы. Круговая диаграмма.

Методы повышения точности и коррекция линейных САУ. Повышение коэффициента передачи, порядка астатизму, введение в систему изодромного звена. Типовые корректирующие звенья. Примеры коррекции САУ типовыми интегрирующим, дифференцирующим и интегрально-дифференцирующим пассивными контурами.

Синтез САУ. Оптимальная САУ и ее характеристики. Методика синтеза. Построение желаемых логарифмических частотных характеристик и синтез САУ по прямым и частотным показателям качества. Синтез последовательных корректирующих устройств и дополнительных обратных связей.

Методы повышения качества САУ. Линейная и квадратичная интегральные оценки качества САУ. Теория инвариантности и комбинированного управления. Реализация второй формы условий инвариантности по управляющему сигналу. Неединичные обратные связи. Введение масштабирующего устройства.

Законы регулирования САУ. Пропорциональный, интегральный, изодромный законы регулирования. Регулирование по производным.

Статистический анализ САУ. Случайный стационарный процесс и его статистические характеристики: среднее значение, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, корреляционная функция и спектральная плотность. Свойства, типичные примеры и определения корреляционной функции стационарного случайного процесса. Методика статистического анализа САУ. Оценка точности САУ по среднеквадратической ошибке.

3. Импульсные САУ

Общие сведения об импульсных САУ.

Основные определения и примеры. Импульсный фильтр. Решетчатые функции и их свойства. Основные правила и теоремы Z-преобразования.

Динамические характеристики, устойчивость и качество импульсных САУ.

Передаточные функции и частотные характеристики. Постоянство и качество.

4. Нелинейные САУ

Общие сведения о нелинейных САУ. Типовые нелинейности. Классификация. Правила преобразования структурных схем.

Устойчивость нелинейных САУ. Понятие постоянства. Основы метода фазовых траекторий. Связь устойчивости с видом фазовых траекторий. Метод изоклин. Определение устойчивости САУ по фазовой картине.

Метод точечных преобразований.

Основы метода гармонической линеаризации. Гармоническая линеаризация нелинейностей при симметричных и несимметричных колебаниях. Динамические характеристики гармонично линеаризованных

звеньев. Определение параметров принудительных и автоколебаний методом гармонической линеаризации.

Абсолютный критерий устойчивости равновесия (критерий В.М.Попова). Геометрическая интерпретация. Определение устойчивости при выпуклом и невыпуклом годографе приведенной амплитудно-фазовой характеристики линейной части системы. Использование критерия при нейтральной линейной части САУ.

Качество нелинейных САУ. Различные методы построения кривой переходного процесса. Основы определения качества САУ с гармонично линеаризованными нелинейностями. Круговая диаграмма нелинейных САУ. Определение качества САУ по показателю колебания и возможные процессы в системах с типовыми однозначными и неоднозначными нелинейностями с учетом зон и участков нечувствительности, неоднозначности, насыщения. Определение качества нелинейных САУ по логарифмическим частотным характеристикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чебан, В. Г. Гидромеханика (теория и практика): учебное пособие / В. Г. Чебан, А. Н. Тумин, О. А. Коваленко. — Алчевск: ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2022. — 187 с.
2. Финкельштейн, З. Л. Гидравлика и гидропривод (краткий курс): учебное пособие / З. Л. Финкельштейн, В. Г. Чебан. — Алчевск: ДГМИ, 2002. — 165 с.
3. Брожко, Н. Ф. Гидравлика, гидропневмопривод и элементы гидропневмоавтоматики (теория и практика): учебное пособие / Н. Ф. Брожко, В. Г. Чебан, А. Н. Тумин. — Алчевск: ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — 233 с.
4. Гейер, В. Г. Гидравлика и гидропривод: учебник для вузов / В. Г. Гейер, В. С. Дулин, А. Н. Заря. — М.: Недра, 1991. — 331 с.
5. Башта, Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем / Т. М. Башта. — М.: Машиностроение, 1974. — 605 с.
6. Стесин, С. П. Гидродинамические передачи: учебник / С. П. Стесин, Е. А. Яковенко. — М.: Машиностроение, 1973. — 352 с.
7. Михайлов, А. К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. — М.: Машиностроение, 1977. — 288 с.
8. Губарь, Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. — М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. — 227 с.
9. Романович, Ж. А. Надежность функционирования гидравлических и пневматических систем в машинах и аппаратах бытового назначения: учебник / Ж. А. Романович, В. А. Высоцкий. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. — 272 с.
10. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. В. Попов. — СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. — 752 с.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТА АБИТУРИЕНТА

Уровень подготовки, баллы	Количество правильных ответов	Требования к уровню подготовки согласно критериям оценивания
<u>«отлично»</u> 100 95 90	20 19 18	Тестовое задание выполнено полностью или содержит до двух ошибок. Абитуриент в полном объеме владеет данным программным материалом. Абитуриент показал высокий уровень теоретической подготовки и может полностью обосновать свои ответы.
<u>«хорошо»</u> 85 80 75	17 16 15	Выполненное тестовое задание содержит от трех до пяти ошибок. Абитуриент владеет данным программным материалом. Абитуриент показал средний уровень теоретической подготовки и может полностью обосновать свои ответы. При этом ответы неполные или носят поверхностный характер.
<u>«удовлетворительно»</u> 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25	14 13 12 11 10 9 8 7 6 5	Выполненное тестовое задание содержит от шести до пятнадцати ошибок. Абитуриент знает только основной материал данной программы. Абитуриент показал достаточный уровень теоретической подготовки и может только частично обосновать свои ответы. При этом ответы неполные или носят поверхностный характер.
<u>«неудовлетворительно»</u> 20 15 10 5 0	4 3 2 1 0	Выполненное тестовое задание содержит от шестнадцати до двадцати ошибок. Абитуриент не знает значительной части программного материала. Абитуриент показал недостаточный уровень теоретической подготовки и не может обосновать свои ответы.

Примечание. Уровень подготовки «неудовлетворительно» является недостаточным для участия в конкурсе на зачисление.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО АТТЕСТАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА (ПАЭ)

ПАЭ проводится в форме тестирования. Для проведения тестирования формируются отдельные группы абитуриентов в порядке поступления (регистрации) документов. Список абитуриентов, допущенных к сдаче ПАЭ, формируется председателем отборочной комиссии факультета.

Для проведения тестирования профессиональной аттестационной комиссией предварительно готовятся тестовые задания согласно «Программы профессионального аттестационного экзамена». Программа ПАЭ обнародуется на официальном веб-сайте ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

ПАЭ проводится в сроки, предусмотренные Правилами приема в ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

На тестирование абитуриент должен явиться с паспортом, шариковой ручкой синего цвета и листом результатов вступительных экзаменов, который выдается секретарем отборочной комиссии факультета.

В начале ПАЭ абитуриент получает тестовое задание, которое содержит 20 заданий с вариантами ответов по дисциплинам, которые указаны в программе ПАЭ, и отвечает на эти задания в течение 60 минут. Ответы фиксируются в бланке «Письменной работы». Правильный ответ на каждое задание оценивается в 5 баллов. Пользоваться при тестировании печатными или электронными информационными средствами запрещается.

Результаты ПАЭ оцениваются по 100-бальной шкале по правилам, которые указаны в разделе «Критерии оценивания ответа абитуриента» данной программы. Уровень знаний поступающего по результатам тестирования заносится в ведомости и подтверждается подписями членов комиссии по проведению ПАЭ. Ведомость оформляется одновременно с листом результатов вступительных экзаменов поступающего и передается в приемную комиссию.

Абитуриент должен набрать не меньше 25 баллов. Это позволит абитуриенту принять участие в конкурсе при поступлении в ФГБОУ ВО «ДонГТУ».