

## Аннотация дисциплины

### ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И АГРЕГАТОВ 13.04.03\_А\_В.ОД.1

**Цель дисциплины:** формирование знаний и умений в области постановки и решения исследовательских и расчётно-проектных задач в области автоматизированных гидравлических и пневматических машин, систем и агрегатов и приобретение навыков их использования для решения оптимизационных задач энергетического машиностроения.

**Место дисциплины в структуре ООП:** дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин ОПОП подготовки магистров по магистерской программе "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачетных единиц – 3.

**Содержание разделов:** Философские аспекты научного познания и современной теории создания конкурентоспособной техники. Виды деятельности. Понятие инновационного процесса в конкурентной среде. Диалектика процесса эволюции социума. Понятие техноценоза (ТЦ), ноосферы, искусственной системы (ИС). Техническая система как частный случай ИС. Обзор гипотез о механизмах развития, существовании эволюционной (количественной, квазипараметрической) и революционной (качественной, квазиструктурной) составляющих процесса развития ТЦ и ИС. Понятие репродуктивной и продуктивной деятельности. Специфика формирования ноосферы, системы знаний и системы обучения. Понятие научного знания. Сравнительные черты затратного и рыночного механизмов хозяйствования. Философский базис продуктивной деятельности – законы диалектического единства и развития мира. Системно-креативный подход как базовая методология формирования эффективных инновационных решений и рациональных направлений научных изысканий. Системно-креативный подход как прикладная философия формирования эффективных решений, включающая диалектическое единство материального мира, системы знаний, постулирующая гармонию общего и частного с контролем самого процесса решения задачи. Терминология, основные понятия и принципы системно-креативного подхода. Структура продуктивной инновационной деятельности. Основные этапы решения инновационной задачи. Понятие конфликта между потребностями в функциях и отсутствием возможностей удовлетворения данных функций имеющимися средствами социума. Особенности постановки научно-исследовательских и проектных задач в условиях информационного дефицита, переобусловленности и неупорядоченности

исходных информационных массивов. Основные игроки продуктивной сферы рыночного пространства. Понятие фирм-виолентов, пациентов, коммутантов и эксплерентов. Статистическое распределение потребителей инновационной продукции по Э. Роджерсу. Основные этапы эффективного решения инновационных задач в инженерной деятельности. Концептуальный синтез. Формирование технического задания. Концептуальный синтез технической системы (ТС). Понятие исходной информации (ИИ) и технического задания на разработку ТС (формирование будущего решения). Методы анализа ИИ и идентификации компонент входных регламентированных (условно ресурсных), входных дестабилизирующих факторов, а также выходных показателей функциональной пригодности – назначения (ПР), конкурентоспособности (ПК) и побочных показателей (ПП). Условия и ограничения проектной задачи. Федеральный закон о техническом регулировании и роль стандартов при разработке инновационной продукции. Основные этапы эффективного решения инновационных задач в инженерной деятельности. Постановка задачи и методы структурного синтеза. Структурный синтез (СС) ТС. Понятие облика, структуры и топологии системы. Классификация и ранжирование структурных уровней представления решения задачи. Понятие структурной устойчивости и целесообразности облика решения. Структурная избыточность решения. Понятие структурной обусловленности функционального конфликта типа «потребности – возможности». Общий алгоритм структурного синтеза. Методы структурного синтеза и их классификация по формализуемости процедур. Понятие физического закона, физического эффекта и принципа действия проектируемого изделия. Роль и место научно-исследовательских задач в процедурах СС. Основные методы структурного синтеза: функционально-стоимостный анализ (ФСА), метод морфологической комбинаторики Ф. Цвикки, автоматизированного поиска ПД А.И. Половинкина, АРИЗ и ТРИЗ Г.С. Альтшуллера, фундаментальный метод Ф. Мэтчетта, метод мозгового штурма А. Осборна, метод синектики У. Гордона, метод «Дельфи», метод «фокальных объектов», метод эвристических приёмов и др. Основные этапы эффективного решения инновационных задач в инженерной деятельности. Постановка задачи и методы параметрического синтеза. Параметрический синтез ТС и принимаемых решений. Понятие модели и реальной системы. Классификация задач параметрического синтеза по количеству и соотношению частных ПК, виду математических моделей. Понятие пространства параметров и показателей конкурентоспособности. Смешанные пространства параметров и ПК. Понятие возможных, строго допустимых, Парето-оптимальных (нехудших или несравнимых), локально-экстремальных и глобально-оптимальных (собственно оптимальных) решений обратной параметрической задачи. Методы скаляризации многокритериальной обратной параметрической задачи. Правила формирования

обобщённого аддитивного и мультипликативного функционалов. Проблемы и способы назначения весовых коэффициентов и нормирования частных ПК. Инженерные методы решения обратных параметрических задач. Типовые ошибки при постановке и решении задач параметрического синтеза. Конструирование изделий машиностроения как специфический вид структурно-параметрического синтеза технических систем. Эргономика и техническая эстетика изделий пневмо-гидромашино- и аппаратостроения. Особенности конструирования конкурентоспособной продукции гидро- и пневмомашиностроения. Основные цели, принципы, направления, методы и приёмы рационального конструирования. Критерии оценки качества конструкции. Эргономические вопросы, постановка и решение задач технической эстетики современной продукции в области пневмо-гидромашино- и аппаратостроения. Формализация механизма оценки степени эстетического совершенства технической продукции. Статистические методы качественной и количественной оценки совокупности «технических» и «эстетических» частных ПК для изделий различного вида, назначения и специфики рынка. Организация рациональной научной и бизнес-деятельности. Оформление результатов научных исследований и проектной деятельности. Основные методы рациональной организации решения научно-исследовательских и бизнес-задач. Ленточный график планирования и контроля работ Ганта. Сетевой график выполнения работ. Критический и полукритический путь работы. Понятие оптимистического, пессимистического и реалистического сценария решения задачи во временном и затратном аспектах. Метод причинно-следственных диаграмм («рыбьей кости») К. Исикавы. Типовые структуры и состав документов для проведения НИР, ОКР, НИОКР и технико-эксплуатационных работ. Риск и методы его снижения при выполнении перспективных работ. Понятие ФОРС-МАЖОРНЫХ условий.

#### **Аннотация дисциплины**

#### **ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ - 13.04.03\_А\_Б1.В.ОД.2**

**Цель дисциплины:** изучение основ рабочего процесса активных гидротурбин; методов разработки конструкций гидротурбин и их отдельных элементов.

**Место дисциплины в структуре ООП:** дисциплина базовой части профессионального цикла по профилю «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов» направления подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение».

Количество зачетных единиц - 5.

**Содержание разделов:** Рабочий процесс активных ковшовых гидротурбин. Основное уравнение ковшовой гидротурбины. Условия формирования оптимального режима работы ковшовой гидротурбины. Коэффициенты полезного действия рабочих органов ковшовой гидротурбины. Масштабный эффект. Приведенная величина. Коэффициент быстроходности. Многосопловые ковшовые гидротурбины. Способы регулирования ковшовых гидротурбин. Определение основных параметров натурной гидротурбины.

*Обратимые гидромашины гидроаккумулирующих электрических станций (ГАЭС).* Схемы силового оборудования ГАЭС. Определение параметров обратимых гидромашин для конкретных условий ГАЭС. Режимы работы обратимого гидроагрегата.

*Приливные гидроэлектростанции (ПЭС).* Схемы использования приливной энергии.

*Конструкции и проектирование гидротурбин.* Схемы компоновки гидротурбин.

Конструкции направляющего аппарата. Расчет элементов конструкции механизма поворота лопаток направляющего аппарата.

Направляющие подшипники гидротурбин. Тепловой расчет направляющих подшипников.

*Вспомогательное оборудование гидротурбин.* Клапаны срыва вакуум; холостой выпуск, лекажный агрегат. Механизм откачки воды с крышки гидротурбины.

## **Аннотация дисциплины**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОПАСТНЫХ ГИДРОМАШИН**

#### **13.04.03\_А\_Б1.В.ОД.3**

**Цель дисциплины:** формирование у студентов знаний в области исследования и проектирования лопастных гидромашин на современном конкурентоспособном уровне.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилю «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов» направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение».

Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов:** Социально обусловленная необходимость дальнейшего повышения надежности, экологических, энергокавитационных, вибрационных, массо-габаритных, динамических, стоимостных и др. показателей лопастных гидромашин. Современное состояние, нерешенные задачи. Направления принципиально новых методов исследования динамики сплошных сред и их значение для описания функционирования лопастных гидромашин (ЛГМ). Усечение общего формализма с предельными переходами к классическим уравнениям Эйлера, Навье-Стокса и Рейнольдса в механике жидкости и газа. Развитие методов гидродинамического исследования и синтеза рабочих Одно- (1D) и двух- (2D) мерные прямые и обратные гидродинамические задачи для лопастных гидромашин

(ЛГМ). Математическая модель. Постановка краевых задач. Обобщенная гипотеза Жуковского - Чаплыгина. Квазитрехмерные (Q - 3D) методы анализа и синтеза проточных частей и рабочих органов ЛГМ. Квазитрехмерный Q - 3D метод как взаимоувязанная совокупность решения двух предельных 2D задач на неколлинеарных семействах поверхностей тока. Трехмерные (3D) стационарные методы исследования обтекания и проектирования ЛГМ на основе численного решения исходной системы дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП), Метод интегральных уравнений и соотношений теории поля и его приложение при решении ПЗ теории решеток, Существо алгоритма численного решения, некоторые результаты расчетов и их интерпретация. Математическая модель решения 3D обратной задачи для ЛГМ методом особенностей. Локальные и глобальные численные методы расчета течений в ЛГМ. Группа методов взвешенных невязок Метод конечных решеток. Примеры применения. Проектирование ЛГМ как глобальный процесс создания конкурентоспособной гидромашины. Основные этапы инновационного проектирования ЛГМ и их существо. Концепция симметрических ГЭС (СГЭС) как одна из перспективных парадигм значительного повышения энергетической эффективности, надёжности и ресурса функционирования данных объектов. Центральные-симметричные гидротурбинные блоки. Варианты проектных решений. Вертикальная радиально-осевая гидротурбина двойного регулирования (РОДР). Обсуждение преимуществ и ограничений в применении различных вариантов исполнения РОДР. Трек-турбина прямого/бесплотинного использования кинетической энергии высокоскоростного движения текучих сред. Насосы питательных систем крупных энергоблоков нового поколения. Инновационные проектные решения для конденсатных насосов первого и второго подъема, бустерных насосов, мощных питательных насосов с параллельной и последовательной работой по подаче. Обзор ключевых положений излагаемого лекционного материала.

**Аннотация дисциплины**  
**ГИДРОПРИВОД И ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**  
**13.04.03\_А\_Б1.В.ОД.4**

**Цель дисциплины:** изучение автоматизированного гидравлического привода и систем гидропневмоавтоматики, предназначенных для использования в системах управления рабочими органами машин и установок широкого круга назначения.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина вариативной части профессионального цикла по направлению подготовки магистров 141100 «Энергетическое машиностроение» (программа «Исследование и проектирование гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов»). Количество зачётных единиц – 5.

**Содержание разделов:** Обобщенная структура гидравлического следящего привода (ГСП). ГСП с четырех-, двух- и однощелевыми дросселирующими распределителями. Образование ошибки регулирования и зоны нечувствительности. Точность и чувствительность ГСП. Статические характеристики ГСП. Методика расчета параметров ГСП при заданных допустимых значениях ошибки регулирования и зоны нечувствительности в установившемся режиме работы привода. Дросселирующие золотниковые распределители. Основные конструктивные схемы. Геометрия рабочих щелей. Течение жидкости через рабочие щели. Силы, действующие на золотники распределителей. Методы учета и способы компенсации. Расчет конструктивных параметров цилиндрических распределителей.

Электрогидравлические следящие приводы с дроссельным регулированием. Однокаскадные и двухкаскадные ЭГУ. Расчет параметров ЭГУ. Повышение эффективности гидроприводов с дроссельным регулированием. Электрогидравлические следящие приводы с машинным регулированием. Выбор системы подпитки гидропривода с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости. Диапазон регулирования скорости в гидроприводах при изменении рабочих объемов насосов и гидромоторов. Гидроусилители первого каскада ЭГУ. ЭГУ с соплом-заслонкой. Характер течения рабочей жидкости. Обобщенные статические характеристики. Потери энергии и КПД усилителей с соплом-заслонкой. Расчет силы, действующей на заслонку. Гидроусилители со струйной трубкой. Характер течения жидкости и выбор основных конструктивных размеров. Статические характеристики. Вибрация струйной трубки и способы ее уменьшения. Струйные усилители с механическим отклонением струи. Электрогидравлические шаговые приводы. Управление ЭГШП от свободно программируемых контроллеров.

Гидроприводы с пропорциональным электромагнитным управлением. Пропорциональные электромагниты. Электронные блоки управления. Применение широтно-импульсной модуляции входного сигнала. Гидравлические аппараты с пропорциональным электромагнитным управлением. Устранение зоны нечувствительности из-за наличия перекрытий рабочих проходных сечений в исходных положениях золотников. Пропорциональные распределители с клапаном постоянной разности давлений на рабочих щелях. Использование свободно-программируемых контроллеров и ЭВМ в управлении гидроприводами (ГП).

Источники подачи рабочей жидкости в ГП. Насосные установки (НУ) и станции. Тепловые условия работы гидроприводов. Тепловой расчет ГП. Гидравлические аккумуляторы. Насосно-аккумуляторный гидропривод. Кондиционирование рабочей жидкости. Техничко-экономическая эффективность применения различных видов НУ. Автоматическое регулирование подачи насосов в режиме постоянной мощности.

#### **Аннотация дисциплины**

### **ДИНАМИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ**

## ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ 13.04.03\_А\_Б1.В.ОД.5

**Цель дисциплины:** формирование знаний и умений в области автоматизированных исполнительных модулей, используемых в составе исполнительных частей современных гидро- и пневмосистем (ГПС) различных стационарных и мобильных технических объектов (ТО), включая вопросы применения, рационального структурирования и схемотехнического построения, выполнения необходимых расчётов и экспертирования по совокупности назначенных показателей работоспособности и конкурентоспособности.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин ОПОП подготовки магистров по магистерской программе "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачетных единиц – 4.

### **Содержание разделов:**

Функциональная и техническая структура автоматизированной гидро- и пневмосистемы технического объекта. Терминология. Системно-креативный подход как базовая методология создания конкурентоспособного изделия. Гидро- и пневмомеханические следящие приводы как типовые исполнительные модули силовых систем технических объектов. Функциональная и техническая структуры автоматизированной гидро- и пневмосистемы технического объекта (ТО). Терминология, основные понятия и определения. Гидромеханический следящий привод (ГМСП/Д) как исполнительный модуль силовой системы ТО. Классификация и примеры применения ГМСП/Д в различных технических объектах. Системно-креативный подход как современная методология исследования и создания автоматизированных гидро- и пневмосистем повышенной конкурентоспособности. Основные показатели работоспособности и конкурентоспособности ГМСП/Д как исполнительного модуля силовой системы технического объекта. Применение метода морфологической комбинаторики для генерирования возможных структур перспективных ГМСП/Д. Гидромеханический следящий привод с дроссельным управлением потоками жидкости. Статические характеристики гидроусилителя и привода. Физические модели гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Статические характеристики ГМСП/Д. Элементная база, схемные и конструкционные исполнения гидроусилителей ГМСП/Д. Схема и математические модели четырёхщелевого золотникового гидроусилителя для ГМСП/Д. Статические характеристики ЗГУ. Энергетические характеристики ЗГУ и ГМСП/Д. Типовые законы движения регулирующих органов ТО как нагрузки автоматизированных гидро- и пневмоприводов.

Синтез параметров привода по критериям энергодостаточности, чувствительности и статической точности слежения. Типовые законы движения регулирующих органов: гармонический, по закону арктангенса, в режиме согласования-переброски и сопровождения подвижного объекта, движущегося по криволинейной траектории. Формирование диаграмм нагрузки, нахождение требуемой механической характеристики и решение задачи обеспечения энергодостаточности привода. Расчёт базовых параметров гидродвигателя и гидроусилителя ГМСП/Д по критерию энергодостаточности, чувствительности и статической точности слежения. Проблема округления базовых параметров и ограничения проектных вариантов при разработке конкурентоспособного ГМСП/Д. Математические модели гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Общие вопросы математического моделирования нестационарных процессов в гидромеханическом следящем приводе с дроссельным управлением. Уравнение замыкания – обратной связи привода. Уравнение динамического баланса расходов системы «ЗГУ – гидролинии – гидродвигатель – упругий фундамент привода». Уравнение движения выходного звена привода, силовой проводки, корпуса гидродвигателя и регулирующего органа. Уравнение движения выходного звена привода, силовой проводки, корпуса гидродвигателя и регулирующего органа. Нелинейная математическая модель гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Укрупнённый алгоритм решения прямых и обратных задач для разработки конкурентоспособного гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Расчётные нелинейные математические модели гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Решение задачи линеаризации расходно-перепадной характеристики ЗГУ. Расчётные линейные модели и структурные схемы ГМСП/Д. Условие бескавитационной работы гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Исследование динамики линейных моделей гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Общие вопросы анализа динамики и синтеза привода с учётом динамических показателей работоспособности и конкурентоспособности. Математические модели и динамические характеристики идеального и ненагруженного ГМСП/Д. Математические модели и динамические характеристики линейной модели нагруженного ГМСП/Д. Динамическая точность слежения линейной модели нагруженного ГМСП/Д. Динамическая жёсткость линейной модели нагруженного ГМСП/Д. Физико-энергетическая природа потери устойчивости ГМСП/Д. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица. Метод D-разбиения. Метод изолиний динамических показателей системы. Исследование влияния факторов, определяющих энергетический уровень входных сигналов, на динамику линейной модели ГМСП/Д. Анализ влияния диссипативных факторов на динамику линейной модели ГМСП/Д. Влияние инерционной составляющей нагрузки на

устойчивость и динамические ПК линейной модели привода. Влияние объёма полостей гидродвигателя и приведённого модуля упругости системы на динамику ГМСП/Д. Анализ влияния на динамику ГМСП/Д передаточного отношения силовой проводки. Исследование влияния на динамику ГМСП/Д характерного параметра гидродвигателя. Анализ влияния на динамику ГМСП/Д жёсткости узла крепления привода на фундаменте. Коррекция гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Терминология и постановка задачи коррекции ГМСП/Д. Коррекция ГМСП/Д введением демпфирования золотника золотникового гидроусилителя. Коррекция ГМСП/Д введением дополнительной обратной связи по скорости движения выходного звена. Коррекция ГМСП/Д введением дополнительной обратной связи по производной перепада давлений в выходных гидролиниях ЗГУ. Надёжность и живучесть гидромеханического следящего привода с дроссельным управлением. Оценка проектных вариантов ГМСП/Д по совокупности частных показателей конкурентоспособности (ПК). Основные термины, определения и соотношения для расчёта надёжности ГМСП/Д. Расчёт надёжности ГМСП/Д методом структурных схем. Резервирование ГМСП/Д. Формирование исходных частных ПК ГМСП/Д. Нормирование частных показателей конкурентоспособности ГМСП/Д. Общая проблематика и основные сценарии выбора конкурентоспособного проектного варианта ГМСП/Д. Оценка степени востребованности ГМСП/Д по обобщённому функционалу конкурентоспособности. Определение степени конкурентоспособности ГМСП/Д при наличии нескольких частных ПК.

### **Аннотация дисциплины**

## **НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ 13.04.03\_А\_Б1.В.ОД.6**

**Цель дисциплины:** формирование знаний и умений в области обеспечения надежности и диагностики гидравлического оборудования и систем управления и методов их диагностики.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:**

Дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилю «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов» направления 13.04.03 Энергетическое машиностроение. Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:**

**Основные понятия теории надежности. Состояния гидрооборудования: работоспособное и неработоспособное, исправное и неисправное. Восстанавливаемое и невосстанавливаемое**

гидрооборудование. Предельное состояние. Критерии предельного состояния. Качественные и количественные характеристики надежности. Показатели надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Связь надежности с другими показателями качества. Отказы гидравлического оборудования и систем управления. Классификация отказов. Распределение типовых отказов по основным классификационным признакам для различных типов гидравлического оборудования. Факторы, определяющие надежность гидравлического оборудования: климатические, гидравлические, механические. Формирование отказов гидросистем. Механизмы и модели отказов. Расчет показателей надежности гидравлического оборудования и систем управления. Источники информации о надежности гидравлического оборудования. Испытания гидравлического оборудования на надежность. Статистический аппарат оценки надежности гидравлического оборудования. Систематизация и обработка информации. Выбор формы распределения. Критерии согласия статистик: Пирсона, Колмогорова. Особенности определения показателей надежности для восстанавливаемого и невосстанавливаемого гидравлического оборудования. Расчет показателей надежности методами структурных схем, логических схем, матричным методом. Условие существования проекта по надежности. Эксплуатация гидравлического оборудования и систем управления. Основные сведения об эксплуатации гидравлического оборудования и систем управления. Техническое обслуживание (ТО) гидравлического оборудования. Виды ТО. Понятие технической диагностики. Ремонт гидравлического оборудования. Типовые отказы и способы их устранения. Понятие эксплуатационной технологичности. Определение показателей ремонтпригодности. Планирование ремонтов, запасных частей. Организация работ по обеспечению заданного уровня надежности. Организация работ по обеспечению заданной надежности на различных этапах жизненного цикла гидравлического оборудования: разработка, производство, эксплуатация. Резервирование гидравлического оборудования. Методы резервирования. Эффективность различных методов резервирования. Обкатка гидравлического оборудования. Общие сведения. Влияние обкатки на надежность гидравлического оборудования. Физические процессы, происходящие при обкатке. Методы обкатки и контроля приработки гидравлического оборудования. Техническая диагностика гидравлического оборудования. Цель и основные задачи технической диагностики. Диагностические признаки и модели. Тестовая и функциональная диагностика. Средства технической диагностики. Методы практической технической диагностики: виброакустический, термодинамический, диагностика гидромашин по КПД. Диагностика рабочей жидкости.

### **Аннотация дисциплины**

#### **ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ - 13.04.03\_А\_Б1.В.ОД.8**

**Цель дисциплины:** формирование знаний и умений в области гидродинамических передач и приобретение навыков их использования в приводах машин и рабочих органов установок широкого круга назначения

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилю "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачётных единиц – 3.

**Содержание разделов:**

Конструктивные принципы построения гидродинамических передач (ГДП). ГДП разделенного типа. Сравнительные характеристики ГДП и объемной гидропередачи. Гидродинамические трансформаторы (ГДТ) прямого и обратного хода, с центростремительными, осевыми и центробежными турбинами.

Баланс моментов гидродинамической муфты (ГДМ) и ГДТ, их КПД и коэффициент трансформации. Внешние (тяговые) характеристики, сравнительный анализ их свойств и характерные режимы работы.

Комплексный ГДТ.

Гидромеханические трансформаторы и гидромеханические передачи.

Измерение геометрических параметров комплекта рабочих колес ГДТ, выполнение их эскиза и построение решетки лопастной системы соответствующего ГДТ.

Выполнение эскизной компоновки основных узлов и элементов ГДТ по заданным геометрическим параметрам комплекта его рабочих колес.

Теория подобия применительно к ГДП. Формулы подобия для моментов ГДП. Прозрачные и непрозрачные ГДТ, коэффициент прозрачности. Внешняя безразмерная (приведенная) характеристика ГДТ. Экономичный диапазон работы и преобразующее свойство ГДТ, показатели качества ГДТ. Вопросы подобия и пересчета характеристик гидромеханического трансформатора.

Вывод формул пересчета внешней характеристики гидромеханического трансформатора по известной внешней характеристике ГДТ для индивидуально заданной схемы включения планетарного механизма

Нагрузочная и универсальная характеристики ГДТ. Работа ГДП с двигателем внутреннего сгорания, точки их совместной работы. Методы согласования работы двигателя и ГДП. Выходная характеристика ГДП и ее построение по приведенной характеристике. Полная характеристика ГДТ и режимы его работы.

Статический и динамический коэффициенты перегрузки, ограничивающее свойство ГДМ. Работа ГДМ с двигателем внутреннего сгорания и с асинхронным электродвигателем.

Области применения и потребительские свойства ГДП. Показатели свойств, работоспособности и качества ГДП.

Расчет параметров и эксплуатационных характеристик гидродинамических передач при совместной работе с двигателем внутреннего сгорания. Сравнительный анализ технической и экономической эффективности различных компоновок силового агрегата при отсутствии и наличии гидродинамических передач.

Кинематика потока в рабочей полости гидродинамической муфты (ГДМ) с радиальными лопастями.

Основные уравнения для ГДМ, вывод и анализ. Гидравлические потери и баланс напоров в ГДМ. Зависимости относительной скорости и расхода от передаточного отношения для ГДМ с радиальными лопастями, анализ влияния основных физических факторов, взаимосвязь с внешней характеристикой.

Структура потока в межлопастных каналах ГДМ с радиальными лопастями, явление сверхтурбулентности и влияние числа лопастей.

ГДМ с наклонными лопастями рабочих колес, особенности характеристик и рабочего процесса.

Геометрия лопастных систем и кинематика потока в рабочей полости ГДТ и комплексного ГДТ, построение треугольников скоростей.

Основные уравнения для гидравлических моментов и теоретических напоров на

колесах ГДТ. Анализ теоретических зависимостей коэффициента трансформации и КПД ГДТ от передаточного отношения и геометрии лопастных систем. Взаимосвязь основных параметров внешней характеристики, коэффициентов быстроходности колес ГДТ и геометрии лопастной системы.

Гидравлические потери и баланс напоров в ГДТ. Расход в трехколесном ГДТ и его зависимость от геометрии лопастной системы.

Определение основных внешних и внутренних параметров ГДТ в его расчетном режиме работы по заданной геометрии его лопастной системы.

Внутренние характеристики ГДТ, их связь с геометрией лопастной системы, внешней характеристикой и коэффициентом прозрачности ГДТ.

Кавитация в ГДТ и меры ее предотвращения. Проточные и непроточные ГДТ, функции системы питания ГДТ. Давление питания и схемы питания ГДТ. Показатель кавитационных свойств ГДТ и критическое давление питания, методика их определения при испытаниях.

Требования к рабочим жидкостям и их краткая характеристика.

Классификация ГДТ. Конструктивные и функциональные особенности многоступенчатых, блокируемых, реверсирующих и реверсируемых,  $m$  – насосных,  $n$  – турбинных и  $l$  – реакторных ГДТ.

Регулируемые ГДТ – параметры, цели и способы регулирования, примеры конструктивных схем.

Классификация ГДМ.

Регулируемые ГДМ. Параметры и цели регулирования. Конструктивные и функциональные особенности ГДМ, регулируемых изменением геометрии рабочей полости и плотности рабочей жидкости.

ГДМ, регулируемые изменением степени наполнения рабочей полости, их рабочий процесс и внешние характеристики, режимы неустойчивой работы и способы стабилизации.

Ограничивающие ГДМ с радиальными и наклонными лопастями, назначение и принцип действия. Предохранительные ГДМ со статическим и динамическим самоопораживанием. Пусковые и пускотормозные ГДМ. Двухполостные ГДМ.

Способы изменения степени наполнения рабочей полости ГДМ, соответствующие конструктивные схемы, их достоинства и недостатки. Пример применения регулируемой ГДМ в приводе питательного насоса.

Элементы системного подхода в задачах проектирования ГДТ и ГДМ.

Выбор меридионального сечения и определение основных геометрических параметров лопастной системы ГДТ с использованием коэффициента быстроходности рабочих колес. Задачи профилирования рабочих колес и лопастей ГДТ.

## **Аннотация дисциплины**

### **ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Б1.В.ДВ.2.1**

**Целью дисциплины является** формирование знаний и освоение методов расчета прочностной надежности гидравлического оборудования – одного из основных показателей качества.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части Б1.В.ДВ.2.1 основной образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе "Исследование и проектирование автоматизированных

гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачетных единиц – 3.

**Содержание разделов:**

Надежность гидромашин (ГМ). гидроприводов, трубопроводной арматуры. Основные понятия теории надежности. Надежность по основным критериям. Расчет по критерию прочности.

Прочностная надежность лопастных гидромашин. Детерминистический подход к проблеме надежности; коэффициенты запаса прочности. Факторы, определяющие надежность ГМ. Классификация сил, действующих в лопастных гидромашин (ЛГМ). Способы расчета надежности ГМ; математическое моделирование. Основные методы расчетов на прочность ГМ. Вариационные методы. Расчет напряженного состояния лопастей ГТ. Критерии прочности. Нормативный и фактический коэффициенты запаса прочности лопасти. Предварительная оценка прочности лопасти поворотно-лопастной (ПЛ) ГТ. Приближенный расчет лопасти методом Ритца с учетом реальных граничных условий. Алгоритм современного комплексного расчета лопасти ПЛГТ МКЭ.

Усталостная прочность лопастей ГТ. Факторы, влияющие на нее. Характеристики материалов, используемых в ГМ. Запас усталостной прочности лопасти по напряжениям; долговечность лопасти. Допускаемые напряжения в расчетах лопастей на гидростатическую нагрузку.

Расчет лопастей ГТ на динамическую прочность. Приближенный расчет собственных колебаний лопасти как секториальной пластины с учетом реальных граничных условий. Влияние воды и рабочей камеры на частоты и формы собственных колебаний. Частоты вынужденных колебаний. Расчет лопатки направляющего аппарата. Расчетная схема; действующие нагрузки; выбор геометрии лопатки. Анализ напряжений в расчетных сечениях и удельных давлений в направляющих втулках.

Расчетная схема корпуса одноступенчатого насоса. Алгоритм численного интегрирования уравнений равновесия корпуса крупного насоса. Анализ влияния граничных условий гидроиспытаний, осевой разгрузки корпуса, формы меридионального сечения, угла наклона конической части сечения на напряженное состояние корпуса насоса. Особенности расчета корпуса насоса, подкрепленного меридиональными ребрами. Расчет крышек насоса. Крышка как жесткое кольцо. Расчет гладких крышек; расчет ребренных крышек как анизотропных круглых и кольцевых пластин. Запас прочности крышки.

Особенности расчета на прочность валов ГМ. Статическая и усталостная прочность вала. Жесткость вала. Запасы прочности. Критерии статической прочности и выносливости.

Критическая частота вращения вала. Расчет одномассового вала. Учет гироскопического эффекта. Собственные колебания двухмассового вала; расчет вынужденных колебаний. Колебания роторов гидромашин с распределенной массой. Метод начальных параметров. Матрица перехода; влияние податливости опор вала ГМ и гироскопических эффектов на собственные частоты. Продольные и крутильные колебания вала. Вынужденные колебания вала. Учет влияния рабочей жидкости. Влияние конструкции гидромашин на колебания вала.

### **Аннотация дисциплины МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ - Б1.В.ДВ.2**

**Цель дисциплины:** изучение основ инженерно-технических методов организации и технологии монтажных работ средних и крупных гидроагрегатов; организационно обеспечить пуск, наладку и комплексное апробирование смонтированного гидроагрегата.

**Место дисциплины в структуре ООП:** дисциплина по выбору студентов профессионального цикла по направлению подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение» (программа «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов») Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Организация и подготовка монтажных работ. Методы монтажных работ. Проектирование монтажных работ Монтажно-сборочные и производственные базы.

Монтаж закладных частей гидротурбин. Монтаж статоров; сварных спиральных камер. Монтаж камеры рабочего колеса гидротурбины.

Монтаж рабочих механизмов гидротурбины: направляющего аппарата; соединение регулирующего кольца с механизмом поворота лопаток и с тягами сервомоторов.

Монтаж радиально-осевых рабочих колес. Сборка и монтаж поворотных-лопастных рабочих колес крестовинного и безкрестовинного механизмов поворота лопастей рабочего колеса.

Центровка вертикальных гидроагрегатов.

Монтаж направляющих подшипников гидротурбины

Монтаж горизонтальных капсульных гидротурбин.

Пуск, наладка и комплексное опробование смонтированного гидроагрегата.

Проверка и наладка гидроагрегата: до заполнения водой проточной; при заполненной водой проточной части.

Пробный ПУСК гидроагрегата.

Опробование работы гидроагрегата на холостом ход и комплексное опробование под нагрузкой.

Проверка температурного режима подшипников и подпятника.

Проверка действия перевода гидроагрегата в режим синхронного компенсатора и обратно.

Испытания на сброс и наброс нагрузки.

### **Аннотация дисциплины МОНТАЖ, ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ Б1.В.ДВ.3**

**Цель дисциплины:** изучение выполнения монтажа, проведения испытаний и осуществления технического обслуживания автоматизированных гидравлических и пневматических систем и приводов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина по выбору вариативной части профессионального цикла по направлению подготовки магистров 141100 «Энергетическое машиностроение» (программа «Исследование и проектирование гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов»). Количество зачётных единиц – 4.

**Содержание разделов:** Основные операции, выполняемые при монтаже гидро- и пневмооборудования. Подготовка оборудования к монтажу. Консервация и расконсервация. Способы очистки трубопроводов и шлангов. Входной контроль оборудования. Требования к монтажу основного гидравлического оборудования. Промывка гидро- и пневмосистем (ГПС). Основные источники повышенной опасности при использовании ГПС. Последовательность проведения пуско-наладочных работ. Заправка гидросистем рабочей жидкостью. Контроль состояния и параметров оборудования. Методы и способы испытаний на герметичность. Основные источники шума и вибраций. Меры по их снижению.

Классификация испытаний. Гидравлические испытательные стенды. Методы и инструментальные средства измерений основных параметров ГПС. Стендовые системы имитации нагрузок. Испытания типовых гидравлических и пневматических устройств. Методика экспериментального определения динамических характеристик ГПС. Испытания ГПС на внешние механические воздействия. Климатические испытания. Цель и программа ресурсных испытаний. Методы и расчет режимов ускоренных испытаний.

Эксплуатационные факторы, влияющие на надежность работы гидросистем (ГС). Загрязнения, старение и срок службы рабочих жидкостей. Очистка и непрерывный контроль чистоты рабочих жидкостей. Влияние наличия в рабочей жидкости нерастворенного воздуха

и воды на качественные показатели ГС. Меры по предупреждению насыщения воздухом рабочих жидкостей. Особенности эксплуатации ГС в экстремальных условиях. Работоспособность гидравлических устройств и причины её потери. Статистический анализ отказов. Неисправности золотниковых пар. Износ при эксплуатации ГС. Приработка пар трения. Виды технического обслуживания (ТО). Типовой регламент ТО. Ежедневные ТО. Устройства для обслуживания систем и оборудования. Методы поиска неисправностей. Типовые неисправности и способы их устранения. Профилактика неисправностей. Ремонт гидро- и пневмооборудования.

Монтаж и наладка пневмосистем(ПС). Эксплуатация и техническое обслуживание. Загрязнители сжатого воздуха. Обслуживание устройств подготовки воздуха и контроль его загрязненности. Контроль технического состояния пневмосистем. Причины происхождения шума и вибраций в ПС. Способы снижения уровня шума и выноса масляных аэрозолей при работе пневмосистем. Виды неисправностей пневмоустройств и систем. Особенности восстановления изношенных деталей в ПС. Оценка технического состояния ГПС. Критерии их предельного состояния. Нормы герметичности уплотнений. Прогнозирование изменения технического состояния при эксплуатации и остаточного ресурса. Методы инструментальные средства диагностирования. Тепловая диагностика.

#### **Аннотация дисциплины**

### **СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДИНАМИКИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ Б1.В.ДВ.3.2**

**Цель дисциплины:** формирование знаний и умений в области автоматизированных комбинированных исполнительных модулей с разнородными и разнообразными управляющими (информационными) сигналами, используемых в составе гидро-и пневмосистем различных стационарных и мобильных технических объектов (ТО), включая вопросы анализа применимости, комплектации, рационального структурирования и схемотехнического построения, выполнения необходимых расчётов и экспертирования по совокупности назначенных показателей работоспособности и конкурентоспособности.

**Местодисциплины в структуре ООП:** дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин ОПОП подготовки магистров по магистерской программе "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачетных единиц – 4.

**Содержание разделов:**Функциональная и техническая структура автоматизированной гидро- и пневмосистемы технического объекта. Контур управления (КУ) и энергетики (КЭ). Системно-креативный подход как современная методология анализа и оптимизационного проектирования конкурентоспособных комбинированных автоматизированных гидроприводов (КАГП) и пневмоприводов (КАПП). Роль и место автоматизированных комбинированных гидро- и пневмосистем в силовых контурах мобильных и стационарных технических объектов различного вида, исполнения и назначения. Функциональная структура, декомпозиционное, техническое структурирование и классификация автоматизированных комбинированных гидро- и пневмосистем (АКГПС). Понятие, назначение и возможные схмотехнические исполнения информационной, логико-вычислительной и исполнительной подсистем комбинированных гидравлических систем. Специфика постановка и решения задач структурно-параметрического синтеза АКГПС и основных подсистем по совокупности технико-экономических и эксплуатационных показателей при разнородных и разнородных информационных сигналах. Системно-креативный подход как базовая методология эффективного решения прямых и обратных задач. Области предпочтительного применения автоматизированных комбинированных гидравлических (АКГС) и пневматических (АКПС) систем. Электрогидравлические (ЭГСП) и электропневматические (ЭПСП) приводы как типовые исполнительные модули силовых систем современных ТО. Требования, предъявляемые к приводам. Структуры, машинно-аппаратная база. Проблемы исследования и оптимизационного проектирования приводов. Классификация, назначение, структура, особенности построения и требования, предъявляемые к электрогидравлическим и электропневматическим следящим приводам ТО. Структуры одноканальных и многоканальных приводов. Решение проблемы исключения взаимного нагружения каналов. Понятие предельных параметрических и структурных возможностей приводов. Современная машинно-аппаратная база для построения КУ и КЭ комбинированных приводов. Перспективы использования нетрадиционных физических эффектов для построения КУ и КЭ с уникальными технико-эксплуатационными свойствами. Электрогидравлические (ЭГУ) и электропневматические (ЭПУ) усилительной мощности. Электромеханические преобразователи (ЭМП). Схмотехническое исполнение и моделирование контура управления автоматизированного привода. Математические модели, статические и динамические характеристики ЭГУ и ЭПУ. Классификация, назначение, структура, особенности построения и требования, предъявляемые к электромеханическим преобразователям современных ЭГУ и ЭПУ. Статические характеристики электромагнитных электромеханических преобразователей. Математические модели и передаточные функции электромагнитных электромеханических

преобразователей. Математические модели электронного сумматора ЭГСП и ЭПСР, датчиков электрической обратной связи (ОС), блока согласующей аппаратуры в цепи ЭОС и главной электрической ОС привода. Сопоставительный анализ схмотехнических вариантов электрогидравлических усилителей мощности для электрогидравлических следящих приводов с дроссельным управлением(ЭГСП/Д). Энергетические и регулировочные характеристики гидроусилителя «сопло-заслонка». Силовое воздействие струи жидкости из сопел на заслонку гидроусилителя «сопло-заслонка». Энергетические и регулировочные характеристики гидроусилителя «струйная трубка». Силовое воздействие струи жидкости из струйной трубки на якорь электромеханического преобразователя. Математические модели двухкаскадных ЭГУ с силовой ОС. Математические модели двухкаскадных ЭГУ с гидравлической обратной связью. Математические модели двухкаскадных ЭГУ с механической ОС. Математические модели двухкаскадных ЭГУ с электрической ОС. Динамические характеристики ЭГУ и ЭПУ аналогового принципа действия. Математические модели, структурные схемы и динамические характеристики аналоговых ЭГСП с дроссельным управлением. Классификация, схмотехнические и конструкционные исполнения, математические модели и динамические характеристики ЭГСП/Д с электрической и механической ОС. Сравнительный анализ различных ОС. Методы улучшения статических и динамических характеристик приводов за счёт параметрической оптимизации. Классификация групп параметров приводов в зависимости от их связи с энергетическими, диссипативными, инерционными и жёсткостными параметрами ЭГСП/Д. Проблема итерации алгоритмов оптимизационного проектирования на стадии расчёта энергодостаточности и чувствительности для сценариев параметрической оптимизации. Практические методы реализации параметрической коррекции привода за счёт изменения энергетического уровня сигнала, диссипативных факторов, параметров инерции и жёсткости. Коррекция ЭГСП/Д демпфированием золотника выходного каскада ЭГУ, введением дополнительной обратной связи по расходу ЭГУ, динамическому перепаду давлений и с помощью интегро-дифференцирующих динамических звеньев в прямую цепь и ОС привода. Понятие структурной и параметрической коррекции технической системы. Коррекция модели и реального объекта. Классификация основных методов структурной и параметрической коррекции ЭГСП/Д. Коррекция введением дополнительной ОС по запорно-регулирующему элементу выходного каскада усиления ЭГУ. Коррекция введением дополнительной обратной связи по расходу жидкости выходного каскада усиления ЭГУ. Влияние коррекции на статические и динамические характеристики привода. Коррекция введением дополнительной обратной связи по динамическому перепаду давлений в полостях гидродвигателя привода. Коррекция введением интегро-дифференцирующих динамических

звеньев в прямую цепь управляющего сигнала и обратную связь привода. Практическая реализация различных видов структурно коррекции ЭГСП/Д. Математические модели, структурные схемы и динамические характеристики аналоговых ЭГСП с машинным управлением (ЭГСП/М). Функционально-технические структуры, математические модели, структурные схемы, передаточные функции, статические (регулирующие) и динамические характеристики ЭГСП/М с различными видами нагрузки на выходном звене. Специфика построения электрогидравлического механизма управления положением регулирующего органа насоса в ЭГСП/М. Решение проблемы расширения диапазона бесступенчатого регулирования скорости движения выходного звена привода. Коррекция статических и динамических характеристик привода введением дополнительных обратных связей по положению и скорости движения выходного звена. Понятие эталонной модели привода, входящей в программируемый контроллер КУ привода. Математические модели, структурные схемы и динамические характеристики аналоговых ЭГСП с частотным (ЭГСП/Ч) и комбинированным (частотно-дрессельным) управлением (ЭГСП/ЧД). Функционально-технические структуры, математические модели, структурные схемы, передаточные функции, статические (регулирующие) и динамические характеристики ЭГСП/Ч и ЭГСП/ЧД с различными видами нагрузки на выходном звене. Анализ и решение проблемы сокращения времени разгонных режимов приводов. Схемотехнические решения на основе блоков энергонакопления-рекуперации для улучшения разгона привода. Коррекция статических и динамических характеристик привода введением дополнительных обратных связей по положению и скорости движения выходного звена. Понятие эталонной модели привода, входящей в программируемый контроллер КУ привода. Математические модели, структурные схемы и динамические характеристики дискретных КАГП и КАПП. Перспективы развития комбинированных приводов с традиционными и новыми физическими эффектами. Функционально-технические структуры, дискретных КАГП и КАПП. Электрогидравлические следящие приводы с дроссельным управлением и дискретно-аналоговым информационным сигналом – шаговые ЭГСП/Д и ЭПСП/Д. Квази-дискретные комбинированные приводы с цифро-аналоговыми и аналого-цифровыми преобразователями в прямой цепи управляющего сигнала и электронной ОС. Понятие чисто цифрового комбинированного привода. Возможные принципы создания цифровых приводов на основе современных разработок элементной базы. Применение волновых механических передач с дискретными мини-двигателями, логики переключения каналов на базе струйных пневмо- и гидроэлементов, пьезоэлементов, материалов с запоминанием формы – нитинолов и др. Автономные моноблочные электрогидростатические следящие приводы как исполнительные модули перспективных ТО, отвечающих концепции полностью

электрифицированного объекта. Современное состояние и перспективы развития комбинированных автоматизированных гидро- и пневмоприводов.

### **Аннотация дисциплины**

#### **СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАСОСЫ Б1.В.ДВ.4.1**

**Цель дисциплины:** формирование знаний и умений в области специальных насосов и приобретение навыков их использования в разных отраслях промышленности, в том числе в энергетическом машиностроении.

**Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:** дисциплина относится к вариативной по выбору части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению подготовки магистратуры 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (профиль "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов"). Количество зачетных единиц – 4.

**Содержание разделов:** Основы рабочего процесса струйных насосов (СН). Схема, принцип действия и основные виды СН. Основные параметры СН. Теоретические характеристики и КПД СН. Обобщенные характеристики СН, влияние числа Рейнольдса на характеристики СН. Кавитация в СН.

Проектирование и применение СН. Методика МГТУ проектирования СН. Методика ВТИ проектирования СН. Выбор основных размеров проточной части СН. Применение СН.

Основы теории вихревых насосов (ВН). Схема и принцип действия ВН. Гипотеза рабочего процесса. Основное уравнение ВН. Баланс энергии ВН. Виды КПД ВН. Влияние конструктивных элементов на характеристику ВН. Оптимальные соотношения размеров ВН. Методика расчета ВН. Кавитация в ВН. Кавитация в ВН открытого типа Кавитация в ВН закрытого типа. Конструкция ВН, их классификация. Гидравлические силы, действующие на рабочее колесо ВН. Классификация ВН, область их применения.

Основы рабочего процесса дисковых насосов (ДН). Схема, принцип действия и основные особенности ДН. Теоретический напор ДН. Виды потерь энергии и КПД ДН. Расчет параметров и характеристик ДН на основе теории подобия. Кавитация в ДН. Конструкция и проектирование ДН. Конструктивные схемы рабочих колес. Технологические особенности изготовления ДН. Методика расчета основных элементов ДН. Области применения ДН.

**Аннотация дисциплины**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И ДИАГНОСТИКИ**  
**ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**  
**Б1.В.ДВ.4**

**Цель дисциплины:** формирование знаний и умений в области обеспечения надежности и диагностики гидравлического оборудования и систем управления и методов их диагностики.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:**

Дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилю «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов» направления 13.04.03 Энергетическое машиностроение. Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов:**

Основные понятия теории технической диагностики. Области применения диагностических систем. Их классификация. Понятие дефектов, симптомов, диагностических параметров. Функциональная структура диагностических систем. Прямая и обратная задача диагностики. Постановка и характеристика задач. Диагностические параметры и их оценка. Требования, предъявляемые к диагностическим параметрам: измеряемость, информативность, чувствительность и разделительная способность. Статистические методы оценки информативности параметров. Множество покрытия дефектов. Использование теории информации к оценке диагностических параметров. Понятие энтропии. Информативность диагностических параметров. Статистические методы диагностики гидравлического оборудования и систем управления. Выбор диагностических параметров при известной статистике проявления дефектов методом Байеса. Метод последовательного анализа. Методы статистических решений. Дискриминантный анализ. Диагностические модели гидравлического оборудования и систем управления. Особенности диагностических моделей гидравлического оборудования. Аналитические, структурно-функциональные, логические, графовые модели. Понятие рабочей модели. Выбор диагностических параметров с использованием таблицы функций неисправностей и графовых моделей. Алгоритмы поиска неисправностей. Алгоритмы проверки технического состояния гидравлического оборудования и детекции отказов. Классификация алгоритмов. Критерии оценки алгоритмов. Построение оптимальных алгоритмов. Формирование алгоритмов по методу "время-

вероятность". Диагностика гидравлических машин по объемному коэффициенту полезного действия. Особенности диагностики гидравлических машин по объемному коэффициенту полезного действия. Применяемые схемы испытаний. Средства диагностирования гидравлических машин по объемному коэффициенту полезного действия. Термодинамические методы диагностики. Сущность термодинамических методов методов диагностики гидравлических машин. Их преимущества и недостатки. Применяемые схемы испытаний. Средства диагностирования гидравлических машин термодинамическими методами. Методы и средства диагностики гидравлического оборудования по параметрам нагрева корпуса. Виброакустические методы диагностики. Сущность виброакустических методов диагностики. Основные источники вибраций и шума. Применяемые диагностические признаки. Схемы испытаний. Понятие виброакустического канала и его свойства. Средства диагностирования гидравлического оборудования по параметрам вибрации. Диагностика рабочей жидкости. Контроль вязкости, чистоты, оценка содержания воды, нерастворенных газов. Методы диагностирования гидрооборудования по состоянию рабочей жидкости.

#### **Аннотация дисциплины**

### **СОВРЕМЕННЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ - 13.04.03\_А\_Б1.В.ДВ.4.3**

**Цель дисциплины:** формирование знаний в области современных гидравлических и пневматических измерительных комплексов, предназначенных для метрологического обеспечения исследований гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к вариативной части по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилю "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачётных единиц – 4.

#### **Содержание разделов:**

Роль экспериментальных исследований в инженерной и научной деятельности. Гносеологические аспекты экспериментальных исследований. Современные тенденции развития науки в области автоматизации физического эксперимента. Назначение гидравлических и пневматических измерительных комплексов.

Основные контролируемые величины и условия эксперимента в области лопастных насосов. Основные контролируемые величины и условия эксперимента в области гидравлических турбин.

Основные контролируемые величины и условия эксперимента в области объемных гидромашин. Основные контролируемые величины и условия эксперимента в области гидропривода и пневмопривода. Основные контролируемые величины и условия эксперимента в области гидродинамических передач.

Способы модуляции и преобразования информационных сигналов. Типовые структуры измерительных комплексов. Основные узлы измерительных комплексов и их функции. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации. Режимы функционирования измерительных комплексов. Подсистема управления независимыми контролируемыми факторами и ее роль в автоматизации и повышении точности физического эксперимента.

Метрологические характеристики первичных измерительных преобразователей. Первичные измерительные преобразователи давления жидкости и воздуха. Первичные

измерительные преобразователи расхода жидкости и воздуха. Первичные измерительные преобразователи скорости вращения. Первичные измерительные преобразователи силы и крутящего момента. Первичные измерительные преобразователи температуры жидкости и газа.

Назначение и основные принципы построения вторичных измерительных и измерительно-вычислительных устройств. Метрологические характеристики вторичных измерительных и измерительно-вычислительных устройств. Измерительные преобразователи физических величин с цифровым выходным сигналом. Калибровка измерительных устройств и способы ее автоматизации.

Назначение системных и приборных интерфейсов. Основные элементы и техническая база приборных и системных интерфейсов. Программное обеспечение приборных и системных интерфейсов. Методы проектирования прикладного программного обеспечения для автоматизированных измерительных комплексов в среде LabVIEW.

Краткая характеристика основных задач по первичной обработке экспериментальных данных. Методы организации и режимы выполнения вычислительных операций. Обнаружение грубых погрешностей эксперимента. Аппроксимация экспериментальных данных. Автоматизация графической обработки экспериментальных данных. Метод определения случайной предельной погрешности в случае не равноточных измерений. Метод определения случайной предельной погрешности для равноточных измерений. Предельная погрешность результатов автоматизированного эксперимента.

#### Аннотация дисциплины

#### ПРОБЛЕМЫ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕГЕТИКИ 13.04.03\_А\_Б1.В.ДВ.5.1

Цель дисциплины: изучить основные принципы проектирования оборудования для объектов малой гидроэнергетики.

Место дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к вариативной части блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки магистратуры 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (профиль «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов»). Количество зачетных единиц – 2.

Содержание разделов: Основы классификации малых ГЭС по располагаемому напору и установленной мощности. Номенклатура реактивных гидротурбин для МГЭС. Принцип получения номенклатурных рядов предельных напоров и диаметров рабочих колес. Выбор расчетных параметров гидроагрегатов МГЭС. Особенности расчета и проектирования опорных узлов малых гидротурбин.

Круговая диаграмма работы гидромашин. Применение насосных агрегатов в качестве турбин. Основные методы расчета для проектирования малых ковшевых и двукратных гидротурбин.

Особенности применения асинхронных двигателей в качестве генераторов малых гидротурбин. Основные задачи систем управления и защиты гидроагрегатов. Методы и устройства поддержания частоты вращения турбины при работе на сетевую и автономную нагрузку.

Подготовка и установка оборудования. Входной контроль. Требования к монтажу и отладке. Центровка агрегатов с валом. Апробация турбинного агрегата на холостом ходу. Испытание гидромашин под нагрузкой. Последовательность пуско-наладочных работ и

передачи агрегатов в эксплуатацию. Общие требования техники безопасности при проведении монтажа оборудования, эксплуатации и испытаниях.

Методы и средства измерений и контроля, виды дефектов. Контроль узлов и деталей турбины. Состояние вопросов мониторинга при эксплуатации турбинного оборудования. Системы мониторинга оборудования с использованием ЭВМ. Характерные неисправности работы турбины, их идентификация и способы устранения.

#### **Аннотация дисциплины**

#### **УПЛОТНИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА - 13.04.03\_А\_Б1.В.ДВ.5.2**

**Цель дисциплины:** формирование знаний в области уплотнительной техники, приобретение умений расчета и выбора уплотнений для герметизации рабочих полостей гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:** Дисциплина относится к вариативной части по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилю "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачетных единиц – 2.

#### **Содержание разделов:**

Рабочая, окружающая и разделительные среды, их основные параметры и свойства.

Классификация уплотнений, принципиальные и конструктивные схемы, преимущества и недостатки различных классов и подклассов.

Эксплуатационные характеристики уплотнений. Методы и критерии оценки негерметичности, классы негерметичности.

Расчетная (базовая) кинематическая схема течения в щелевых зазорах уплотнений, уравнения Рейнольдса. Утечки в щелевых зазорах и их расчет. Гидродинамические силы в щелевых зазорах уплотнений.

Общие положения теории герметичности, режимы течения и коэффициент формы.

Режимы трения.

Критериальные зависимости и их использование для торцовых уплотнений валов и эластичных уплотнений возвратно-поступательного движения.

Материалы, используемые в уплотнительной технике и их свойства.

Механизм герметизации пассивных уплотнений неподвижных соединений и основы их расчета.

Разновидности пассивных уплотнений неподвижных соединений.

Механизм герметизации активных уплотнений неподвижных соединений, основы их расчета и разновидности.

Конструктивные схемы и типы торцовых уплотнений.

Механизм герметизации торцовых уплотнений; двойные и тандемные торцовые уплотнения.

Методы расчета и выбора торцовых уплотнений.

Гидродинамические и гидростатические торцовые уплотнения.

Технология изготовления, требования к монтажу.

Исследование натурального комплекта двойного торцового уплотнения.

Основные конструктивные группы и области применения уплотнений соединений пар возвратно-поступательного движения (УПС).

Особенности характеристик и методы расчета эластомерных УПС.

Особенности характеристик и методы расчета пластмассовых и комбинированных УПС. Поршневые кольца.

Уплотнения в гидро- пневмоцилиндрах.

Определение объема утечек уплотнения штока для заданных условий эксплуатации с использованием данных по прототипу и формулы пересчета по подобию.

Основные конструктивные группы и области применения уплотнений соединений пар вращательного движения (УВ).

Механизм герметизации и расчет манжетных уплотнений валов.

Тепловой расчет манжетных уплотнений валов.

Определение вероятных утечек в партии манжетных уплотнений вала для заданных условий эксплуатации с использованием класса не герметичности прототипа.

Механизм герметизации и основы расчета уплотнений с сальниковой набивкой. Разновидности сальниковых набивок.

Разновидности и области применения щелевых уплотнений.

Режимы течения в зазорах щелевых уплотнений.

Конструкции уплотнений с плавающими кольцами, их статистический расчет и динамика.

Типы гидродинамических уплотнений, механизм герметизации.

Винтовые и лабиринтно-винтовые уплотнения, методики их расчета.

Стояночные уплотнения.

Комплексы для токсичных и пожаровзрывоопасных сред.

Комплексы для высокотемпературных сред.

Комплексы для сред с высоким содержанием твердых включений.

#### **Аннотация дисциплины**

### **ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКА В ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И АГРЕГАТАХ - 13.04.03\_А\_Б1.В.ОД.7**

**Цель освоения дисциплины:** формирование знаний в области автоматизированного электропривода и средств электроавтоматики, предназначенных для эффективного управления рабочими органами машин в гидропневматических системах и агрегатах.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** обязательная дисциплина вариативной части блока 1 «Базовая часть» по направлению подготовки 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Магистерская программа «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов». Количество зачетных единиц - 3 ЗЕ (108 час.).

#### **Содержание разделов:**

Электропривод – назначение, определение, структура, состав, область применения, сравнение с другими типами приводов. Основы механики, уравнение движения, регулирование координат. Электроавтоматизация на базе электроприводов постоянного тока. Электроавтоматизация на базе электроприводов переменного тока. Энергетика электропривода. Системы управления и элементы проектирования электроприводов.

## **Аннотация дисциплины**

### **НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА - 13.04.03\_А\_Б1.В.ДВ.1.1**

**Цель дисциплины:** освоение теоретических и практических вопросов в области использования энергетических установок на базе ветровой и гидравлической энергии.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к вариативной части по выбору блока 1 подготовки магистров направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» по профилю «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов». Количество зачетных единиц - 2.

#### **Содержание разделов:**

Энергетическая система. Роль гидроэнергетических установок и ветроэнергетических установок в современном топливно-энергетическом комплексе России.

Гидрологические основы гидроэнергетики. Водноэнергетический кадастр открытого водотока. Метод линейного учета. Метод «красной» линии для расчета технико-экологического потенциала малой гидроэнергетики в современных условиях. Баланс напоров, расходов и мощности разных схем концентрации напора ГЭС. Напорные и мощностные характеристики створа и русловых ГЭС с одинаковыми агрегатами. Водохозяйственные и водноэнергетические расчеты. Регулирование речного стока водохранилищами ГЭС.

Основные климатические, статистические и энергетические характеристики ветра. Методика моделирования ресурсов ветра в заданной точке А на высоте h по данным метеостанции аналога и аэрологической метеостанции. Методика определения годовой выработки и энергетических показателей ВЭУ по дифференциальной повторяемости скорости ветра. Методика определения годовой выработки ВЭС по многолетнему ряду наблюдений. Выбор схемы размещения ВЭУ на площадке ВЭС. Методика расчета выработки ВЭС. Категории ветроэнергетического потенциала (ВЭП) .

## **Аннотация дисциплины**

### **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ - 13.04.03\_А\_Б1.Б.4**

**Цель дисциплины:** освоение теоретических и практических вопросов в области использования энергетических установок на базе возобновляемых источников энергии (гидро-, ветро- и солнечных ресурсов).

**Место дисциплины в структуре ООП:** базовая дисциплина блока 1 подготовки магистров прикладной магистратуры направления 13.04.02 «Электроэнергетика и

электротехника» по магистерской программе «Гидроэнергетические установки». Количество зачетных единиц - 6.

**Содержание разделов:** Цели и задачи курса. Классификация источников энергии. Классификация возобновляемых источников энергии. Сравнение ВИЭ с традиционными источниками энергии. Категории потенциалов ВИЭ. Место и значение ВИЭ в современном топливно-энергетическом комплексе мира и России. Экономические аспекты ВИЭ. Законодательные схемы поддержки ВИЭ в мире и России. Технические особенности использования ВИЭ в системах централизованного и децентрализованного энергоснабжения. Подход к проектированию систем децентрализованного энергоснабжения. Современное информационное обеспечение для оценки ресурсов ВИЭ. Использование ВИЭ в условиях России. Основные понятия и определения ветроэнергетики (ВЭ). Современное состояние и перспективы развития ВЭ в мире и России. Информационное обеспечение по ветровым ресурсам. Основные влияющие факторы на формирование ветра в приземном слое атмосферы. Основные климатические и статистические характеристики ветра. Теоретические повторяемости скорости ветра. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия. Классификация ветроэнергетических установок (ВЭУ). ВЭУ с горизонтальной и вертикальной осью вращения: принцип работы; назначение основных компонентов; преимущества и недостатки. Энергетические характеристики и показатели ВЭУ, а также методы их расчета. Особенности выбора параметров ВЭУ, работающих в централизованных и децентрализованных системах энергоснабжения. Баланс энергии ВЭУ и ВЭС. Основные понятия и определения малой гидроэнергетики (МГЭ). Основные свойства водных ресурсов. Современное состояние и перспективы развития МГЭ в мире и России. Основные предпосылки развития малой гидроэнергетики в современной России. Основные отличия МГЭ от традиционной гидроэнергетики. Источники энергопотенциала МГЭ и традиционной гидроэнергетики. Экологические и экономические аспекты МГЭ. Классификация малых ГЭС (МГЭС) в мире и России. Категории потенциалов МГЭ. Классификация малых ГЭС (МГЭС) в мире и России. Конструктивные особенности МГЭС. Состав и компоновка МГЭС по схеме создания напора. Унификация оборудования МГЭС и других проектных решений. Основные конструкции микроГЭС: микроГЭС рукавного типа, свободнопоточные микроГЭС, сифонные микроГЭС, гирляндные микроГЭС. Основные понятия и определения солнечной энергетики. Современное состояние и перспективы развития СЭ в мире и России. Схема вращения Земли вокруг Солнца. Потери солнечного излучения (СИ). Спектр СИ. Основные составляющие СИ на Земле. Основные показатели и переменные СИ, и методы их расчета. Геометрия приемной площадки и Солнца. Информационно-методическое обеспечение по расчету солнечной радиации. Основные формы преобразования энергии Солнца. Физические

основы солнечной фотоэнергетики. Основные энергетические характеристики солнечного элемента (СЭ). Технологии и материалы СЭ. Устройство фотоэлектрической системы (СФЭС). Энергетические характеристики СФЭС. СФЭС в централизованных и децентрализованных системах. Солнечные тепловые электростанции. Концентраторы СИ. Солнечные коллекторы (СК) и схемы их применения.

#### **Аннотация дисциплины**

### **ПРОГРАММИРУЕМЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМАХ 13.04.03\_А\_Б1.В.ДВ.5.3**

**Цель дисциплины** – формирование знаний в области программирования промышленных контроллеров, разработка логических алгоритмов при создании программ управления, определение конфигурации промышленного контроллера и подключенного к нему оборудования.

**Место дисциплины в структуре ООП:** дисциплина относится к вариативной части по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы по магистерской программе "Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов" направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение». Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** Введение в автоматизацию технологических процессов и производств с использованием программируемых логических контроллеров. Знакомство с основными типами конструкций контроллеров. Знакомство со средой моделирования электропневматических систем FluidSim. Изучение основ языка программирования STL. Синтаксис и основные команды языка STL. Написание программы управления для контроллера с использованием возможностей языка STL. Изучение основ языка программирования GRAPH. Синтаксис и основные команды языка GRAPH. Написание программы управления для контроллера с использованием возможностей языка GRAPH. Изучение основных элементов используемых при программировании контроллеров. Изучение принципа работы электропневматического лабораторного стенда «Сортировка» компании Festo.

#### **Аннотация дисциплины**

### **СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ - 13.04.03\_А\_Б1.Б5**

**Цель дисциплины:** изучение современных способов аккумулирования энергии с целью использования в периоды её дефицита или в аварийных ситуациях.

**Место дисциплины в структуре ООП:** дисциплина базовой части профессионального цикла по профилю «Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов» направления подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение». Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Способы повышения качества рабочего процесса реактивных гидротурбин. Концепции реконструкции гидротурбинного оборудования ГЭС; модернизация вспомогательного оборудования; применение современных систем автоматического управления технологическими процессами.

Способы создания аккумулирующих электростанций; гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС); определение рабочих параметров обратимой гидромашины применительно к условиям конкретной ГАЭС. Режимы работы обратимых гидроагрегатов ГАЭС.

*Воздушно-аккумулирующие электростанции (ВАЭС): способы аккумулирования энергии сжатого воздуха. Схема циклов рабочего процесса воздушно-аккумулирующей станции. ВАЭС с постоянным давлением воздуха в подземном хранилище. Безтопливные ВАЭС с адиабатическим сжатием воздуха.*

Приливные гидроэлектростанции (ПЭС); схема использования энергии приливов; плотинные и безплотинные; свободнопоточные гидротурбины.

Использование энергетического потенциала морских волн. Технические способы преобразования энергии волн.

·  
·