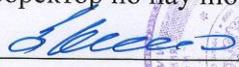


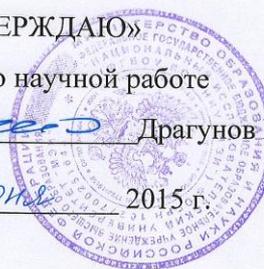
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

  
Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 15.06.01 Машиностроение

Направленность (специальность) 05.04.13 Гидравлические машины, гидропневмоагрегаты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Структурный синтез и оптимизация комбинированных систем управления»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов,

Семестр 7, в том числе 6 часов – контактная работа,

84 часа – самостоятельная работа,

18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.04.13 Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является изучение подходов к постановке и выполнению структурного синтеза и оптимизации комбинированных систем управления, включающих электро- и оптогидравлические исполнительные модули для различных мобильных и стационарных технических объектов.

**Задачами** дисциплины являются:

– изучение современной методологии постановки и решения задач структурной и параметрической оптимизации для комбинированных технических систем с конфликтными, инвариантными и бесконфликтными структурами;

– ознакомление с научными основами решения инновационных проектных и бизнес-задач на основе методологии ТРИЗ применительно к электро-и оптогидравлическим исполнительным модулям силовых систем;

– изучение методов предварительной, текущей и финишной оценки перспективности комбинированных исполнительных и информационных технических устройств с разнородными энергоносителями сигналов для получения оптимизированного по Парето исполнительного модуля.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

– владение методологией анализа методов решения оптимизационных задач для получения конкурентоспособных электрогидравлических исполнительных модулей (ПК-1);

– способность использовать существующие методы и разрабатывать сценарно-содержательные процедуры для формирования алгоритмов решения оптимизационных структурно-параметрических задач в многокритериальной постановке по Парето применительно к электрогидравлическим ис-

полнительным модулям силовых систем стационарных и мобильных технических объектов (ПК-2).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **Знать**

- современные подходы и сценарно-содержательные аспекты базовых процедур решения оптимизационных задач в многокритериальной постановке по Парето, а также с помощью вводимых обобщённых функционалов конкурентоспособности (УК-1; ОПК-2,3);
- научные достижения в области оптимизации электрогидравлических исполнительных модулей по совокупности показателей функционального назначения и конкурентоспособности (УК-1; ПК-1);
- методы моделирования комбинированных силовых систем управления и способы организации научных исследований, проектирования, оценки результатов решений по совокупности частных ПР и ПК (УК-1; ОПК-1; ПК-1,3);
- типовые и перспективные структурные и параметрические решения оптимизированных комбинированных СС по частным ПР и ПК.

### **Уметь:**

- формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники (ОПК-2);
- организовать и проводить научные исследования и проектирование гидравлических и пневматических систем и агрегатов (ПК-1);
- научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования гидравлических машин, гидро- и пневмоприводов, систем гидро- и пневмоавтоматики (ПК-3);

### **Владеть:**

- методами оценки научных достижений, генерированием новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### 1. Структура и классификация комбинированных силовых систем управления современных технических объектов (10 часов)

Структура силовой системы (СС) современного технического объекта (ТО). Требования, предъявляемые к силовым системам ТО. Применение разнородных и разнотиповых потоков энергии и информации в силовых системах. Понятие комбинированной СС с гидравлическими энергетическими каналами (ГСС). Структурные и параметрические признаки модели и реальной силовой системы. Виды структур – функциональная, техническая и конструкционная структуры. Классификация ГСС по схемам энергопитания, управления, резервирования и дополнительному функциональному набору.

Современная концепция формирования СС и ГСС технического объекта по совокупности требований к функциональности и конкурентоспособности.

Проблемы разработки конкурентоспособной ГСС для конкретного ТО.

### 2. Системно-креативный подход как эффективная методология постановки и решения многокритериальных оптимизационных задач комбинированных силовых систем управления (15 часов)

Системно-креативный подход как базовая методология исследования и создания конкурентоспособных комбинированных систем. Декомпозиция информационного и энергетического массивов жизненной среды (надсистемы) СС на входные (ресурсные) факторы, дестабилизирующие воздействия и выходные показатели. Принципы формирования подмассива показателей функционального назначения – работоспособности (ПР), подмассива показате-

телей конкурентоспособности – совершенства (ПК) и побочных выходных показателей системы.

Анализ взаимной согласованности и конфликтности ПК и формирование базовых показателей конкурентоспособности системы. Обработка исходных размерных ПК и образование подмассива канонизированных показателей конкурентоспособности. Структурная сущность конфликта между частными ПК СС. Понятие конфликтных, инвариантных и бесконфликтных структур СС. Специфика конфликтности частных ПК для ГСС.

Формулировка и принципиальные сценарии решения задачи структурной и параметрической оптимизации комбинированной ГСС в многокритериальной постановке по Парето, а также при введении обобщённых функционалов конкурентоспособности.

### 3. Моделирование и предельные функциональные возможности структур силовых систем управления (20 часов)

Понятие функциональной, динамической и математической модели комбинированной СС. Способы описания временного и пространственного состояния моделей СС. Системы управления с неизменной и переменной структурами. Формализованное описание состояния ГСС в составе ТО с помощью логических функций основных состояний элементов системы.

Понятие предельных возможностей ГСС по совокупности частных ПК. Структурно обусловленные и параметрически зависимые границы функциональных возможностей ГСС по техническим, эксплуатационным, экономическим и утилизационным показателям. Качественный анализ предельных возможностей типовых структур комбинированных ГСС для объектов различного класса и условий применения. Расширение технико-эксплуатационных возможностей комбинированных СС за счёт применения систем переменной структуры. Классификация и исследование топологических и параметрических резервов с целью установления рациональных границ функционального

существования решения по ГСС, а также направлений разработки систем применительно к различным объектам.

*4. Основные методы структурного синтеза и многокритериальной параметрической оптимизации комбинированных силовых систем по совокупности частных показателей функционального назначения и конкурентоспособности (30 часов)*

Практические методы поиска предпочтительных решений в области доступных топологий и параметрических наборов ГСС. Методы морфологической комбинаторики применительно к решению топологических задач типовых ГСС. Методы уступок по второстепенным показателям. Методы двухуровневого иерархического представления топологий для определения степени структурной избыточности решений.

Оценка эффективности топологических решений на основании обобщённых функционалов типа «структурные затраты/интегративный результат».

Решение задачи повышения надёжности и живучести комбинированной СС с помощью создания структурной избыточности системы. Структурное и параметрическое резервирование комбинированной СС. Структурные схемы надёжности СС. Качественная оценка сопоставительной степени надёжности механических, гидравлических, пневматических, электрических, электронных, оптических и др. каналов для передачи энергетического и информационного сигналов. Управляемость и наблюдаемость СС, имеющей структурно избыточные энергетические и/или информационные каналы. Методы формирования структур СС с кворум-элементами, эталонными моделями в электронных блоках, логическими блоками выбора работоспособных каналов и др.

Представление решения задачи структурной и параметрической оптимизации в пространстве варьируемых параметров модели СС.

Существующие и перспективные подходы и способы конструирования комбинированных СС для ТО различного назначения и условий существования.

*5. Основные проблемы и направления повышения функциональности и конкурентоспособности комбинированных силовых систем управления (15 часов)*

Актуальные частные задачи научно-исследовательского, поискового, изобретательского характера, требующие решения для повышения качества комбинированных СС, расширения сферы использования данных систем. Поиск новых топологий для разработки элементной базы СС разнесённого и автономного моноблочного исполнений.

Использование известных и нетрадиционных эффектов для создания элементной базы перспективных комбинированных СС стационарных и мобильных ТО. Схемотехнические исполнения элементной базы современных СС и прогностические решения для будущих комбинированных систем управления.

Основные проблемы создания комбинированных СС для ТО: саморегулирования и самодиагностики, адаптивности по информационному сигналу и дестабилизирующим воздействиям, структурного перестроения и оперативной параметрической оптимизации. Задача автономности комбинированной системы и возможные пути её решения по направлениям независимости энергопитания и управления.

Современные задачи, решаемые встроенными электронными и компьютерными подсистемами в составе комбинированной СС. Перспективы компьютерной «обвязки» СС.

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ  
РЕЗУЛЬТАОВ ОБРАЗОВИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 7 семестр – дифференцированный зачет.

## Вопросы для самоконтроля и для проведения зачёта

1. Функциональное назначение, требования, предъявляемые к силовым системам современных технических объектов. Принципы формирования структур силовых систем. Понятие ТО с разнородными энергосистемами и полностью электрифицированного объекта.
2. Системно-креативный подход (СКП) как базовая методология решения исследовательских и проектных задач в оптимизационной постановке. Принципы существования, эволюции, функционирования, декомпозиции применительно к комбинированным СС и, в частности, ГСС.
3. Типовые структуры силовых систем технических объектов. Понятие ГСС с централизованным энергопитанием и автономных исполнительных модулей.
4. Типовые показатели функциональности (работоспособности – ПР), конкурентоспособности (ПК) и побочные показатели (ПП) ГСС, ресурсные факторы, дестабилизирующие воздействия модуля, работающего в составе силовой системы ТО.
5. Методы решения оптимизационных задач ГСС для конфликтных структур систем в скалярной постановке и при наличии согласованных частных показателей конкурентоспособности.
6. Методы решения оптимизационных задач ГСС для конфликтных структур систем при наличии конфликтных частных ПК.
7. Понятие предельных структурных и параметрических возможностей технической системы. Специфика определения предельных функциональных возможностей применительно к комбинированным ГСС.
8. Основные схемы типовых ГСС для ТО мобильного и стационарного исполнений.
9. Применение метода морфологической комбинаторики для решения оптимизационной топологической задачи ГСС конкретного ТО.

10. Алгоритмы параметрической оптимизации ГСС на основе сценария последовательных уступок по второстепенным показателям для системы со структурной избыточностью.

11. Методы улучшения технико-эксплуатационных ПК ГСС, в том числе, показателей надёжности и живучести, с помощью резервирования.

12. Специфика учёта и оценки степени доверительности частных ПК экономического и эксплуатационного характера.

13. Прогностический анализ границ применения традиционных и перспектив использования новых физических эффектов для создания новой элементной базы ГСС, характеризующихся конфликтными, инвариантными и бесконфликтными структурами.

14. Анализ специфических проблем создания ГСС с требуемой степенью энергетической и информационной независимости.

15. Постановка и решение задач построения структурно – и параметрически адаптивных гидросистем и их исполнительных модулей, исследования проблем устойчивой и регулируемой работы СС при наличии помех в информационных каналах и существенном влиянии дестабилизирующих факторов.

16. Перспективы развития ГСС с нетоксичными, негорючими и эколого-нейтральными, самоутилизирующимися жидкостями, в том числе – с жидкостями, не образующими на поверхностях устойчивых смазочных плёнок. Применение электро- и магнитореологических жидкостей в новых ГСС.

17. Анализ возможностей используемых и перспектив применения нетрадиционных физических эффектов для построения аналоговой и дискретной, в том числе цифровой элементной базы ГСС. Прогностические варианты схмотехнических исполнений дискретных ГСС.

18. Конструкционно-технологические и материаловедческие проблемы, возникающие при разработке конкурентоспособных ГСС. Критерии оценки технологической и материаловедческой базы систем на основании исходных и обобщённых показателей – целевых функционалов.

19. Прогностические оценки структурной и параметрической эволюции ГСС на ближайший период.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература:

1. **Зуев Ю.Ю.** Гидропневмооборудование и гидропневмопривод роботов. Сборник задач с методическими указаниями и решениями: учеб. пособие / Ю.Ю. Зуев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. **Зуев Ю.Ю.** Основы создания конкурентоспособной техники и выработки эффективных решений: учеб. пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
3. **Шумилов И.С.** Системы управления рулями самолётов: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
4. **Оболенский Ю.Г., Ермаков С.А., Сухоруков Р.В.** Введение в проектирование систем авиационных рулевых приводов. – Изд-во ГУП г. Москвы «Окружная газета ЮЗАО», 2011.
5. **Голубев В.И., Могильников П.В., Панферов Р.Ф.** Испытания аппаратуры и гидросистем с пропорциональным управлением – М.: Издательский дом МЭИ, 2013.
6. **Рыбак А.Т.** Моделирование и расчет гидромеханических систем на стадии проектирования, Ростов-на-Дону. Изд. центр ДГТУ, 2006.
7. **Чернавский В.А., Кожухова А.В.** Основы систем автоматизированного проектирования гидропневмосистем, Ростов-на-Дону. Изд. центр ДГТУ, 2009.
8. **Фомичев В.М.** и др. Электрогидравлические, гидромеханические системы, приводы и агрегаты летательных аппаратов. Типография «Новости», 2006.
9. **Константинов С.В., Редько П.Г., Ермаков С.А.** Электрогидравлические рулевые приводы систем управления полётом маневренных самолётов. Янус-К, ИЦ МГТУ «Станкин», 2006.

10. **Свешников В.К.** Станочные гидроприводы. Справочник. – М.: Машиностроение, 2014.

**Дополнительная литература:**

11. **Барышев В.И., Лайко К.К.** Объемные гидромашины. Часть II. Изд. центр ЮУрГУ, 2013.

12. **Никитин О.Ф.** Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.

13. **Попов Д.Н.** Механика гидро- и пневмоприводов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.

14. **Арзуманов Ю.Л., Халатов Е.М., Чекмазов В.И.** и др. Математические модели систем пневмоавтоматики. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.

15. **Фомичев В.М.** Проектирование электрогидравлических усилителей следящих приводов, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.

16. **Даршт Я.А., Пузанов А.В., Холкин И.Н.** Комплекс моделирования гидромашин и систем.// САПР и графика, 2003, №5. (ОАО «СКБ ПА»).

17. **Интернет-ресурсы:** [www.boschrexroth.ru](http://www.boschrexroth.ru), [www.hydrapac.com](http://www.hydrapac.com),  
[www.atos.com](http://www.atos.com), [www.hydac.com](http://www.hydac.com), [www.vickers.spb.ru](http://www.vickers.spb.ru).