

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**
(ВлГУ)



Первый проректор, проректор по научной
и инновационной работе
В.Г. Прокошев
« 03 » 06 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ ПРИВОДОВ

Направление подготовки 15.06.01 Машиностроение

Направленность (профиль) подготовки Машиноведение, системы приводов и детали машин

Уровень высшего образования Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения заочная

Год	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРА, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
2	3/108	36			72	зачет
Итого	3/108	36			72	зачет

г. Владимир 2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «Исследование динамики электро-механических и мехатронных приводов» являются формирование у аспирантов знаний и компетенций в области разработки, создания, эксплуатации электрических и электро-механических приводов, способствование формированию будущих научно-педагогических кадров в области приводной техники, необходимого для успешной работы в современном наукоёмком производстве, развитии фундаментальной базы и интеллектуального потенциала аспирантов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ОПОП ВО)

Современная техническая наука характеризуется значительным разнообразием существующих концепций, теорий, подходов и инструментария. Данная особенность характерна для одного из важных разделов современной технической школы – приводная техника, и в частности раздел «Исследование динамики электро-механических и мехатронных приводов». Дисциплина «Исследование динамики электро-механических и мехатронных приводов» является вариативной дисциплиной для подготовки аспирантов по профилю «Машиноведение, системы приводов и детали машин», индекс по учебному плану Б1.В.ДВ.1.1 Имея ключевые знания в части основ приводной техники, структуры и математических моделей, теории управления и функционирования, основ построения и элементной базы, особенностей и специфики применения, инструментов программного моделирования и систем автоматического проектирования приводов данного класса, проведения испытания параметров функционирования, автоматизации технологических процессов, и т.д., - будущий кандидат наук может значительно повысить системность своей деятельности, более качественно определять перспективные направления применения приводной техники и электро-механических приводов в частности. Что в свою очередь повысит общую компетенцию и эффективность деятельности предприятия. А именно, конкурентоспособность, формировать направления, связанные с изменениями в организации в связи с реализацией выработанных проектов, программ и отдельных технических решений.

Дисциплина «Исследование динамики электро-механических и мехатронных приводов» изучается в контексте современного техногенного состояния общества, поэтому преподавание указанной дисциплины включает использование всего многообразия форм получения технической (и не только) информации и строится на применении различных образовательных технологий. В том числе использовании реальных высокотехнических и высокотехнологических комплексов, современного программного обеспечения, виртуальных технологий, тренингов, обсуждении конкретных технических идей, работа в технопарках, выезд на ведущие промышленные предприятия региона, «мозговой штурм», сетевое тестирование, работу в малых группах и выполнения отдельных упражнений, направленных на усвоение материала курса. Особый акцент делается на практическое освоение дисциплины. В соответствии с учебным планом дисциплина «Исследование динамики электро-механических и мехатронных приводов» является основной дисциплиной направления профессиональной подготовки аспирантов по направленности (профилю) подготовки «Машиноведение, системы приводов и детали машин» и предполагает последующее углубление и дифференциацию профессиональных компетенций при осуществлении подготовки аспирантов.

Курс базируется на сочетании образовательной, специальной и практической подготовки.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения программы аспирантуры у выпускника должны быть сформированы:

- **универсальные компетенции**, не зависящие от конкретного направления подготовки;
- **общепрофессиональные компетенции**, определяемые направлением подготовки;
- **профессиональные компетенции**, определяемые направленностью (профилем) программы аспирантуры в рамках направления подготовки (далее – направленность программы).

При разработке программы аспирантуры все универсальные и общепрофессиональные компетенции включаются в набор требуемых результатов освоения программы аспирантуры.

Перечень профессиональных компетенций программы аспирантуры кафедры формирует самостоятельно в соответствии с направленностью программы и (или) номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемой Министерством образования и науки Российской Федерации.

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

Знать: современное состояние научных достижений в области электромеханических и мехатронных приводов, основные законы динамики приводов, методы их исследований.

Уметь: критически анализировать современное состояние и предлагать новые решения, проводить сравнения полученных вариантов по различным технико-эксплуатационным характеристикам.

Владеть: опытом сравнительного анализа различных приводов, как методами моделирования, так и методами экспериментальных исследований.

- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

Знать: общие принципы инженерных расчетов, основные понятия и законы проектирования приводов, современные конструкционные материалы и технологии изготовления деталей.

Уметь: использовать результаты полученных инженерных расчетов и методов проектирования при создании новых конструкций, новых технологий изготовления деталей.

Владеть: опытом проектирования различных конструкций приводов, проведения комплексных исследований, в том числе междисциплинарных.

- способностью планировать и проводить экспериментальные исследования с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов (ОПК-5);

Знать: основные методы и этапы многофакторного экспериментального исследования.

Уметь: использовать методики организации проведения экспериментальных исследований.

Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований.

- способностью профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций (ОПК-6);

Знать: основные правила оформления научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций.

Уметь: ясно и четко выражать свои мысли, профессионально излагать результаты своих исследований.

Владеть: опытом устного делового общения, выступлений на научно-технических конференциях, навыками редактирования деловых документов и участия в дискуссиях.

- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин» (ПК-1);

Знать: общую методологию, методы и логику планирования научных исследований в области 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Уметь: использовать теоретические методы исследования динамики привода, применять методы стендовых и натуральных испытаний.

Владеть: опытом моделирования работы привода, методами работы с прикладными программами, методами анализа и обработки экспериментальных исследований.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ ПРИВОДОВ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	
1	Анализ динамики моноблочного электромеханического привода поступательного перемещения	2	9			18	Конспект лекций. Собеседование.
2	Плавность как важный показатель качества работы привода	2	9			18	
3	Плавность роликвинтовых исполнительных механизмов	2	9			18	
4	Синтез моноблочного электромеханического привода с высокой плавностью выходного перемещения	2	9			18	
	ИТОГО:	2	36	-	-	72	Зачет

В соответствии с Типовым положением о вузе к видам учебной работы отнесены: лекции, консультации, семинары, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельные работы, научно-исследовательская работа, практики.

Тематическое содержание курса

Тема 1. Анализ динамики моноблочного электромеханического привода поступательного перемещения

Математическая модель. Зазор в передаче и его модель. Анализ применимости метода гармонической линеаризации для определения автоколебаний. Численный анализ плавности в системе с зазором в установившемся режиме. Моделирование алгоритма цифрового управления, компенсирующего зазор. Исследование динамики в режиме фрикционных автоколебаний. Моделирование автоколебаний в системе с двумя нелинейностями.

Тема 2. Плавность как важный показатель качества работы привода

Требования к плавности перемещения в различных устройствах следящих систем. Анализ применяемых оценок плавности. Обоснование критерия. Определение показателей плавности. Обоснование моноблочных конструкций приводов и анализ плавности исполнительных механизмов. О преимуществах приводов моноблочного исполнения в решении задачи обеспечения плавного выходного перемещения.

Тема 3. Плавность роликвинтовых исполнительных механизмов

Влияние кинематической погрешности на плавность работы РВМ. Зазоры в РВМ и способы их устранения. Определение вероятного зазора в РВМ. Способы устранения зазоров в сопряжениях РВМ. Анализ влияния устройств для выбора зазоров на плавность выходного перемещения.

Тема 4. Синтез моноблочного электромеханического привода с высокой плавностью выходного перемещения

Постановка задачи синтеза по плавности. Силовой синтез по минимуму потребляемой мощности. Оптимизация КПФ по минимуму потребляемой мощности. Расчет тепловыделения при форсированных режимах. Проектирование РВМ с повышенной плавностью. Определение схемы конструктивного исполнения РВМ.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Исследование динамики электромеханических и мехатронных приводов» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- 1) *аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);*
- 2) *самостоятельная работа аспиранта;*
- 3) *контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;*
- 4) *зачет.*

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

Вопросы для подготовки к зачёту

1. Основные виды следящих систем
2. Неплавность движения при тонких установочных перемещениях
3. Скоростные следящие системы
4. Оценка плавности с помощью коэффициента неравномерности
5. Динамический коэффициент неравномерности
6. Характеристические критерии 1-го и 2-го рода оценки плавности
7. Показатели плавности

8. Вид показателей плавности при гармонических возмущениях
9. Преимущества приводов моноблочного исполнения
10. Плавность для привода двигатель – исполнительный механизм
11. Каким образом можно компенсировать влияние инерционностей привода, используя его специальную компоновку без дополнительных масс?
12. Волновые передачи с точки зрения плавности хода
13. Плавность зубчатых передач с большими углами наклона зуба
14. Роликовинтовые передачи (РВМ). Преимущества и использование в моноблочном приводе
15. Линеаризованное уравнение механической характеристики двигателя постоянного тока
16. Механические характеристики бесконтактного моментного двигателя, работающего в вентильном режиме
17. Особенность конструкции моноблочного привода
18. Модель «сухого трения» с экспоненциальной падающей характеристикой
19. Структурная схема моноблочного привода с РВМ
20. Определение передаточных функций линейной системы
21. Особенности численного исследования математической модели и анализа полученных динамических характеристик
22. Виды математических моделей зазора
22. Каким образом применяется метод гармонической линеаризации для определения автоколебаний?
23. Численные методы при исследовании автоколебаний
24. Построение фазовых портретов как эффективное средство изучения периодических процессов
25. Численный анализ плавности в системе с зазором в установившемся режиме
26. Блок-схема алгоритма цифрового управления, компенсирующего зазор
27. Плавность работы на низких скоростях
28. Понятие процесса трения в механической части привода
29. Модель процесса трения в механической части привода
30. Экспоненциальная модель как способ описания кинетической характеристики трения в отсутствии смазки
31. Динамика в режиме фрикционных автоколебаний
32. Численный анализ плавности в системе с «сухим трением»
33. Моделирование автоколебаний в системе с двумя нелинейностями
34. Кинематическая погрешность (КП) исполнительного механизма
35. Технологические погрешности
36. Метод первичных погрешностей
37. Определение вероятного зазора в РВМ
38. Способы устранения зазоров в сопряжениях РВМ
39. Задачи синтеза по плавности
40. Этапы инженерного синтеза ЭМП с повышенной плавностью
41. Выражения для показателей плавности
42. Силовой синтез по минимуму потребляемой мощности
43. Допустимый диапазон кинематических передаточных функций
44. Зависимость потребляемой мощности от КПФ
45. Расчет тепловыделения при форсированных режимах
46. Схема конструктивного исполнения РВМ
47. Проектирование РВМ с повышенной плавностью

Самостоятельная работа

Вид самостоятельной работы	Распределение времени, час.	Форма контроля
1. Проработка и изучение теоретического материала.	14	Опрос / собеседование
2. Проработка тем для самостоятельного изучения.	38	
3. Подготовка к зачету.	20	зачет
Итого	72	

Темы для самостоятельного изучения по теме 1:

1. Анализ плавности в системе с зазором
2. Исследование автоколебаний численными методами.
3. Плавность работы на низких скоростях.
4. Процесс трения в механической части привода и его модель.
5. Численный анализ плавности в системе с «сухим трением».

Темы для самостоятельного изучения по теме 2:

1. Понятие плавности и анализ применяемых оценок плавности.
2. Вид показателей плавности при гармонических возмущениях.
3. Анализ плавности исполнительных механизмов.

Темы для самостоятельного изучения по теме 3:

1. Кинематическая погрешность (КП) исполнительного механизма.
2. Определение вероятного зазора в РВМ.
3. Метод первичных погрешностей.

Темы для самостоятельного изучения по теме 4:

1. Определение допустимого диапазона кинематических передаточных функций.
2. Синтез привода по качеству переходного процесса.
3. Методика проектирования РВМ с повышенной плавностью.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: Моногр./ В.В. Девятков - М.: Вуз. учеб.: ИНФРА-М, 2013. - 448 с.: 60x90 1/16. - (Научная книга). (п) ISBN 978-5-9558-0338-8, 200 экз. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=427491> — Загл. с экрана.
2. Динамика мехатронных систем/ЖмудьВ.А., ФранцузоваГ.А., ВостриковА.С. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 176 с.: ISBN 978-5-7782-2415-5 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546220> — Загл. с экрана.
3. Теория электропривода: Учебник/Г.Б.Онищенко - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 294 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт) ISBN 978-5-16-009674-2, 400 экз. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=452841> — Загл. с экрана.
4. Электрический привод: Учебник / Москаленко В.В. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 400 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-009474-8 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=443646> — Загл. с экрана.

б) дополнительная литература:

1. Никитенко, Г.В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Никитенко; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 240 с. - ISBN 978-5-9596-0778-4. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=515166> — Загл. с экрана.

2. Динамика мехатронных систем/Жмудь В.А., Французова Г.А., Востриков А.С. - Новосибир.: НГТУ, 2014. - 176 с.: ISBN 978-5-7782-2415-5 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546220> — Загл. с экрана.
 3. Компьютерное моделирование систем электропривода: Учебное пособие / Терёхин В.Б., Дементьев Ю.Н. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 307 с.: ISBN 978-5-4387-0558-1 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=701804> — Загл. с экрана.
 4. Моделирование систем управления с применением Matlab: Учебное пособие / А.Н. Тимохин, Ю.Д. Румянцев. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 256 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010185-9 — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=474709> — Загл. с экрана.
- в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы
1. <http://mehatronus.ru> // Мехатроника.
 2. <http://mehatron.ru> // Мехатроника.
 3. <http://www.privod-news.ru> // Новости Приводной Техники.
 4. <http://infoprivod.ru> // Информационный ресурс о приводной технике
- г) Периодические издания
1. Автоматизация и управление в технических системах.
 2. Автоматика и телемеханика.
 3. Динамика систем, механизмов и машин.
 4. Дифференциальные уравнения и процессы управления.
 5. Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика.
 6. Мехатроника, автоматизация, управление.
 7. Нелинейная динамика и управление.
 8. Приводная техника.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

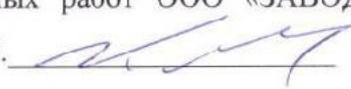
1. Проектор (стационарный и переносной) с мультимедиа технологиями.
2. Лаборатория физического моделирования и экспериментальных исследований наукоемких объектов и технологий на базе инструментов National Instruments и программного комплекса LabView:
 - набор аппаратно-программного обеспечения NI Motion для обеспечения связи с разнообразными датчиками и контроллерами движения.
 - набор аппаратно-программного обеспечения NI Sound(Vibro) для измерения аудио сигналов и вибраций.
 - специализированные лабораторные стенды для исследования мехатронных систем и компонентов (разработка систем управления и регулирования мехатронных систем и приводов в режиме реального времени; разработка высокоскоростных систем управления и обработки сигналов на базе ПЛИС; разработка и исследование мехатронных систем и компонентов с компьютерным управлением движением на базе стандарта Compact RIO; диагностика мехатронных систем на базе стандарта PXI; исследование работоспособности мехатронных модулей на базе NI Motion).
 - компьютерный класс (15 рабочих станций Athlon64 с лицензионным программно-аппаратным комплексом LabVIEW 9.0 и программным обеспечением - CVI, CVI Run-Time, DIAdem CLIP, DIAdem CLIP-INSIGHT Player, DIAdem INSIGHT, IVI Compliance Package, LabVIEW, LabVIEW Run-Time 7.0, 7.1, 8.0, Measurement & Automation Explorer, Measurement Studio for VS2003, NI Script Editor, NI SignalExpress, NI Spy, NI-488.2, NI-DAQmx, NIDMM, NI-FGEN, NI-HSDIO, NI-HWS, NI-PAL, NI-SCOPE, NI-SWITCH, NITClk, NI-USI, NI-VISA, Traditional NI-DAQ, VI Logger);
 - набор аппаратно-программного обеспечения для сбора данных.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 15.06.01 «Машиностроение» и направленности (профилю) подготовки «Машиноведение, системы приводов и детали машин»

Рабочую программу составил к.т.н., доцент Жданов А.В.



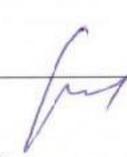
Рецензент: д.т.н., доцент, начальник научно-методического отдела координации сертификационных работ ООО «ЗАВОД ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ «КТЗ» Кульчицкий А.Р.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»

Протокол № 10/1 от 03.06.15 года.

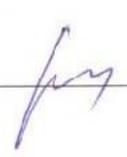
Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В.



Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.06.01 «Машиностроение»

Протокол № 10/1 от 03.06.15 года

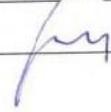
Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В.



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 12 от 2006.16 года

Заведующий кафедрой _____


Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____