

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Д.С. Гуц / Д.С. Гуц /
«10» марта 2023 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по научной специальности
2.5.10. Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная
техника, гидро- и пневмосистемы

Красноярск 2023

Введение

В основу настоящей программы положены базовые разделы по основам теории надежности, основам метрологии и стандартизации, теории машин и механизмов, системам гидро- пневмоприводов, системам управления приводами, компьютерным методам проектирования и моделирования и др.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Минобразования России по машиностроению при участии СПбГПУ, СПб института машиностроения РАН, МАИ(ТУ) и МГТУ им. Баумана.

Классификация приводов. Гидравлические, пневматические и смешанные приводы. Основные характеристики и области применения.

Состояние теории, расчета и проектирования приводов, перспективы развития. Методы анализа и синтеза. Детерминированные и статистические методы. Задача оптимального проектирования. Понятие о компьютерных методах проектирования приводов.

Системы гидроприводов. Структурные и принципиальные схемы объемных гидроприводов, гидродинамических передач, следящих и электрогидроприводов. Сравнительная оценка. Область применения систем гидроприводов.

Объемные гидравлические машины. Их классификация, конструктивные схемы. Особенности кинематики аксиально-поршневых карданных и бескарданных, поршневых многократного действия, шиберных, шестеренных, коловратных, планетарно-роторных гидромашин. Области применения. Особенности конструкций узлов распределения рабочей жидкости в гидромашинах. Индикаторные диаграммы гидромашин. Пути совершенствования рабочих процессов в гидромашинах. Борьба с шумом. Определение потерь в гидромашинах. Узлы с гидростатической разгрузкой и гидростатические подшипники в гидромашинах. Силы, действующие в объемных гидромашинах. Статические и динамические характеристики. Методы проектирования.

Гидроцилиндры. Основные схемы. Методы выбора и расчет основных параметров гидроцилиндров.

Направляющие и регулирующие гидрораспределители для управления объемными гидродвигателями.

Регулирующие гидроаппараты. Основные типы регулирующих гидроаппаратов. Основные виды и характеристики постоянных дросселей. Основные виды регулируемых дросселей и их особенности при использовании в системах гидроавтоматики.

Золотниковые дросселирующие гидрораспределители. Объемные статические и энергетические характеристики золотниковых гидрораспределителей, работающих от источников с постоянным давлением, а также от источников с постоянным расходом. Силы, действующие на золотниках.

Основные характеристики регулируемого дросселя "сопло - заслонки". Силы, действующие на заслонку. Одно- и двухщелевой дросселирующий гидрораспределитель типа "сопло-заслонка". Обобщенные статические и энергетические характеристики.

Гидрораспределители со струйной трубкой. Основные схемы. Статические и энергетические характеристики.

Принципиальные схемы и основные элементы гидравлических исполнительных механизмов с объемным управлением. Особенности исполнительного механизма по сравнению с гидропередачей. Скоростная, силовая и внешняя характеристики исполнительного механизма. Ограничение по нагрузке. Динамические характеристики ГИМ с объемным управлением. Передаточная функция и частотная характеристика. Переходные процессы в исполнительном механизме.

Статические, энергетические и динамические характеристики ГИМ с объемным управлением.

Основные элементы и принципиальные схемы гидравлических исполнительных механизмов с дроссельным регулированием.

Статические и энергетические характеристики гидравлических исполнительных механизмов с дроссельным регулированием. Влияние геометрических характеристик распределителей на характеристики исполнительных механизмов. Мощность и коэффициент полезного действия гидравлических исполнительных механизмов. Нагрев рабочей жидкости в системах дроссельного управления.

Динамические характеристики гидравлического исполнительного механизма дроссельного управления. Математические модели идеального и реального исполнительного механизма.

Динамические характеристики гидравлических следящих систем дроссельного регулирования.

Уравнение движения гидравлической следящей системы дроссельного управления с учетом сжимаемости и перетечек жидкости. Демпфирование. Устойчивость, методы повышения устойчивости.

Гидравлические усилители мощности. Основные схемы, характеристики и параметры гидравлических усилителей мощности: без обратной связи, с обратной связью по положению распределительного золотника, по расходу жидкости и нагрузке исполнительного механизма.

Статические и динамические характеристики гидравлических усилителей без обратной связи.

Статические и динамические характеристики гидравлических усилителей с обратной связью по перемещению распределительного золотника.

Электрогидравлические следящие системы. Основные принципы построения.

Основные элементы электрогидравлических систем.

Электрические усилители, датчики положения, датчики скорости, датчики давления постоянного и переменного тока.

Электромеханические преобразователи. Принципы работы, схемы. Статические и динамические характеристики и их связь с основными параметрами.

Электрогидравлические усилители-преобразователи. Основные принципы схемного построения. Статические и динамические характеристики. Сравнительный анализ.

Электрогидравлические следящие приводы. Основные схемы. Принципы построения. Методы обеспечения устойчивости и повышения добротности. Синтез корректирующих электрических и гидромеханических устройств.

Электрогидравлические приводы с широтно-импульсным управлением. Основные схемы. Статические характеристики. Методы повышения устойчивости. Методы синтеза гидроприводов. Методы коррекции. Анализ характеристик приводов при случайных воздействиях.

Аналоговая гидравлическая техника. Электрогидравлическая аналогия в неустановившемся режиме.

Функциональные гидравлические сопротивления. Гидравлический капилляр как комплексное гидравлическое сопротивление. Активное гидравлическое емкостное и индуктивное сопротивление. Гидравлический операционный усилитель и его функциональные возможности. Применение гидравлической аналоговой техники для автоматизации производственных процессов и для коррекции динамических свойств гидравлических следящих систем.

Гидравлические логические элементы, их разновидности и конструктивные особенности. Построение логических звеньев, реализующих функции "И", "ИЛИ", "НЕ". Триггеры с отдельными и счетными входами на базе гидравлических логических элементов. Методика синтеза логических блоков для управляющих устройств или дискретных систем программного управления. Применение таблиц состояний и переходов для минимизации логических систем.

Принципы действия и области применения гидравлических дискретных систем. Принципы дискретного регулирования скорости и перемещения силовых гидравлических механизмов. Классификация гидравлических дискретных систем. Преимущества и области применения дискретных гидравлических систем.

Дискретное регулирование скорости в силовых разомкнутых гидроприводах. Импульсное регулирование в гидравлических разомкнутых системах с широтной и частотной модуляцией. Электрогидравлические импульсные системы с частотно-импульсной модуляцией и формированием импульсов расхода.

Гидравлические и электрогидравлические дискретные следящие системы. Основные режимы работы гидравлических релейных следящих систем. Гидравлические релейные позиционные следящие системы. Гидравлические релейные контурные следящие системы. Методы расчета устойчивости релейных систем. Электрогидравлические импульсные следящие системы с широтно-импульсной модуляцией. Электрогидравлические импульсные следящие системы с частотно-импульсной модуляцией. Динамические характеристики гидравлических импульсных систем.

Гидравлические и электрогидравлические цифровые и шаговые приводы. Классификация гидравлических дискретных приводов. Принципы действия и устройство цифро-аналоговых преобразователей. Электрогидравлические шаговые приводы, их устройство, и динамические характеристики.

Гидродвигатели с цифровым управлением. Особенности их конструкции и расчета. Шаговые гидродвигатели. Принципы действия, особенности расчета их конструирования. Области эффективного применения цифровых и шаговых гидроприводов.

Объемные гидропередачи. Автоматическое регулирование гидропередач в режиме постоянной мощности. Устройство и методика расчета автоматических регуляторов производительности насоса. Математическое описание и расчет устойчивости автоматических регуляторов гидромоторов.

Двухпоточные гидропередачи с внутренним и внешним разделением потока мощности, основные схемы и особенности расчета.

Гидродинамические передачи. Основные схемы систем с гидродинамическими передачами. Область применения.

Гидромуфты. Баланс энергии, внутренняя и внешняя характеристики. Тормозные режимы. Уравнения подобия и безразмерные характеристики. Нагружающие и энергетические свойства гидромуфты. Работа гидромуфты в приводе с различными типами двигателей. Предохранительные гидромуфты, их статические и динамические характеристики. Гидромуфты с наклонными лопатками, особенности их применения. Внешние статические и динамические характеристики. Расчет теплового баланса гидромуфт. Регулирование гидромуфт. Расчет осевых сил, способы их компенсации. Параметрические ряды гидромуфт. Перспективы усовершенствования конструкций и внешних характеристик гидромуфт.

Синтез гидромуфт с учетом неустановившихся режимов их работы в приводах различных машин и механизмов.

Системы пневмоприводов. Основные характеристики процесса сжатия воздуха. Понятие давления, влажности, состава газообразного рабочего тела.

Типы пневматических исполнительных устройств поступательного и вращательного движения. Поршневые, мембранные, шланговые, сильфонные, роторные приводы, пневматический «мускул».

Стандарты ISO для пневматических приводов.

Газодинамические законы. Газодинамические модели наполнения и опорожнения полостей постоянного и переменного объема.

Пневматический привод одностороннего действия. Статическая характеристика привода одностороннего действия. Циклограмма его работы. Динамика привода.

Пневматический привод одностороннего действия с пружинным возвратом. Статическая характеристика. Ограничения по ходам. Циклограмма работы. Динамика привода.

Пневматический поршневой привод двухстороннего действия. Циклограмма работы. Динамика привода. Пневматические мембранные приводы.

Пневматические позиционеры. Основные схемы. Цифровой пневматический привод. Следящий пневматический привод. Сложности реализации следящего режима.

Пневмогидравлические приводы. Области применения. Преимущества и недостатки по сравнению с гидравлическими и пневматическими приводами. Методика расчета статических и динамических характеристик пневмогидравлических приводов.

Пневматические распределительные устройства. Распределители клапанного и золотникового типа. Цилиндрические и плоские золотники. Расчет золотников и выбор основных размеров. Схемы распределителей с импульсным и потенциальным управлением. Расчет параметров золотниковых пружин.

Устройства регулирования скорости исполнительных механизмов. Основные конструктивные схемы дросселей. Обратные клапаны и дроссели с обратным клапаном. Основные схемы подключения устройств регулирования скорости исполнительных механизмов. Их сравнительные характеристики.

Аппаратура подготовки воздуха. Основные схемы фильтров, регуляторов давления, маслораспределителей. Классы чистоты воздуха. Технические решения обеспечения требуемой степени очистки воздуха.

Расчет упругих элементов регуляторов давления. Регуляторы со сбросом воздуха из системы и без сброса. Клапаны сброса.

Усилители давления. Расчет параметров усилителей давления. Принципы действия осушителей воздуха.

Контрольная пневматическая аппаратура. Классификация, основные конструкции.

Преобразователи. Цифроаналоговый преобразователь. Аналого-цифровой преобразователь.

Элементы математической логики. Понятие алгебры логики. Конъюнктивные и дизъюнктивные нормальные формы.

Различные виды пневматических систем управления. Централизованные системы с временным управлением. Централизованные системы с путевым управлением. Децентрализованные системы с путевым управлением.

Синтез одноктактных систем управления. Определение одноктактной системы управления. Синтез системы управления несколькими исполнительными устройствами. Составление описания алгоритма работы системы. Способы упрощения схемы пневматического управляющего устройства.

Синтез многотактных систем управления. Определение многотактной системы управления, как системы с изменяемым внутренним состоянием или как системы с памятью. Представление многотактной системы управления в виде логического многополюсника (одноктактного эквивалента, многотактной системы с элементами с обратной связью).

Запись условий работы машины-автомата. Автономные и неавтономные системы управления. Циклограмма системы управления машины-автомата. Запись условий работы машины-автомата с помощью таблицы включений и с помощью графа. Нагруженный граф. Минимальное число элементов памяти. Реализуемые и нереализуемые таблицы включений.

Синтез многотактных систем управления приводами с двухсторонними распределителями.

Структурно-ориентированное формализованное описание условий работы управляющего устройства. Графы циклических процессов. Синтез по позиционной структурной стандартной организации.

Основные преимущества и недостатки пневматически управляющей техники и ее место в общем классе технических средств управления приводами. Реализация логических функций на струйных элементах и стандартных пневматических элементах.

Основная литература

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для студентов вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев [и др.]. - 5-е изд., стереотип. - Москва: Альянс, 2011. - 423 с.
2. Гидравлические и пневматические машины: учебно-методическое пособие / Сибирский федеральный университет, Политехнический институт; сост. А. М. Альмохаммад [и др.]. - Красноярск: СФУ, 2018. - 164 с.
3. Голубев, В. И. Монтаж, испытания и эксплуатация гидроприводов: Учебное пособие для вузов по специальности "Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика" / В. И. Голубев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). - М.: Изд-во МЭИ, 2000. - 132 с.
4. Захаров, А. С. Авиационное гидравлическое оборудование: учебное пособие / Захаров А. С., Сабельников В. И. - Новосибирск: НГТУ, 2017. - 406 с.
5. Иоффе, А.М. Гидравлическое, пневматическое и смазочное оборудование металлургических цехов / А. М. Иоффе, И. А. Мазур. - Москва: Металлургиздат, 2009. - 960 с.
6. Корнюшенко, С. И. Основы объемного гидропривода и его управления: учебное пособие / С.И. Корнюшенко. - 1. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 338 с.
7. Лозовецкий, В.В. Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин: учебное пособие / В. В. Лозовецкий. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 560 с.
8. Никитин О. Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов: учеб. пособие для вузов/О. Ф. Никитин. - 2007
9. Никитин, О.Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов: курс лекций с решением примеров: учеб. пособие для вузов / О. Ф. Никитин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - 312 с.
10. Никитин, О.Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов: курс лекций с решением примеров: учеб. пособие для вузов / О. Ф. Никитин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - 312 с.
11. Никитин, О.Ф. Рабочие жидкости гидроприводов (классификация, свойства, рекомендации по выбору и применению): учеб. пособие для студентов вузов / О. Ф. Никитин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - 150 с.
12. Сазанов, И. И. Гидравлика: учебник / И.И. Сазанов; Московский государственный технологический университет "Станкин". - 1. - Москва: ООО "КУРС", 2019. - 320 с.
13. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы: справочник / В. К. Свешников. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 2008. - 639 с.
14. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / Л. А. Кондаков; ред. А. И. Голубев. - Москва: Машиностроение, 2006. - 464 с

Дополнительная литература

1. Васильченко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник / В. А. Васильченко. - Москва: Машиностроение, 1983. - 301 с.
2. Гидравлика в машиностроении: учебник для вузов: в 2-х ч. / А. Г. Схиртладзе [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - Текст: непосредственный. Ч. 1. - 2011. - 391 с.
3. Гидравлика в машиностроении: учебник для вузов: в 2-х ч. / А. Г. Схиртладзе [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - Текст: непосредственный. Ч. 2. - 2011. - 495 с.
4. Горещкая, Е.Н. Повышение эффективности эксплуатации гидрофицированных машин на основе управления процессом их технического обслуживания: Моногр. / Е.Н. Горещкая. - Москва: МАКС Пресс, 2002. - 146 с.

5. Каверзин, С.В. Курсовое и дипломное проектирование по гидроприводу самоходных машин: учеб. пособие / С. В. Каверзин. – Красноярск: Офсет, 1997. - 382 с.
6. Каверзин, С.В. Обеспечение работоспособности гидравлического привода при низких температурах: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению "Эксплуатация трансп. средств" / С.В. Каверзин, В.П. Лебедев, Е.А. Сорокин; ред. С.В. Каверзин. - Красноярск: Офсет, 1998. - 238 с.
7. Кондаков, Л.А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем / Л. А. Кондаков. - Москва: Машиностроение, 2002. - 217 с.
8. Коновалов, В.М. Очистка рабочих жидкостей в гидроприводах станков / В. М. Коновалов, В. Я. Скрицкий, В. А. Рокшевский. - Москва: Машиностроение, 1976. - 288 с.
9. Петров, В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин / В. А. Петров. - Москва: Машиностроение, 1988. - 248 с.
10. Потапенков, А.П. Теория и практика гидро- и пневмоприводов: учебное пособие / Потапенков А.П., Пилипенко С.С., Серебренников Ю.Г. - Норильск: НГИИ, 2014. - 245 с.
11. Скрицкий, В.Я. Эксплуатация промышленных гидроприводов / Скрицкий В.Я., Рокшевский В.А. - Москва: Машиностроение, 1984. - 176 с.
12. Техническая диагностика гидравлических приводов. /ред. Т.М. Башта. М.: «Машиностроение», 1989. - 264 с.

Паспорт научной специальности 2.5.10. «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы»

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.5. Машиностроение

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

Технические

Шифр научной специальности:

2.5.10. Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы

Направления исследований:

1. Математическое моделирование и оптимизация гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе.
2. Методы расчетов гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также комплектующего эти системы оборудования.
3. Методы и методики экспериментального исследования гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе.
4. Исследование физических взаимосвязей между рабочими процессами, конструкторско-технологическими факторами и техническими характеристиками гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также оборудования этих систем.

5. Разработка и исследование систем, методов и алгоритмов диагностики, управления и регулирования гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также оборудования этих систем.

Смежные специальности (в т.ч. в рамках группы научной специальности):

- 2.5.2. Машиноведение
- 2.5.3. Трение и износ в машинах
- 2.5.6. Технология машиностроения
- 2.5.9. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды
- 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы
- 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы

Разработчик:

Доцент кафедры

Транспортных и технологических машин ПИ

канд. техн. наук, доцент



Е.А. Сорокин