

Министерство образования и науки Российской Федерации  
**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)**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР  
  
А.А. Панфилов  
« 28 » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Направление подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника**

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования **прикладной бакалавриат**

Форма обучения **очная**

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лек- ции, час.	Практич. заня- тия, час.	Лаборат. ра- боты, час.	СРС, час	Форма промежуточно- го контроля (экз./зачет)
7	2/72	18	18	-	36	зачет
8	4/144	16	16	-	76	36/экз., КП
<b>Итого</b>	<b>6/216</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>112</b>	<b>зачет /экз.(36), КП</b>

Владимир 2015

*mes*

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины является получение студентами теоретических знаний и практических навыков по проектированию мехатронных систем, комплексов и модулей различного назначения.

Задачами курса являются:

- получение методических основ системного проектирования многокомпонентных интегрированных технических систем;
- практическое применение фундаментальных понятий, законов высшей математики, теоретической механики, теории механизмов и машин, теории автоматического управления, электротехники и электроники, микропроцессорной техники, информатики для проектирования современных мехатронных систем и комплексов;
- определение и формализация задач проектирования мехатронных систем;
- составление требований к компонентам мехатронных систем;
- проектирование отдельных подсистем, устройств и модулей;
- методы и технологии компьютерного проектирования мехатронных систем;
- пакеты прикладных программ для анализа и синтеза мехатронных систем.

Результатом образования (РО) должно быть:

на уровне представлений: получение информации, необходимой для конструирования мехатронных и робототехнических систем;

на уровне воспроизведения: составление кинематических схем, расчет параметров конструктивных элементов, определение показателей качества конструкции; моделирование и оптимизация конструкции и систем управления;

на уровне понимания: овладение методами конструирования мехатронных и робототехнических систем для конкретного применения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Проектирование мехатронных и робототехнических систем» относится к вариативной части Б.1.В.ОД11 блока дисциплин ОПОП бакалавриата по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: владение аппаратом высшей математики и инженерной графики, знание основ теоретической и прикладной механики, электромеханических и мехатронных систем, умения работать с системами моделирования.

В результате изучения курса студенты должны уметь самостоятельно и творчески находить наилучшие конструктивные решения современных мехатронных и робототехнических систем, обладающих необходимой точностью и жесткостью; имеющих высокие динамические и эксплуатационные характеристики и являющихся объектом управления.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе изучения дисциплины студент формирует и демонстрирует

- владением современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности способностью производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием (ОПК3);
- готовностью к участию в работах по изготовлению, отладке и сдаче в эксплуатацию мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (ПК23).
- способностью участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (ПК28).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

**уметь:**

- определять требования и разрабатывать технические задания как на мехатронную систему (МС), так и на отдельные механические, электронные, микропроцессорные и электромеханические составляющие;
- проектировать исполнительные устройства мехатронной систем;
- проектировать устройства управления мехатронных систем;
- проектировать ПО для мехатронных систем;
- интегрировать отдельные составляющие МС;
- применять методы автоматизированного проектирования мехатронных систем.

**знать:**

- цели, задачи, методы и этапы проектирования мехатронных устройств (МУ);
- место мехатронных устройств в системе комплексной автоматизации производства, их классификацию и основные характеристики;
- методы и особенности проектирования мехатронных модулей и систем управления мехатронных систем (МС).

**владеть навыками:**

- анализа, синтеза и проектирования мехатронных систем;
- современными программными средствами проектирования подготовки конструкторско-технологической документации.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетные единицы 216 часов.

№ п/п	Раздел (тема)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объём учебной работы с применением интерактивных методов (в час/%)	Формы текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП/КР			
1	Системный подход при проектировании мехатронных систем	7	1-5	6	6				12		6/50	1-й Рейтинг контроль
2	Проектирование систем	7	6-12	6	6				12		6/50	2-й рейтинг контроль
3	Методики проектирования модулей мехатронной системы	7	13-18	6	6				12		6/50	3-й Рейтинг контроль
Седьмой семестр				18	18				36		18/50	зачет

4	Формирование основных проектных решений по мехатронике	8	1-12	10	8		40	9/50	1-й, 2-й рейтинг контроль	
5	Автоматизированное проектирование и моделирование мехатронных систем	8	13-18	6	8		36	+	7/50	3-й рейтинг контроль
Восьмой семестр				16	16		76		16/50	Экзамен, КП
ВСЕГО			36	34	34		132		34/50	зач./экз (36) КП.

#### 4.1 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Раздел 1. Проектирование мехатронных систем

**Тема 1.** Системный подход при проектировании мехатронных систем.

Системный подход. Система. Декомпозиция систем. Цель системы. Элементы системы. Структура системы. Подсистемы. Модель. Моделирование мехатронных систем.

**Тема 2.** Проектирование систем

Проектирование и жизненный цикл мехатронных систем. Внешнее проектирование (макропроектирование). Внутреннее проектирование. Принципы проектирования. Предварительное проектирование. ТЗ. Эскизное проектирование. ТП. Рабочее проектирование. Изготовление опытного образца. Испытание и доработка. Итеративность процесса проектирования.

**Тема 3.** Исходные данные и критерии качества при проектировании мехатронных систем

Основные понятия и определения. Определение целей функционирования систем. Качество. Показатель качества продукции. Единичный показатель качества продукции. Комплексный показатель качества продукции. Показатели технического эффекта. Показатели надежности. Коэффициент готовности. Коэффициент технического использования. Оценка уровня качества продукции.

**Тема 4.** Алгоритмы проектирования модулей мехатронной системы

Алгоритмы проектирования. Синергетическая интеграция в мехатронных модулях. Проектирование исполнительного устройства модуля мехатронной системы. Проектирование устройства управления модуля мехатронной системы. Проектирование информационной системы в мехатронике.

**Тема 5.** Концепция проектирования мехатронных модулей и систем

Методы проектирования модулей и систем. Алгоритмические методы. Метод морфологических карт. Метод графов. Эвристические методы. Метод синектики. Методика концептуального проектирования. Инструментальные средства концептуального проектирования CASE-системы. Методики IDEF. Концепция проектирования мехатронных модулей и систем.

**Тема 6.** Формирование основных проектных решений по мехатронике.

Формирование основных проектных решений по мехатронике

##### Раздел 2. Автоматизированное проектирование и моделирование мехатронных систем

**Тема 7.** Автоматизация проектирования систем

Техническое обеспечение. Математическое обеспечение САПР. Программное обеспечение. Информационное обеспечение. Методическое и организационное обеспечение.

**Тема 8.** Системы имитационного моделирования Математическое моделирование. Имитационное моделирование. Физическое моделирование. Среда моделирования Matlab.

## Тема 9. Проектирование и моделирование фрагментов мехатронной системы

### 4.2. Лекции

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, часов	Тема лекции
Седьмой семестр			
1	1	4	<b>Тема 1.</b> Системный подход при проектировании мехатронных систем Системный подход. Система. Декомпозиция систем. Цель системы. Элементы системы. Структура системы. Подсистемы. Модель. Моделирование мехатронных систем.
2	1	4	<b>Тема 2.</b> Проектирование систем Проектирование и жизненный цикл мехатронных систем. Внешнее проектирование (макропроектирование). Внутреннее проектирование. Принципы проектирования. Предварительное проектирование. ТЗ. Эскизное проектирование. ТП. Рабочее проектирование. Изготовление опытного образца. Испытание и доработка. Итеративность процесса проектирования.
3	1	4	<b>Тема 3.</b> Исходные данные и критерии качества при проектировании мехатронных систем Основные понятия и определения. Определение целей функционирования систем. Качество. Показатель качества продукции. Единичный показатель качества продукции. Комплексный показатель качества продукции. Показатели технического эффекта. Показатели надежности. Коэффициент готовности. Коэффициент технического использования. Оценка уровня качества продукции.
4	2	4	<b>Тема 4.</b> Алгоритмы проектирования модулей мехатронной системы. Алгоритмы проектирования. Синергетическая интеграция в мехатронных модулях. Проектирование исполнительного устройства модуля мехатронной системы. Проектирование устройства управления модуля мехатронной системы. Проектирование информационной системы в мехатронике.
5	2	4	<b>Тема 5.</b> Концепция проектирования мехатронных модулей и систем Методы проектирования модулей и систем. Алгоритмические методы. Метод морфологических карт. Метод графов. Эвристические методы. Метод синектики. Методика концептуального проектирования. Инструментальные средства концептуального проектирования CASE-системы. Методики IDEF. Концепция проектирования мехатронных модулей и систем..
6	3	4	<b>Тема 6.</b> Формирование основных проектных решений по мехатронике. Формирование основных проектных решений по мехатронике
7	3	4	<b>Тема 7.</b> Автоматизация проектирования систем Техническое обеспечение. Математическое обеспечение САПР. Программное обеспечение. Информационное обеспечение. Методическое и организационное обеспечение.
Восьмой семестр			
8	4	4	<b>Тема 8.</b> Системы имитационного моделирования Математическое моделирование. Имитационное моделирование. Физическое моделирование. Среда моделирования Matlab.
9	5	2	<b>Тема 9.</b> Проектирование и моделирование фрагментов мехатронной системы.
Итого:		34	

### 4.3. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема практического занятия
Семестр 7			
1	2	4	<b>Тема 1.</b> Системный подход при проектировании мехатронных систем
2	2	4	<b>Тема 2.</b> Проектирование систем
3	3	4	<b>Тема 3.</b> Исходные данные и критерии качества при проектировании мехатронных систем
4	3	4	<b>Тема 4.</b> Алгоритмы проектирования модулей мехатронной системы
5	3	4	<b>Тема 5.</b> Концепция проектирования мехатронных модулей и систем
6	4	4	<b>Тема 6.</b> Формирование основных проектных решений по мехатронике.
7		2	<b>Тема 7.</b> Автоматизация проектирования систем
Семестр 8			
8		4	<b>Тема 8.</b> Системы имитационного моделирования
9		4	<b>Тема 9.</b> Проектирование и моделирование фрагментов мехатронной системы
Итого:		34	

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для реализации компетентного подхода в учебный процесс интегрируются интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), а также применяются:

- учебные дискуссии;
- видеотренинги;
- проблемное обучение;
- методы групповой работы;
- компьютерная симуляция (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий.

Для проведения контрольных мероприятий предлагается использовать компьютерные контрольные задания.

Самостоятельная работа студентов подкрепляется использованием ресурсов Интернет.

## **6. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)**

### **6.1. Вопросы к рейтинг- контролю**

#### **Седьмой семестр**

##### **Первый рейтинг контроль**

- Состав мехатронного модуля движения. Функции его элементов.
- Назначение мехатронного модуля (ММ) и его структура.
- Состав ММ и связи между его компонентами.
- Функции элементов модуля.
- Основные технические характеристики механизмов преобразования движения (МПД).
- Методика и специфика конструирования мехатронных модулей.

##### **Второй рейтинг контроль**

- Тепловой расчет двигателя.
- Кинематические характеристики МПД.
- Прямые и обратные задачи о положении и скоростях точек и звеньев механизма.
- Определение передаточных функций МПД.
- Силы и моменты, действующие в модулях.
- Активные и пассивные силы и моменты.

##### **Третий рейтинг контроль**

- Выбор дополнительных устройств.
- Способы выборки люфтов в МПД.
- Выполнение компоновочного и сборочного чертежей модуля.
- Критерии оптимизации при конструировании.
- Правила выполнения рабочих чертежей.

#### **Восьмой семестр**

##### **Первый рейтинг контроль**

- Тепловые деформации несущих конструкций.
- Назначение устройств торможения и фиксации подвижных звеньев.
- Механические и электромагнитные тормоза.
- Индукционные муфты и тормоза.
- Гидравлические демпферы.
- Типы датчиков, применяемых в мехатронных модулях.

##### **Второй рейтинг контроль**

- Агрегатно-модульный принцип конструирования.
- Унификация и стандартизация при конструировании.
- Обеспечение точности передачи движения при конструировании мехатронного модуля.
- Основные погрешности, возникающие в механизмах передачи движения.
- Расчет погрешностей и методы их компенсации.

##### **Третий рейтинг контроль**

- Задачи и основные этапы конструирования ММ.
- Техническое задание и его содержание; технический и рабочий проекты.
- Критерии оптимизации конструкции ММ.
- Приведенные массы и моменты инерции звеньев.
- Приведение сил и моментов сил.
- САПР в конструировании ММ.

## 6.2. Вопросы к зачету

1. Системный подход при проектировании. Структура системного анализа.
2. Исходные данные при проектировании. Предпроектное обследование предметной области.
3. Исходные данные при проектировании. Методы анализа данных при проектировании МС.
4. Критерии качества при проектировании. Функциональные (производительность, точность, надежность и т. п.)
5. Критерии качества при проектировании. Технологические (трудоемкость, технологические возможности, используемые материалы и т. п.)
6. Критерии качества при проектировании. Экономические (затраты материалов, энергии и т. д.)
7. Критерии качества при проектировании. Антропологические (эргономичность, экологичность, безопасность и т. п.).
8. Предпроектные этапы разработки МС. Техническое задание и технические требования.
9. Алгоритмы и методики проектирования в мехатронике. Метод исключения промежуточных преобразователей и интерфейсов.
10. Алгоритмы и методики проектирования в мехатронике. Метод объединения элементов мехатронного модуля в едином корпусе.
11. Алгоритмы и методики проектирования в мехатронике. Метод переноса функциональной нагрузки на интеллектуальные устройства.
12. Алгоритмы и методики проектирования в мехатронике. Методология параллельного проектирования.

## 6.3. Вопросы к экзамену

1. Алгоритмы и методики проектирования в мехатронике. Структурный подход. Блочный - иерархический подход.
2. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом. Техническое задание. Техническое предложение.
3. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом. Эскизный проект.
4. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом. Технический проект.
5. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом. Рабочая документация.
6. Формирование основных проектных решений по мехатронной системе в целом, на основе CASE - систем.
7. Автоматизированное проектирование. Понятие САПР.
8. Автоматизированное проектирование. Состав современных САПР.
9. Моделирование мехатронных систем.

## 6.4. Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид СРС	Трудоемкость, часов
Седьмой семестр			
Раздел 1	1	<b>Тема 1.</b> Системный подход при проектировании мехатронных систем Системный подход. Система. Декомпозиция систем. Цель системы. Элементы системы. Структура системы. Подсистемы. Модель. Моделирование мехатронных систем.	12



		Углублённое изучение материала по теме раздела, не входящего в рамки лекционного курса. Подготовка к практическим занятиям №1.	
Раздел 2	2	<b>Тема 2.</b> Проектирование систем Проектирование и жизненный цикл мехатронных систем. Внешнее проектирование (макропроектирование). Внутреннее проектирование. Принципы проектирования. Предварительное проектирование. ТЗ. Эскизное проектирование. ТП. Рабочее проектирование. Изготовление опытного образца. Испытание и доработка. Итеративность процесса проектирования. Подготовка к практическим занятиям №2	12
	3	<b>Тема 3.</b> Исходные данные и критерии качества при проектировании мехатронных систем Основные понятия и определения. Определение целей функционирования систем. Качество. Показатель качества продукции. Единичный показатель качества продукции. Комплексный показатель качества продукции. Показатели технического эффекта. Показатели надежности. Коэффициент готовности. Коэффициент технического использования. Оценка уровня качества продукции. Подготовка к практическим занятиям №3.	12
Восьмой семестр			
Раздел 4	4	<b>Тема 4.</b> Алгоритмы проектирования модулей мехатронной системы Алгоритмы проектирования. Синергетическая интеграция в мехатронных модулях. Проектирование исполнительного устройства модуля мехатронной системы. Проектирование устройства управления модуля мехатронной системы. Проектирование информационной системы в мехатронике. Подготовка к практическим занятиям №4.	12
Раздел 5	5	<b>Тема 5.</b> Концепция проектирования мехатронных модулей и систем Методы проектирования модулей и систем. Алгоритмические методы. Метод морфологических карт. Метод графов. Эвристические методы. Метод синектики. Методика концептуального проектирования. Инструментальные средства концептуального проектирования CASE-системы. Методики IDEF. Концепция проектирования мехатронных модулей и систем. Углублённое изучение материала по теме раздела, не входящего в рамки лекционного курса. Подготовка к практическим занятиям №5	12
Раздел 6	6	<b>Тема 6.</b> Формирование основных проектных решений по мехатронике. Формирование основных проектных решений по мехатронике Подготовка к практическим занятиям №6	13
Раздел 7	7	<b>Тема 7.</b> Автоматизация проектирования систем Техническое обеспечение. Математическое обеспечение САПР. Программное обеспечение. Информационное обеспечение. Методическое и организационное обеспечение. Подготовка к практическим занятиям №7	13
Раздел 8	8	<b>Тема 8.</b> Системы имитационного моделирования Математическое моделирование. Имитационное моделирование. Физическое моделирование. Среда моделирования Matlab. Подготовка к практическим занятиям №8	13
Раздел 9	9	<b>Тема 9.</b> Проектирование и моделирование фрагментов мехатронной системы. Подготовка к практическим занятиям №9	13
Итого:			112

## 6.5 Вопросы к самостоятельной работе

### Седьмой семестр

- Основные характеристики двигателей применяемых в мехатронных модулях.
- Вращательные и линейные двигатели.
- Двигатели переменного и постоянного тока.
- Пьезодвигатели. Основные характеристики двигателей.
- Задачи и основные этапы энергетического расчета.
- Предварительный выбор двигателя и проверочный расчет по моменту (силе).
- Определение сил и моментов сил, действующих на звенья модуля.
- Динамическая модель МПД.
- Модель МПД с учетом нелинейностей..
- Разработка кинематической схемы модуля.
- Выбор типа МПД и дополнительных устройств.
- Кинематическая схема модуля и правила ее выполнения.
- Критерии выбора МПД и методы их расчета.

### Восьмой семестр

- Назначение и условия работы направляющих поступательного перемещения.
- Направляющие скольжения и качения.
- Аэростатические, гидростатические и гидродинамические направляющие и опоры.
- Расчет направляющих.
- Конструирование опор валов.
- Конструирование несущих элементов.
- Расчет несущих элементов.
- Требования к датчикам в зависимости от условий применения.
- Правила выполнения рабочих чертежей
- Общие требования к выполнению рабочих чертежей.
- Требования к выполнению чертежей деталей типа « тел вращения».
- Выполнение чертежей корпусных деталей.
- Назначение и структура типовой системы автоматизированного проектирования.
- Система компьютерного конструирования «Компас».

## 6.6 Примерная тематика курсовых проектов

**Курсовой проект** является формой итоговой аттестации студентов по дисциплине «Проектирование мехатронных систем», средством определения уровня подготовки студента по дисциплине, развития его творческих способностей, умения проводить самостоятельные исследования и разработки .

Цели курсового проекта:

- выявление и углубление теоретических знаний, полученных по предмету «Проектирование мехатронных систем» и базовых специальных предметов «Основы мехатроники», «Информатика», «Программирование», «Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование», «Конструирование мехатронных модулей», «Компьютерное управление мехатронными системами» и т.д.;
- закрепление навыков научно-исследовательской и практической работы ;
- демонстрацию уровня овладения методикой исследования, проектирования и реализации при решении проблем и вопросов;

- выяснение подготовленности студентов к самостоятельной работе в условиях современного состояния науки, техники, культуры, производства и управления;

- демонстрация умения публичной защиты и т.д.

Курсовой проект, прежде всего, должен отличаться актуальностью тематики, соответствовать современному состоянию отечественной и зарубежной науки «Мехатроника». Студенту, работая над ним, следует:

- выбрать или четко сформулировать тему, показать ее актуальность, определить цели и задачи проекта;

- изучить и проанализировать научную, учебно-методическую литературу и периодику по проблеме исследования;

- изучить и проанализировать историю исследуемой проблемы, ее практическое состояние с учетом передового опыта ученых и практиков, а также личного опыта, приобретенного в процессе практик;

- провести поисковую работу по проблеме исследования, определив четко цели и методы исследования, осуществить отбор фактов, событий, цифровых данных и других сведений о текущем состоянии предметной области, объекта;

- разработать проект работоспособной мехатронной системы или объекта с использованием современных методик и средств проектирования и моделирования (исследовав существующие и обоснованно выбрав из них свои);

- обобщить результаты проведенных исследований и разработок, обосновать выводы и дать практические рекомендации;

- изложить свои мысли грамотно, литературным языком; оформить курсовой проект в соответствии с требованиями стандарта;

- подготовить доклад, определяющий основные аспекты работы и сделанные выводы.

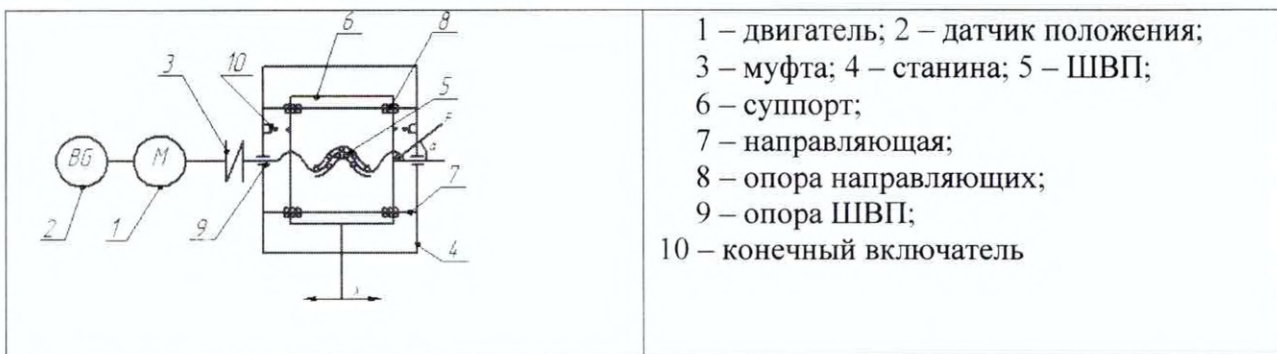
Тема разрабатывается руководителем курсовой работы и утверждается на заседании кафедры.

Примерная тематика тем.

На рисунке 1,а-е приведены упрощенные кинематические схемы мехатронных модулей с их кратким описанием.

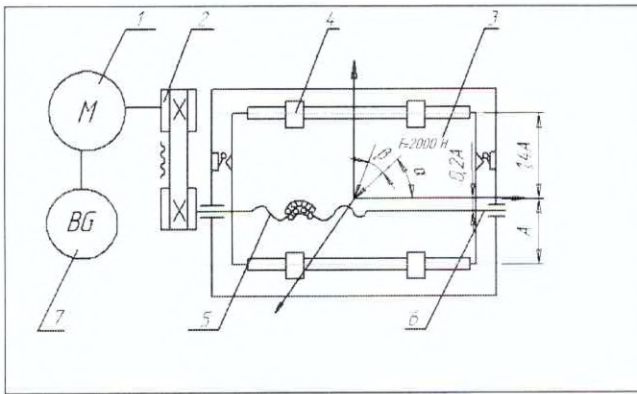
### Упрощенные кинематические схемы модулей

#### а) Привод продольного перемещения суппорта



Вращение вала двигателя 1 через муфту 3 передается на шарико-винтовую передачу 5, закрепленной в опорах 9. Суппорт 6 совершает передвижение на направляющих 7, ограниченное конечными выключателями 10, вдоль станины 4.

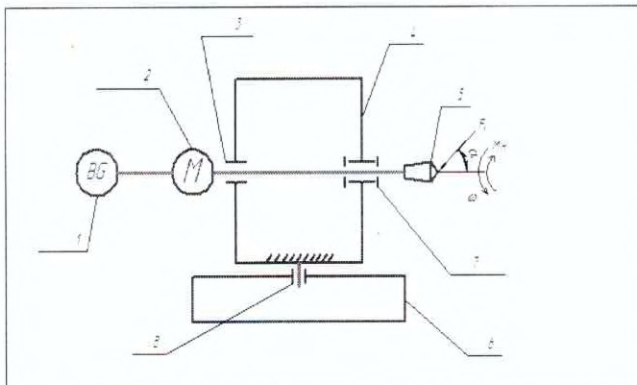
#### б) Привод поступательного перемещения стола станка



- 1 – двигатель;
- 2 – ременная передача;
- 3 – стол (объект перемещения);
- 4 – танкетка;
- 5 – шариковая пара;
- 6 – подшипник;
- 7 – датчик положения

Двигатель 1 вращает вал ременной передачи 2, которая вращает вал шариковой пары 5, что позволяет столу 3 перемещаться.

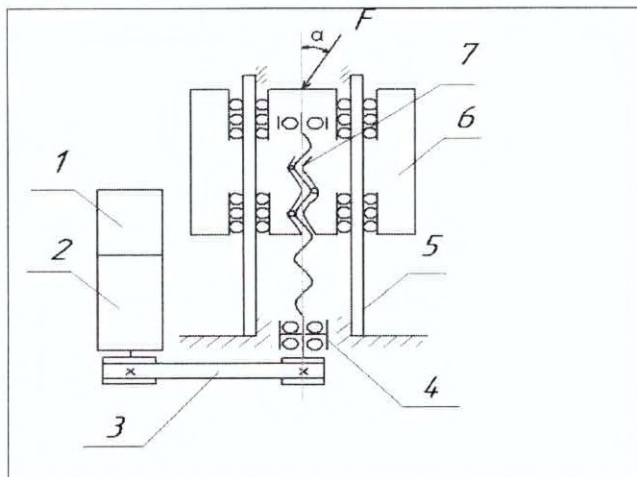
в) Привод вращения шпинделя



- 1 – преобразователь круговых перемещений;
- 2 – двигатель;
- 3 – подшипник задний;
- 4 – корпус бабки;
- 5 – шпиндель;
- 6 – плита;
- 7 – подшипник передний;
- 8 – упор

От двигателя 2 вращающий момент передается на шпиндель 5. В корпусе бабки 4 имеются два подшипника: передний 7 и задний 3, являющиеся опорой для шпинделя. Корпус закреплен на плите 6 при помощи упора 8. Контроль движения обеспечивается преобразователем движения 1.

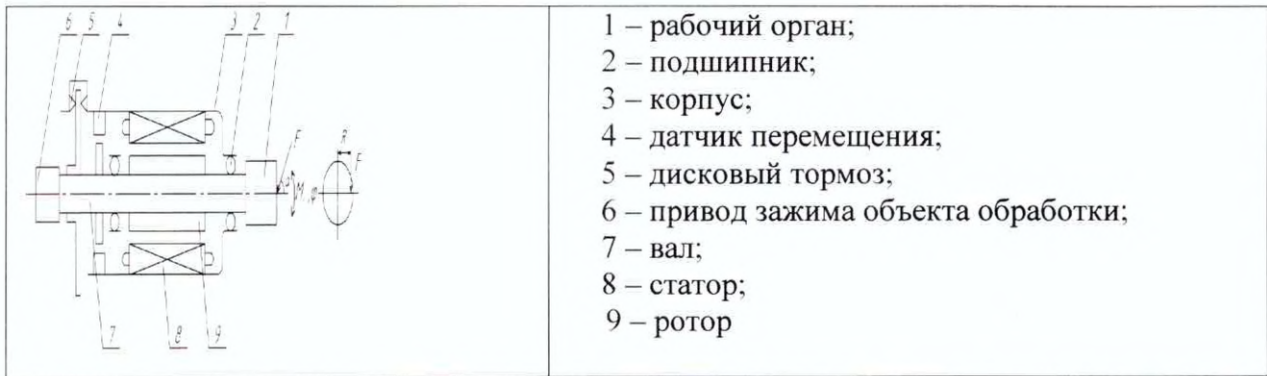
г) Привод вертикального перемещения стола станка



- 1 – датчик;
- 2 – мотор;
- 3 – зубчатый ремень;
- 4 – подшипник;
- 5 – линейные роликовые направляющие;
- 6 – подъемный стол;
- 7 – ШВП

Вращение с двигателя 2 через зубчатый ремень 3 передается на ШВП 7, которая перемещает стол 6.

д) Мехатронный модуль со встроенным электродвигателем



На валу 7 закреплен ротор 9, на котором установлен рабочий орган 1. Статор 8 встроен в корпус 3. Опорами вала служат подшипники 2; для фиксации положения служит дисковый тормоз 5. Для определения положения вала служит датчик перемещения 4.

е) Привод вращения шпинделя 2



От двигателя 2 вращающий момент передается через ременную передачу 4 на шпиндель 1. Перемещения толкателя 6 для смены инструментов осуществляется с двух сторон пневмоцилиндром 5 и пружиной 7.

**Исходные данные к вариантам задания**

Режим движения рабочего органа мехатронного модуля в общем случае включает этапы разгона, движения с установившейся скоростью, торможения и выстоя (отсутствия движения). Характер типового движения модуля металлорежущего станка, как правило, содержит все указанные режимы (режим установившегося движения может отсутствовать). Графическая зависимость скорости движения от времени называется тахограммой движения. При постоянстве ускорения, разгона и торможения она имеет трапецеидальный или треугольный вид.

На рисунке 2 представлена типовая трапецеидальная тахограмма движения мехатронного модуля, содержащая все указанные выше режимы движения.

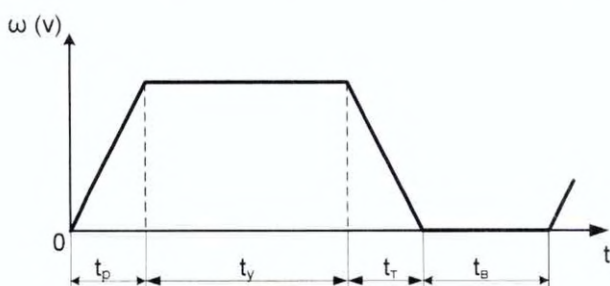


Рисунок 2 Типовая тахограмма движения мехатронного модуля:  $t_p$  – время разгона;  $t_y$  – установившееся время;  $t_T$  – время торможения;  $t_b$  – время выстоя

В таблицах 1 и 2 приведены исходные данные для выполнения курсового проекта в соответствии с рисунками 1 и 2, разделенные по видам движения рабочего органа.

Таблица 1 Поступательное движение рабочего органа (схемы 1 а), б), г))

№ п/п	Наименование параметра	Варианты задания					
		1	2	3	4	5	6
1	Максимальная величина перемещения $S$ , м	0.28	0.32	0.4	0.63	0.8	1.06
2	Наибольшая скорость перемещения $V$ , м/с	0.25	0.3	0.5	0.5	0.4	0.25
3	Действующее усилие нагрузки $F$ , Н	8000	2500	2000	4000	5000	3000
4	Угол действия нагрузки $\alpha$ , рад	0.2	0.3	0.15	0.3	0.2	0.25
5	Момент нагрузки $M$ , Н·м	30	20	40	50	70	20
6	Максимальная перемещаемая масса $m$ , кг	200	350	500	300	250	300
7	Дискретность задания величины перемещения $D$ , мкм	0.1	0.3	0.5	0.1	0.8	1
8	Точность двустороннего позиционирования $\Delta_1$ , мкм	1	3	5	7	8	10
9	Точность одностороннего позиционирования $\Delta_2$ , мкм	0.5	2	3	5	6	7
10	Время разгона $t_p$ , с	0.06	0.09	0.08	0.06	0.07	0.1
11	Время установившегося движения $t_y$ , с	0	0	1.1	1	1.2	1.5
12	Время торможения $t_T$ , с	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09
13	Время выстоя $t_b$ , с	5	7	8	6	3	10

Комментарии к таблицам 1 и 2:

- 1 При получении задания исходные данные следует уточнить у преподавателя.
- 2 Точность двустороннего позиционирования определяется средней величиной погрешности при многократном перемещении рабочего органа в заданную точку с двух сторон.
- 3 Точность одностороннего позиционирования определяется средней величиной погрешности при многократном перемещении рабочего органа в заданную точку с одной стороны.
- 4 Дискретность задания величины перемещения – дискретность формирования сигнала управления на исполнительный привод определенного в координатах перемещения.
- 5 Максимальная скорость движения имеет место при максимальной нагрузке.

Таблица 2 Вращательное движение рабочего органа (схемы 1 в), д), е))

№ п/п	Наименование параметра	Варианты задания					
		1	2	3	4	5	6
1	Максимальная величина перемещения $\varphi$ , рад	Не ограничена					
2	Наибольшая частота вращения рабочего органа $\omega$ , об/мин	1000	2000	4500	3000	5000	1500
3	Действующее усилие нагрузки $F$ , Н	8000	2500	2000	4000	5000	3000
4	Угол действия нагрузки $\alpha$ , рад	0.2	0.3	0.15	0.3	0.2	0.25

5	Момент нагрузки $M$ , Н·м	30	20	40	50	70	20
6	Ориентировочный момент инерции нагрузки $J$ , кг·м <sup>2</sup>	0.7	0.4	0.1	0.15	0.1	0.6
7	Дискретность задания величины перемещения $D$ , угл.с	1	1	2	4	4	5
8	Точность двустороннего позиционирования $\Delta_1$ , угл.с	2	3	5	7	8	10
9	Точность одностороннего позиционирования $\Delta_2$ , угл.с	0.5	2	3	5	6	7
10	Время разгона $t_p$ , с	0.06	0.09	0.08	0.06	0.07	0.1
11	Время установившегося движения $t_y$ , с	0	0	1.1	1	1.2	1.5
12	Время торможения $t_t$ , с	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09
13	Время выстоя $t_b$ , с	5	7	8	6	3	10

### Порядок выполнения проекта

1. Изучить упрощенную кинематическую схему модуля и выполнить ее критический анализ.
2. Выполнить энергетический расчет привода и кинематический расчет механизма преобразования движения (при необходимости).
3. Выбрать датчик перемещения.
4. По справочникам предварительно выбрать опоры подвижных конструктивных элементов.
5. Разработать предварительную конструкцию модуля.
6. Разработать варианты эскизной компоновки.
7. Выполнить силовой расчет модуля. Определить все силы и моменты сил, действующие на основные конструктивные элементы.
8. Разработать конструкцию модуля.
9. Выполнить расчет точности модуля с учетом погрешностей изготовления его конструктивных элементов.
10. Произвести проверочный расчет двигателя.
11. Выбрать тип двигателя и привод для регулирования скорости и положения механизмов, привести структурную схему.
12. Разработать структуру системы управления.
13. Разработать упрощенную модель привода и выполнить моделирование в среде Matlab.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. Основы идентификации, анализа и мониторинга проектных рисков качества программных изделий в условиях нечеткости [Электронный ресурс] / Таганов А.И. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 224 с.: ил. - ISBN 978-5-9912-0282-4.
2. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие. - С.Пб., М., Краснодар: Лань, 2012,- 606с.: ил.+1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-5-8114-1166-5. (библиотека ВлГУ).
3. Электроника [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Соколов С.В., Титов Е.В. - М. : Горячая линия - Телеком, 2013. - 204 с.: ил. - ISBN 978-5-9912-0344-9.

### Дополнительная:

1. Встраиваемые высокопроизводительные цифровые системы управления. Практический курс разработки и отладки программного обеспечения сигнальных микроконтроллеров TMS320x28xxx в интегрированной среде Code Composer Studio [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.С. Анучин, Д.И. Алякин, А.В. Дроздов и др.; под общ. ред. В.Ф. Козаченко. - М. : Издательский дом МЭИ, 2010. - 270 с. - ISBN 978-5-383-00471-5.
2. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. [Электронный ресурс] / Булгаков А. Г., Воробьев В. А. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. - 488 с.: ил. - ISBN 978-5-91359-013-8.3. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics): учебное

пособие для высших учебных заведений / В.М. Мусалимов, Г.Б. Заморюев, И.И. Калапышина, А.Д. Перечесова, К.А. Нуждин. - СПб.: НИУ ИТМО, 2013. - 114 с.

3. Электрические машины [Электронный ресурс] / Встовский А.Л. - Красноярск : СФУ, 2013. - 464 с. - ISBN 978-5-7638-2518-3.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Практические занятия:
  - a. ауд. 106-2: ПЭВМ – 10 шт
  - b. презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
  - c. пакеты ПО общего назначения (MSOffice, MSVisio, MSPowerPoint, Matlab)
2. Лабораторные работы:
  - a. ауд. 106-2: ПЭВМ – 10 шт, стенд для выполнения моделирования с приводом постоянного тока
  - b. «Промышленные датчики механических величин» ПДМВ-ПО
  - c. презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук), пакеты ПО общего назначения (MSOffice, MSVisio, MSPowerPoint, Matlab)
4. Прочее:
  - a. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
  - b. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.06. «Мехатроника и робототехника».

Рабочую программу составил:  д.т.н., профессор Веселов О.В.  
кафедра МиЭСА

Рецензент (представитель работодателя):  инженер технолог Кашин И.В.  
ООО ФТК \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Мехатроника и электронные системы автомобилей», протокол № 8 от 27.04.15

Зав. кафедрой  Кобзев А.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.03.06. «Мехатроника и робототехника», протокол № 3 от 28.04.15

Председатель комиссии  Кобзев А.А.

Программа переутверждена:

на 15/16 учебный год, протокол № 1 от 01.09.15

Зав. кафедрой 

на 16/17 учебный год, протокол № 15 от 30.06.16

Зав. кафедрой 

на \_\_\_\_\_ учебный год, протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_