

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 27.01.2022 20:22:31  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb15a5b426d17e5f1c1feabb175e9430f7ca4851fda36d089


## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

  
О. Г. Локтионова

« 27 » 01



## УПРАВЛЕНИЕ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ И СЕРВИСНЫМИ РОБОТАМИ

Методические указания по выполнению курсовых работ

Курск 2022

УДК 62-52

Составитель: П.А. Безмен

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент Е.Н. Политов

**Управление мехатронными системами и сервисными роботами:** методические указания по выполнению курсовых работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. П.А. Безмен. Курск, 2022. 17 с.

Изложены вопросы, связанные с выполнением курсовой работы. Приведены объем и состав работы, рекомендации и порядок составления отдельных разделов работы.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением (УМО).

Предназначены для студентов направлений направления подготовки «Мехатроника и робототехника» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 20 экз. Заказ .Бесплатно. 94

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94

**СОДЕРЖАНИЕ**

1.	ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ	4
1.1	Задачи курсовой работы	4
1.2.	Тематика курсовых работ	4
2.	СОСТАВ И ОБЪЕМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	7
3.	РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	9
3.1.	Введение	9
3.2.	Анализ существующих методов управления и принципов построения систем управления мехатронной (робототехнической) системой	9
3.3.	Разработка системы управления	10
3.4.	Конструкция электронного модуля системы управления	14
3.5.	Заключение	15
4.	ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ	16

# 1. ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ

## 1.1 Задачи курсовой работы

Основными задачами при выполнении курсовой работы являются:

- подтверждение способности применять знания, умения, навыки и компетенции, сформированные при освоении образовательной программы «Мехатроника и робототехника», для решения профессиональных задач;
- выявление способности к поиску новых решений (конструкторских, технологических и др.);
- выявление навыков самостоятельного анализа и синтеза при решении профессиональных задач с применением достижений в науке, технике, и технологии;
- проверка и оценка владения современными методиками научных исследований и эксперимента при решении профессиональных задач;
- определение готовности к выполнению видов профессиональной деятельности, установленных ФГОС ВО и определенных осваиваемой образовательной программой.

## 1.2. Тематика курсовых работ

Область профессиональной деятельности студентов, освоивших дисциплину «Управление мехатронными системами и сервисными роботами», включает разработку новых методов управления, обработки информации и поиск новых конструктивных решений мехатронных и робототехнических систем сервисного назначения, их подсистем и отдельных модулей, проведение исследований в области мехатроники, робототехники, теории управления и методов искусственного интеллекта.

Таким образом, курсовая работа по программе магистратуры по направлению «Мехатроника и робототехника» должна включать в себя разделы, раскрывающие следующие виды профессиональной деятельности студента:

- проектно-конструкторская;
- эксплуатационная;
- научно-исследовательская.

Курсовая работа, помимо расчетно-конструкторской части, должна включать в себя расширенный научно-исследовательский раздел, направленный на проведение теоретических и экспериментальных исследований методов управления и принципов построения системы управления мехатронной или робототехнической системой.

Тематика курсовых работ должна охватывать те отрасли промышленности, в которых широко используются сервисные робототехнические системы.

В каждой курсовой работе должен быть элемент новизны, разработка которого была бы полезна студенту и прививала бы ему навыки самостоятельной творческой работы.

Выбор темы курсовой работы осуществляется студентом добровольно, либо из списка тем, предлагаемых выпускающей кафедрой. Тема работы должна носить индивидуальный характер, её выбор студенты могут связывать как со своими профессиональными интересами, так и с будущим местом работы.

### Примеры тем курсовых работ

1. Система управления робототехнического летающего комплекса с управляемыми машущими движениями крыльев.
2. Система управления моторизованным пассивным экзоскелетом нижних конечностей.
3. Система управления реабилитационным экзоскелетом плечевого сустава.
4. Система автоматического управления роботом, перемещающимся с отрывом от поверхности.
5. Система управления приводами голеностопного узла экзоскелета.
6. Система управления электрическим инвалидным креслом с механизмом подъёма по лестнице.
7. Система управления вязально-трикотажной машины с индивидуальным приводом игл.
8. Система управления пятизвенным летающим роботом с синхронными машущими крыльями.

9. Система автоматического управления робототехническим летательным аппаратом с тремя несущими винтами.
10. Система управления поворотным промышленным роботом-манипулятором.

## 2. СОСТАВ И ОБЪЕМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Содержание курсовой работы определяется индивидуальным заданием, которое может быть выдано студенту на специальном бланке. В нем оговариваются: тема работы, срок представления к защите, исходные данные, содержание работы. Объектами типовых курсовых работ могут быть отдельные виды отраслевого технологического оборудования.

Курсовые работы, выполняемые по дисциплине «Управление мехатронными системами и сервисными роботами», имеют конструкторский характер, в них решаются задачи разработки модуля системы управления мехатронной или робототехнической системой на уровне технического решения, серийно изготавливаемого оборудования. Также в рамках работы необходимо выполнить анализ научно-технической информации, обобщающий отечественный и зарубежный опыт в области создания систем управления по теме работы.

Объем курсовой работы составляет 40 – 60 страниц.

Графическая часть работы включает:

- структурную схему системы управления;
- электрическую принципиальную схему электронного модуля системы управления;
- чертеж топологии печатной платы электронного модуля системы управления;
- блок-схемы алгоритмов управления.

Курсовая работа включает анализ существующих методов управления и принципов построения систем управления оборудованием аналогичного с тематикой работы назначения, описание разрабатываемой системы управления, необходимые расчеты, алгоритм (алгоритмы) работы системы управления, программу на языке высокого уровня для реализации работы системы управления (для микроконтроллера/персонального компьютера), условия работы электронного модуля системы управления, описание работы (режимов работы) электронного модуля системы управления.

Ниже приводится примерное содержание курсовой работы (вариант).

## Содержание курсовой работы

1. Введение.
2. Анализ существующих методов управления и принципов построения систем управления мехатронной (робототехнической) системой.
3. Разработка системы управления.
  - 3.1. Задачи системы управления.
  - 3.2. Структура системы управления.
  - 3.3. Принципы работы системы управления.
  - 3.4. Применяемые методы управления.
  - 3.5. Математическая модель (модели) работы системы управления.
  - 3.6. Анализ работы системы управления.
  - 3.7. Алгоритм (алгоритмы) работы системы управления.
4. Конструкция электронного модуля системы управления.
  - 4.1. Выбор элементной базы электронного модуля.
  - 4.2. Условия работы электронного модуля.
  - 4.3. Описание работы (режимов работы) электронного модуля.
5. Заключение.
6. Список литературы (не менее 25 источников, в т.ч. не менее 10 зарубежных источников).
7. Приложение.
  - 7.1. Задание на курсовой проект (на бланке).
  - 7.2. Графическая часть курсовой работы.
  - 7.3. Листинг программы на языке программирования высокого уровня для реализации работы системы управления (для микроконтроллера/персонального компьютера).

Студентам следует обратить внимание на необходимость отражения в курсовой работе всех перечисленных разделов, соблюдения формулировок названий разделов и т.п.

Содержание курсовой работы научно-исследовательского характера определяется руководителем работы в индивидуальном порядке.



### **3. РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Как отмечалось, курсовая работа включает ряд разделов. Степень раскрытия содержания этих разделов показывает грамотность студентов, умение формулировать свои мысли и правильно оформлять технические документы.

Ниже приводятся рекомендации общего характера к составлению определённых разделов курсовой работы.

#### **3.1. Введение**

Во «Введении» следует привести характерные и конкретные цифровые показатели по состоянию и перспективам развития соответствующей отрасли применения мехатронной или робототехнической системы, отразить основные направления технического прогресса в ней, особенно в соответствии с темой работы. В разделе должна быть выделена существующая проблема и обозначена актуальность работы.

Исходными материалами для написания раздела должны служить государственные и отраслевые документы, ГОСТы, ТУ и т.п.). Можно рекомендовать также отраслевые журналы и информационные издания.

Раздел завершается формулированием цели работы.

Объём раздела «Введение» 1-2 страницы.

#### **3.2. Анализ существующих методов управления и принципов построения систем управления мехатронной (робототехнической) системой**

Этот раздел, как было указано выше, состоит из нескольких частей и представляет собой анализ научно-технической информации.

Состояние вопроса изучают по монографиям, справочникам, каталогам, статьям в научной периодической печати, информационным ресурсам Internet, а также путём ознакомления с неопубли-

кованной отчётной научно-технической информацией отраслевых НИИ и КБ, занимающихся аналогичной тематикой. Из этих информационных материалов получают сведения о назначении и области применения исследуемого оборудования, об устройстве и принципе действия оборудования, о задачах и опыте усовершенствования техники, о современных достижениях в смежных передовых отраслях и за рубежом. В рамках данного раздела, если это необходимо, выполняется патентный поиск.

Содержание данного раздела показывает умение студента ориентироваться в материале темы, четко представлять себе разновидности разрабатываемого оборудования, определять назначение конкретных устройств и систем управления. Желательно графическое представление этого материала в виде классификационных блок-схем.

В конце данного раздела курсовой работы следует обосновать необходимость новой системы управления или её модернизации для совершенствования технологического процесса, повышения качества продукции, снижения энергозатрат, сокращения обслуживающего персонала и т.п. Студентом должны быть сформулированы задачи, решаемые в соответствии с темой курсовой работы. Данная часть раздела должна быть убедительной и логически вытекать из обзора оборудования. Желательно, чтобы этот материал базировался и на конкретных экономических показателях.

### **3.3. Разработка системы управления**

Раздел должен включать: задачи разрабатываемой системы управления, её структуру, принципы работы системы управления, применяемые методы управления, математическая модель (модели) работы системы управления, анализ работы системы управления, алгоритм (алгоритмы) работы системы управления.

Следует отметить, что основой выполнения курсовой работы должен являться системный подход, который позволяет при разработке (синтезе) системы управления мехатронной (робототехнической) системой учитывать взаимосвязь последней с другими объектами и внешней средой.

Под синтезом системы управления понимается направленный расчет, имеющий конечной целью отыскание рациональной струк-

туры системы управления некоторым объектом и установление оптимальных или желаемых величин параметров её отдельных звеньев. В выполняемой работе синтез системы управления трактуется как инженерная задача, сводящаяся к такому построению системы управления, при котором обеспечивается выполнение технических требований к ней, прежде всего по точностным и динамическим характеристикам. При инженерном синтезе системы управления необходимо обеспечить:

- во-первых, требуемую точность и,
- во-вторых, приемлемый характер переходных процессов.

Типовой подход к процедуре синтеза системы управления динамическим объектом может включать следующие этапы:

- определение характеристик и параметров объекта управления, составление математических моделей;
- формулировка требований к системе управления;
- выбор структуры системы управления;
- выбор методов параметрического синтеза;
- параметрический синтез системы управления по нелинейным (с последующей линеаризацией) или линейным непрерывным моделям;
- анализ полученной системы управления, корректировка параметров и структуры;
- исследование последовательно усложняемой, за счет учета дискретности, нелинейностей и т.п., модели системы управления, с возможной корректировкой структуры и параметров алгоритма управления.

Данный раздел работы предполагает изучение объекта управления с точки зрения решения поставленной задачи курсовой работы. Результатом этого является обоснованная математическая модель объекта, как правило, в форме системы нелинейных дифференциальных уравнений.

Рациональным представляется начинать синтез системы управления с формирования модели «черный ящик», в которой отражаются все входы и выходы управляемого объекта.

Затем составляется модель управляемого объекта, которая включает перечень основных блоков робототехнического устройства (системы), а также их связей (механических, электрических, информационных).

Выбор структуры системы управления является наиболее

важным и, в то же время, наименее формализуемым этапом. Он в значительной степени определяет качество разрабатываемой системы управления и существенно влияет на следующие этапы синтеза. Студент должен, прежде всего, определиться с управляющими воздействиями и источниками информации о состоянии объекта. Структура исполнительных органов должна обеспечивать как принципиальную возможность решения поставленной задачи управления, так и достижение заданного качества работы системы управления.

На этапе разработки функциональной схемы системы управления или общей компоновки модуля системы управления производится детализация элементов структурной схемы, определяются наборы функциональных узлов.

Формулировка требований к системе управления включает формирование критериев качества проектных решений и разработку способов их расчета.

Если исполнительная часть системы управления сравнительно редко обладает многовариантностью, то информационная часть системы может базироваться на различных вариантах датчиков информации. Например, если рассматривать в качестве источников информации об объекте наблюдающие устройства, то выбор возможных вариантов построения информационно-измерительной части системы может быть достаточно широким.

Выбор процедуры параметрического синтеза существенно зависит от объекта управления. В большинстве случаев, там, где это возможно, на этапе синтеза используются линейные модели объекта управления. Это особенно эффективно для систем, работа которых в основных режимах функционирования хорошо описывается линейными моделями.

Процедуры синтеза по линейным моделям хорошо отработаны, достаточно легко формализуются и имеют мощную поддержку в различных математических пакетах (например, в MATLAB).

Студент может выбирать среди различных вариантов частотного, модального, оптимального и других методов синтеза наиболее эффективный и рациональный исходя из собственного опыта и особенностей поставленной задачи. Обычно удовлетворительный результат может быть получен применением разных методов.

Для выполнения курсовой работы студентам рекомендуется проводить параметрический синтез на основе методов модального

управления, т.е. методов обеспечивающих заданное качество системы управления путем желаемого размещения полюсов системы на комплексной плоскости. Как правило, исходная модель системы управления записывается в форме уравнений состояния, однако могут использоваться и передаточные функции.

Для анализа результатов синтеза по линейным моделям целесообразно использовать системы автоматизированного анализа и синтеза. Программные средства для расчета переходных и частотных характеристик, корневых годографов, анализа устойчивости и т.д. содержатся в математическом пакете MATLAB.

В результате анализа системы управления должна быть сделана оценка результатов структурного и параметрического синтеза и принято решение относительно необходимости их коррекции.

Дальнейшие исследования связаны с усложнением модели объекта управления или алгоритма (алгоритмов) управления. В курсовой работе усложнение модели объекта предусматривает переход к нелинейной модели путем учета нелинейностей. Такими нелинейностями могут быть ограничения в усилителях мощности, ограничения или нечувствительности датчиков и т.п. Как правило, в курсовой работе необходимо провести анализ возможных нелинейностей, а также исследовать их влияние на поведение системы.

Усложнение алгоритма управления связано в курсовой работе с переходом на цифровое управление. Основными задачами, решаемыми на данном этапе, являются переход к дискретной модели системы и выбор частоты квантования. Для решения первой задачи могут быть использованы, например, средства пакета MATLAB. Выбор частоты квантования производится на основе теоремы Котельникова исходя из условия адекватности непрерывной и дискретной моделей.

Результатом разработки алгоритма (алгоритмов) являются:

- блок-схемы алгоритмов управления – помещаются в графическую часть приложения к курсовой работе,
- листинг программы на языке программирования высокого уровня для реализации работы системы управления (для микроконтроллера/персонального компьютера) - помещается в приложение к курсовой работе).

Блок-схемы алгоритмов управления выполняются на листах формата А4 и А3 в соответствии с требованиями к оформлению, регламентирующимися ГОСТ 19.701-90.

Текст программы на языке программирования высокого уровня (например, язык С, язык С++) выполняется с учетом требований к синтаксису конкретного выбранного языка и выбранной платформы (различные архитектуры и модели микроконтроллеров, различные операционные системы персональных компьютеров/встраиваемых систем).

Для удобства изложения цифровые данные в работе можно представлять в виде таблиц и графиков.

Конкретное содержание раздела определяется заданием и указаниями руководителя (консультанта).

Отдельные виды расчётов, условно относимых к специальным (теплотехнические, гидравлические и др.), могут быть и определяющими, основными, и выполнять вспомогательную, проверочную роль. Это, естественно, зависит от конкретного задания на выполнение курсовой работы. Такого рода расчёты, ввиду их значимости, могут быть выделены в пояснительной записке в отдельный раздел.

Учитывая многообразие видов расчётов, условно отнесённых к специальным, невозможно привести какие-либо общие рекомендации по их выполнению. Такие рекомендации, как правило, можно найти в соответствующей учебной литературе.

### **3.4. Конструкция электронного модуля системы управления**

При разработке принципиальной электрической схемы модуля системы управления и чертежа топологии его печатной платы необходимо осуществить выбор современной элементной электронной базы, тщательно прорабатывать технологический процесс сборки модуля. В результате этого студент должен выполнить:

- электрическую принципиальную схему электронного модуля системы управления – в соответствии с ГОСТ 2.702-2011,
- чертеж топологии печатной платы электронного модуля системы управления – в соответствии с ГОСТ 2.417-91.

В разделе требуется указать условия работы электронного модуля: параметры окружающей среды (для эксплуатации и хранения), требования к электропитанию и др.

Также в разделе приводится описание работы (режимов работы) электронного модуля системы управления – описывается, ка-

ким образом выполняется взаимодействие системы управления с объектом управления, с оператором (пользователем), с окружающей средой.

Особое внимание при этом следует уделить всему новому и оригинальному, что явилось результатом творчества студента.

В конце раздела следует дать таблицу технических показателей описанного оборудования.

### **3.5. Заключение**

В «Заключении» (1-1,5 стр.) кратко подводятся итоги курсовой работы, и называется, какое новое инженерное решение положено в основу проекта и каковы достоинства этого решения, чем доказывается его эффективность, что нового предложено самим студентом, каковы возможности использования материалов курсовой работы в промышленности и какими могут быть направления дальнейшей работы в этой области.

#### 4. ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

К защите представляется курсовая работа, выполненная в полном объеме выданного студенту задания, подписанная им, просмотренная и утвержденная руководителем работы.

Защита курсовой работы состоит из краткого доклада (презентации) студента о содержании работы, её особенностях, методах расчета и т.п. и опроса студента.

Доклад (презентация) должен строиться в том же плане и в той же последовательности, что и курсовая работа.

В своем докладе и во время ответов на вопросы, студент должен показать особенности работы, уделив при этом внимание оригинальности разработки, использованию при этом современных методов расчета, а также перспективам использования и дальнейшему совершенствованию системы управления.

Курсовая работа и её защита оцениваются по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».



## Рекомендуемая литература

1. Александров А.Г. Синтез регуляторов многомерных систем. - М.: Машиностроение, 1986.
2. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления - Спб.: Наука, 1999.
3. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. - М.: Издательский центр "Академия", 2004.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования.- М.: Наука, 1966.
5. Бурлаков С.Ф., Мирошник И.В., Стельмаков С.И. Системы управления движением колесных роботов. - СПб.: Наука, 2001.
6. Егоров К.В. Основы теории автоматического регулирования. - М.: Энергия, 1967.
7. Заде Л., Дезоер Ч. Теория линейных систем. Метод пространства состояний.- М.: Наука, 1970.
8. Имаев Д. Х. и др. Анализ и синтез систем управления. - СпБ.: Инф. изд. центр СГУ, 1998.
9. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления.- М.: Мир, 1977.
10. Колесников А.А., Медведев М.Ю. Современные методы синтеза систем управления. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003.
11. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. - М.: Машиностроение, 1976.
12. Современная прикладная теория управления: Оптимизационный подход в теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. - Ч. I.
13. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского.- М.: Наука, 1987.
14. Стрейц В. Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления. - М.: Наука, 1985.
15. Дьяконов В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + SIMULINK 4/5 в математике и моделировании.– М.: СОЛОН-Пресс, 2003.