

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**

Р.С. Малсугенов  
Р.А. Байрамуков  
Н.У. Бисилов

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И РОБОТОВ**

Методические рекомендации по выполнению  
курсового проекта для обучающихся всех форм обучения,  
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника,  
направленность (профиль) «Мехатронные и роботизированные  
технологические системы и комплексы»

Черкесск  
2025

УДК 621  
ББК 34.4  
М18

**Рецензенты:** Джашеев А.-М. С. – д. т. н., профессор

**М18 Малсугенов Р.С.** Проектирование мехатронных устройств и роботов: методические рекомендации по выполнению курсового проекта для обучающихся всех форм обучения, направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатронные и роботизированные технологические системы и комплексы» / Р.С. Малсугенов. – Черкесск: БИЦ СевКавГА, 2025. – 26 с.

Пособие разработано согласно учебному плану образовательной программы бакалавров по направлению подготовки 15.03.06. Мехатроника и робототехника. Оно предназначено для обеспечения выполнения курсовых проектов по курсу «Проектирование мехатронных устройств и роботов».

**УДК 621  
ББК 34.4**

© Малсугенов Р.С. Байрамуков Р.А., Бисилов Н.У., 2025  
© ФГБОУ ВО СевКавГА, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 4  |
| 1. ХАРАКТЕР ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....                 | 5  |
| 2. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....                         | 6  |
| 2.1. Объем курсового проекта .....                                   | 6  |
| 2.1.1. Пояснительная записка .....                                   | 6  |
| 2.1.2. Графическая часть .....                                       | 8  |
| 2.1.3. Оформление расчетно-пояснительной записки .....               | 11 |
| 2.1.4. Выполнение графической части работы .....                     | 11 |
| 2.1.5. Защита курсовых проектов .....                                | 12 |
| 3. СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ<br>ЗАПИСКИ .....        | 14 |
| 3.1. Вводная часть .....   | 14 |
| 3.2. Функционально-структурное описание проектируемого устройства .. | 15 |
| 3.3. Выбор и обоснование механической структуры .....                | 15 |
| 3.4. Выбор и расчёт приводов .....                                   | 16 |
| 3.5. Выбор датчиков и средств обратной связи .....                   | 17 |
| 3.6. Основные инженерные расчёты .....                               | 17 |
| 3.7. Основные инженерные расчёты .....                               | 18 |
| 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....                | 19 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ЛИТЕРАТУРА .....                    | 23 |
| Приложение 1 .....   | 25 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курсовое проектирование по дисциплине «Проектирование мехатронных устройств и роботов» имеет целью закрепление теоретических знаний и формирование практических навыков проектирования мехатронных модулей, узлов и робототехнических систем, включающих механическую, электрическую, электронную и программную подсистемы.

В процессе выполнения курсового проекта обучающийся осваивает:

- системный подход к проектированию мехатронных устройств;
- методы выбора и обоснования приводов, датчиков и исполнительных механизмов;
- основы построения структурных, функциональных и кинематических схем;
- навыки инженерных расчетов и оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД.

Курсовой проект является этапом подготовки к выполнению выпускной квалификационной работы.

# 1. ХАРАКТЕР ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Тематика курсового проекта должна отражать современный уровень развития мехатронных и робототехнических систем, применяемых в промышленности, транспорте, сервисе и автоматизированных производственных комплексах.

В задании на курсовой проект указываются:

- назначение проектируемого устройства или системы;
- функциональные требования;
- основные технические характеристики (нагрузка, скорость, точность, режим работы и др.);
- условия эксплуатации.

## **Примерная тематика курсовых проектов**

1. Проект мехатронного модуля линейного перемещения с электроприводом.
2. Проект манипулятора с числовым программным управлением для технологической операции.
3. Проект роботизированного рабочего места с промышленным роботом.
4. Проект сервопривода поворотного звена робота.
5. Проект мехатронного узла автоматизированной сборочной линии.
6. Проект автономной мобильной платформы с дифференциальным приводом.
7. Проект захватного устройства промышленного робота.
8. Проект мехатронной системы позиционирования с обратной связью.
9. Проект роботизированного модуля подачи заготовок.
10. Модернизация существующего механизма путем внедрения мехатронного привода.

## **2. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **2.1. Объем курсового проекта**

Курсовой проект (далее по тексту КП) содержит пояснительную записку и графическую часть.

Объем курсового проекта должен составлять 30-35 страниц машинописного текста на листах формата А4 пятым шрифтом “GOST type A” либо “Times New Roman” с высотой букв и цифр в 14 пунктов и междустрочным 1,5-ым интервалом (без приложения).

#### **2.1.1. Пояснительная записка**

Записка должна включать следующие разделы:

- Титульный лист
- Задание КП (1 стр.);
- Оглавление (1-2 стр) ;
- Введение (1-2 стр);
- Анализ существующих мехатронных и робототехнических аналогов (4-5 стр);
- Функционально-структурное описание проектируемого устройства (4-5 стр);
- Выбор и обоснование механической структуры (4-5 стр);
- Выбор и расчет приводов (3-4 стр);
- Выбор датчиков и средств обратной связи (2-3 стр);
- Структура системы управления (без программирования или с элементами алгоритмизации) (2-3 стр);
- Основные инженерные расчеты (4-5 стр);
- Заключение (1 стр.);
- Список использованных источников;
- Приложения.

## ПРИМЕЧАНИЯ.

1. Объем отдельных разделов пояснительной записки, по согласованию с преподавателем, может быть несколько изменен.

2. Записка пишется на листах писчей бумаги нормальных размеров с одной стороны (без оборотной стороны) с соблюдением правил “Единой системы конструкторской документации”.

3. Записка должна сопровождаться заглавным (титульным) листом.

4. После заглавного листа должно быть дано оглавление для информирования расположений в ней достаточно обособленных частей с указанием наименования и номера страницы, с которой они начинаются.

Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и приложений.

5. В конце записки должен быть дан список литературы.

Обращаем Ваше внимание, что в 2000г. были внесены изменения в ГОСТ 7.1. - 84 (библиографическое описание документа). Суть изменения состоит в том, что в заголовке приводится имя только одного автора, а в сведениях об ответственности (за косой чертой) обязательно приведение одного, двух или трех авторов.

Ниже мы приводим примеры библиографического описания документов.

Описание книги одного автора

Ефимова О. В. Финансовые анализы / О. В. Ефимова. - М : Бухгалтерский учет, 1999. -351 с.

Хачатуров К.А. Латиноамериканские уроки для России - Latinoamericanas para Rusia / К.А. Хачатуров ; Дипломат, акад. МИД Рос. Федерации. - М. : Междунар. отношения, 1999. - 394 с.

Эриашвчи Н.Д. Экологическое право : учебник для вузов / Н.Д. Эриашвчи. - М. : ЮНИТИ, 2000. -415 с.

Описание книги 2. 3-х авторов

В заголовке описания книги двух или трёх авторов приводят фамилию одного автора, как правило, первого из указанных на титульном листе:

Донцова Л.В. Анализы бухгалтерской отчетности / Л.В. Донцова, Н.А. Никифорова. - М. : Дело и Сервис, 1999. - 298 с.

### **2.1.2. Графическая часть**

Результаты работы над КП должны быть оформлены в виде таблиц, схем, диаграмм, графиков, чертежей и представлены в виде иллюстративных материалов, выполненных на белой бумаге формата А1(А0) с использованием оргтехники (плоттеров), или (возможный вариант) в виде слайдов, демонстрируемых на большом экране с помощью мультимедийного проектора, что обеспечивает наилучшее качество представления информации. В обоих случаях исходная информация должна быть создана на компьютере.

Материалы должны отражать результаты исследовательской, технологической и конструкторской частей КП.

Для разработки иллюстративных материалов, на которых будут помещены таблицы, диаграммы и графики следует использовать компьютерные программы Microsoft Word, Microsoft Excel или Microsoft PowerPoint, КОМПАС - 3D, AutoCAD, Solid Works и др. Все надписи в таблицах, на диаграммах и графиках должны быть выполнены шрифтом (тип, размер и толщина обводки), который хорошо читается на расстоянии. На графиках линии, отражающие зависимости, должны выполняться достаточно толстыми линиями, имеющими разный цвет или стиль в случае, если представлены несколько зависимостей. На диаграммах поля, отражающие величину различных составляющих, также должны выделяться либо разными цветами, либо разным стилем штриховки.

Для разработки чертежей и схем рекомендуется использование систем автоматизированного проектирования (САПР), таких как КОМПАС

— 3D, AutoCAD, Solid Works и др. Оформление чертежей должно соответствовать требованиям стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Рекомендуется уменьшенные до формата А4 и отпечатанные на принтере копии всех демонстрируемых плакатов (слайдов), в том числе и чертежей, подшить к РПЗ в разделе «Приложения».

Так как одной из составляющих ВКР является разработка нового или модернизация существующего изделия (агрегата или узла) в конструкторской части проекта, то необходимо четко определить, что такое изделие и какие изделия бывают.

В соответствии с ГОСТ 2.101 - 68 изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делят на: не специфицированные - детали - не имеющие составных частей и изготовленные из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций;

специфицированные - сборочные единицы, комплексы, комплекты - состоящие из двух и более составных частей.

сборочная единица - изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т. п.);

комплекс - два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций;

комплект - два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного

характера. Наиболее распространенным видом разрабатываемого изделия в ВКР обычно является сборочная единица.

В графическую часть курсового проекта могут входить:

1) Общие виды проектируемого или модернизируемого оборудования (1-2 листа формата А1);

3) Общий вид модернизируемого узла (1-2 листа формата А1);

2) Схема кинематическая проектируемого или модернизируемого оборудования (1 лист формата А1 или формата А2);

2) Схема электрическая проектируемого или модернизируемого оборудования (1 лист формата А1 или формата А2);

Титульный лист оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД. Все надписи на титульном листе располагаются в строго определенных местах. Образец титульного листа дан в приложении №1

Рекомендуется следующие номера шрифта для конкретных надписей:

«МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ» –

шрифт Times New Roman 14 пт;

«СЕВЕРОКАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ» - шрифт  
Times New Roman 14 пт заглавным буквами;

«Инженерный институт» и «Кафедра «Мехатронные и робототехнические  
системы» - шрифт Times New Roman 14 пт жирным шрифтом;

название темы курсового проекта – шрифт Times New Roman 14 пт  
заглавным буквами;

«Выполнил ...», «Проверил ...» - Times New Roman 14пт;

год выполнения работы – шрифт Times New Roman 14пт.

### **2.1.3. Оформление расчетно-пояснительной записки**

РПЗ записка ВКР является основным текстовым документом, в котором последовательно излагается материал, раскрывающий вопросы соответствующих разделов.

Общие требования к РПЗ - четкость построения, логичность изложения материала, убедительность аргументации, краткость и точность формулировок и расчетов, конкретность изложения результатов работы, доказательность выводов и обоснованность рекомендаций.

Текст располагается на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 (210x297мм) и с соблюдением ниже перечисленных требований. Ширина полей: сверху и снизу - 20 мм; слева - 30 мм; справа - 10 мм.

При её оформлении следует руководствоваться указаниями ГОСТ 7.32.-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления», ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам». ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ГОСТ 7.12-93 «Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке», ГОСТ 8.417-81 «Единицы физических величин».

В тексте РПЗ используется шрифт Times New Roman, 14 пт(черный).

Междустрочным интервал- полуторный (1,5 строки).

Выравнивание текста – по ширине.

Абзацный отступ одинаковый по всему тексту документа-15 мм.

Расстановка переносов – нет.

Нумерация страниц РПЗ должна быть сквозной, начиная с титульного листа и до последней страницы, проставляется в центре нижней части листа арабскими цифрами.

### **2.1.4. Выполнение графической части работы**

Все чертежи должны выполняться на листах чертежного формата (основного или дополнительного), обозначение и размеры которого

устанавливает ГОСТ 2.301-68. Указанный стандарт устанавливает следующие основные форматы:

A0- 841x1189 мм;      A3- 297 x 420 мм;  
A1 -594 x 841 мм;      A4 - 210 x 297 мм;  
A2 -420 x 594 мм;      A5 - 149 x210 мм.

Размер чертежного формата определяется размерами внешней рамки, выполненной сплошной тонкой линией.

Выбор основного или дополнительного чертежного формата, а также его расположение на листе (расположение длинной стороны формата горизонтально или вертикально) определяется размерами изделия.

Внутри чертежного формата сплошными основными линиями чертится внутренняя рамка. При этом расстояния между линиями внешней и внутренней рамки должно соответствовать следующим требованиям: с левой стороны оставляют поле шириной 20 мм, с остальных сторон по 5 мм.

В правом нижнем углу внутренней рамки размещают основную надпись чертежа, форму и правила заполнения, которой устанавливает ГОСТ 2.104-68.

На форматах A3 – A0 основная надпись чертежа может располагаться как вдоль длинной, так и вдоль короткой стороны. На чертежном формате A4 основная надпись чертежа размещается только вдоль короткой стороны, т.е. формат A4 располагается только вертикально.

Стандартом допускается совмещение нескольких чертежных форматов на одном листе. При этом каждый формат должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301-68.

### **2.1.5. Защита курсовых проектов**

Каждым студентом все курсовые проекты должны выполняться и сдаваться на проверку преподавателю в сроки, предусмотренные графиком

работы студентов в текущем семестре. После исправления студентом всех ошибок, отмеченных преподавателем при проверке, каждая курсовая работа должна быть защищена. При исправлении ошибок из проверенной работы ни в коем случае ничего не выбрасывается. Исправления аккуратно записываются студентом на чистых страницах. На защиту обучающиеся приносят исправленные работы, сдают их преподавателю, получают индивидуальные вопросы по разделам курсовой работы. На подготовку отводится 30-40 мин. Если обучающийся успешно ответил на вопросы и у преподавателя нет никаких дополнительных замечаний по расчетно-графической работе, то защита считается законченной. После защиты курсовой проект остается у преподавателя. Если студентом курсовой проект защищен успешно и в срок, то в конце семестра он может автоматически получить дифференцированный зачет по дисциплине. В случае, когда обучающийся при защите не справляется с вопросами, то преподавателем назначается дополнительная защита (не более двух раз!). Если обучающимся курсовой проект не защищен в течение семестра, то защита и сдача ее производится в экзаменационную сессию.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

#### **3.1. Вводная часть**

Краткий исторический обзор, освещающий развитие выбранной темы курсового проекта, по данным, опубликованным в литературе. Роль отечественных и зарубежных ученых, инженеров, рационализаторов, изобретателей в развитии темы исследования. Задачи, стоящие перед данным производством в настоящее время.

#### **3.2. Анализ существующих мехатронных и робототехнических аналогов**

Анализ существующих мехатронных и робототехнических аналогов представляет собой критически важный этап проектирования, на котором проводится систематическое исследование и сравнение устройств и систем, уже реализованных в мировой практике. Этот раздел служит фундаментом для всего проекта и позволяет опереться на лучшие инженерные решения, одновременно выявляя узкие места и возможности для инноваций. Анализ начинается с чёткого определения области поиска: рассматриваются аналоги как прямого назначения, так и смежных областей, способные предложить интересные технические решения. Источниками информации служат научные статьи, описания патентов, техническая документация от ведущих производителей, а также обзоры с отраслевых выставок. Ключевым методом является сравнительный анализ по заранее определённой системе критериев, которая включает технические характеристики, конструктивные особенности, показатели надёжности и экономической эффективности. Важно не просто перечислить существующие модели, но и выявить устойчивые тенденции: движение к модульности и компактности компонентов, рост интеллектуальности за счёт интеграции сенсоров и машинного обучения, развитие коллаборативных функций. На основе этого анализа формулируется обоснованное заключение о том, какие решения будут

заимствованы, какие модернизированы, и в чём будет заключаться конкурентное преимущество или новизна проектируемого устройства.

### **3.2. Функционально-структурное описание проектируемого устройства**

Функционально-структурное описание проектируемого устройства - это подробное техническое описание того, что будет создано, как оно будет работать и из каких частей состоять. Здесь важно перейти от общих целей к конкретным функциям. Описание начинается с формализации технического задания, где требования к системе формулируются измеримо и конкретно. Далее следует описание всех функций, которые система должна выполнять, от основных рабочих операций до вспомогательных, таких как самодиагностика, калибровка или аварийная остановка. Особое внимание уделяется интерфейсам - точкам взаимодействия между этими подсистемами и с внешним оборудованием, будь то механические крепления, электрические разъёмы или коммуникационные протоколы. Завершает раздел описание рабочих сценариев, наглядно показывающее, как все компоненты взаимодействуют во времени для выполнения целевой задачи.

### **3.3. Выбор и обоснование механической структуры**

Выбор и обоснование механической структуры является ключевым инженерным решением, определяющим возможности и ограничения всей будущей системы. Этот процесс — не просто выбор из каталога, а глубокий анализ компромиссов. Рассматриваются различные типы кинематических схем: декартовы, обеспечивающие простоту и высокую жёсткость; антропоморфные, с их универсальным рабочим пространством; SCARA, оптимальные для работ в плоскости; параллельные, известные высокой динамикой и точностью. Каждая схема оценивается через призму поставленной задачи: какой объём рабочего пространства необходим, каковы требования к точности и жёсткости, какие динамические нагрузки

ожидаются. После выбора принципиальной схемы следует её детальная проработка. Определяются количество степеней свободы, геометрические параметры звеньев, типы кинематических пар. Разрабатывается подробная кинематическая схема, где для каждого звена назначается система координат согласно методике Денавита-Хартенберга, что является подготовкой для последующего математического моделирования. Важной частью обоснования является предварительный расчёт рабочей зоны устройства - определение всех точек в пространстве, которых может достичь его рабочий орган, что позволяет убедиться в соответствии габаритов поставленной технологической задаче.

### **3.4. Выбор и расчёт приводов**

Расчёт начинается с определения нагрузок, которые будет испытывать каждый привод: необходимо рассчитать статические моменты от сил тяжести, динамические моменты, связанные с ускорениями, и моменты от сил трения или технологического сопротивления. Эти расчёты опираются на результаты динамического моделирования. Исходя из пиковых и номинальных значений момента и требуемой скорости вращения или линейного перемещения, выбирается тип двигателя. Серводвигатели предлагают высокую точность и перегрузочную способность, шаговые двигатели - простоту управления и хорошую точность позиционирования на низких скоростях, бесколлекторные двигатели - высокий КПД и надёжность. Параллельно решается задача согласования высоких скоростей вращения двигателя с относительно низкими скоростями рабочего органа - выбирается тип и рассчитывается параметры редуктора. Гармонические редукторы обеспечивают высокое передаточное число и малый люфт, планетарные - высокий КПД и компактность. Если требуется преобразование вращательного движения в линейное, производится расчёт и выбор преобразователя, такого как шарико-винтовая пара или зубчатая рейка. Итогом раздела является спецификация с конкретными моделями двигателей, редукторов и других

элементов привода, подтверждённая расчётами их рабочих режимов, КПД и теплового баланса.

### **3.5. Выбор датчиков и средств обратной связи**

Выбор датчиков и средств обратной связи определяет способность системы воспринимать себя и окружающий мир, что является основой автоматического управления. Выбор начинается с определения того, какие величины необходимо измерять. Для контроля положения валов двигателей или звеньев используются датчики углового положения: инкрементальные и абсолютные энкодеры, резольверы или потенциометры. Для управления усилием или моментом, а также для реализации функций безопасного взаимодействия применяются тензометрические или пьезоэлектрические датчики силы и момента, которые могут быть встроены в привод или установлены в запястье манипулятора. Если задача требует взаимодействия со сложными объектами, рассматриваются тактильные сенсорные массивы. Для навигации мобильных платформ или распознавания объектов необходимы внешние сенсоры: лидары, ультразвуковые дальномеры, 2D и 3D камеры технического зрения. Ключевым аспектом является не только выбор самого датчика, но и определение интерфейса его подключения — будь то аналоговый сигнал, цифровой протокол типа SSI или EnDat, или промышленная сеть, такая как EtherCAT. От надёжности и точности сенсорной информации напрямую зависит работоспособность всей системы управления.

### **3.6. Основные инженерные расчёты**

Этот раздел носит прикладной характер и содержит конкретные вычисления. Он начинается с проверочных расчётов на прочность критических элементов конструкции: валов, опор, корпусных деталей. Рассчитываются напряжения от изгиба, кручения, сжатия и сравниваются с допускаемыми для выбранного материала с учётом требуемого

коэффициента запаса. Далее выполняется расчёт на жёсткость, так как чрезмерные прогибы и углы закручивания напрямую ведут к потере точности позиционирования. Отдельным важным блоком является расчёт точности системы, где оцениваются и суммируются различные источники погрешностей: люфты в передачах, ошибки датчиков, температурные деформации, упругие отжатия под нагрузкой. На основе этой оценки делается вывод о достижимой итоговой точности. Для ответственных систем выполняется расчёт надёжности, оценивающий вероятность безотказной работы и наработку на отказ на основе интенсивностей отказов ключевых компонентов. Завершаться раздел может тепловыми расчётами, подтверждающими, что выделяемое двигателями и электроникой тепло будет эффективно отводиться без перегрева.

### **3.7. Основные инженерные расчёты**

Первая часть заключения посвящена констатации достижения поставленной цели и выполнения всех задач проекта, сжато перечисляются ключевые полученные результаты: выбранная схема, рассчитанные параметры, выбранные компоненты. Далее даётся интегральная оценка проектируемого устройства: кратко перечисляются его основные технические преимущества и потенциальные ограничения. Обязательно подчёркивается элемент новизны или практической значимости работы. В заключительной части формулируются перспективы: что можно сделать далее для улучшения разработки, какие дополнительные исследования провести, каковы возможные пути практической реализации и внедрения результатов проекта. Заключение оставляет у читателя целостное впечатление о завершённости и продуманности проекта.

#### 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

При выполнении проекта предполагается модернизация машины или другого устройства. В соответствии со спецзаданием, это может быть замена одного узла машины на другой (взятый из другого устройства). Это может быть совмещение двух машин, объединенных общим приводом, возможны другие варианты предложенные самими студентами.

Графическая часть вычерчивается в соответствующем масштабе.

Масштаб изображений и их обозначение на чертежах установлены по ГОСТу 302-72 и должны выбираться из следующих рядов:

Масштабы уменьшения - 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500; 1 : 800; 1 : 1000.

Масштабы увеличения - 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1.

Каждый конструкторский документ должен иметь основную надпись, выполненную в соответствии с ГОСТом 2.104-78. Стандартом предусмотрено применение на графических и текстовых документах трех типов основных надписей:

- основная надпись для чертежей и схемы (первый или заглавный лист)
- основная надпись для текстовых конструкторских документов (первый или заглавный лист).

Например, обучающийся имеющий тему курсового проекта «Проект манипулятора с числовым программным управлением для технологической операции», должен ввести следующие обозначения:

для пояснительной записки - КП-СевКавГА-15.03.06-05-17 ПЗ;

для сборочного чертежа - КП-СевКавГА-15.03.06-05-17- 00. 00. 000 СБ;

для спецификации сборочного чертежа - КП-СевКавГА-15.03.06-05-17- 0000. 000

для кинематической схемы - КП-СевКавГА-15.03.06-05-17- 00 00.  
000 КЗ;

для сборочного чертежа узла - КП-СевКавГА-15.03.06-05-17- 05 00  
000 СБ (или 01 00 000 или 02 или 03 и т.д.)

Спецификацию относят к тестовым документам. Ее составляют на каждую сборочную единицу на отдельных листах формата А4 ватмана или писчей бумаги.

Листы спецификации брошюруют и прикладывают к пояснительной записке.

Согласно ГОСТу 2.105-79 к документам, содержащим текст, разбитый на графы (спецификациям) предъявляются следующие требования.

1. Текстовый материал, разбитый на графы, при необходимости, делят на разделы и подразделы, которые не нумеруют.

2. Наименование разделов и подразделов записывают в виде заголовке в графе “Наименование” строчными буквами (кроме первой - прописной) и подчеркивают.

Ниже каждого заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше - не менее одной свободной строки.

3. Спецификация к графическим конструкторским документам по ГОСТу 2. 108-68 составляется на отдельных листах формата А4 на каждое изделие (сборочную единицу), комплекс или комплект.

4. Для учебных графических работ спецификация оформляется либо в виде отдельного самостоятельного документа, либо прикладывается и подписывается вместе с пояснительной запиской.

5. Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

Технологический расчет включает расчет параметров машин или агрегатов по заданной производительности.

В качестве параметров могут рассчитываться:

- геометрические размеры рабочих органов;
- скоростные временные характеристики – частота вращения вала рабочего органа, линейная скорость ленты конвейера;
- мощности, потребные на движение рабочих органов.

Полученные данные переносятся на чертежи и схемы (кинематические). Они же служат основой кинематического расчета.

Кинематическая схема ГОСТ 2.703-72 представляет собой условное плоскостное, либо аксонометрическое изображение всех ее механизмов привода, рабочих органов и их взаимодействия. Она должна давать представление о порядке присоединения механизмов, распределения потоков энергии, кинематических связях элементов машин, о взаимном расположении ведущих звеньев. Схема выполняется на формате А1, или А2; А3.

Кинематическая схема показывает, как движение передается от двигателя рабочим органам машины, автомата.

Непосредственно на кинематической схеме привода должны указываться скорость вращения выходного вала двигателя и всех других валов машины, автомата, диаметры шкивов, числа зубьев колес, звездочек, храповиков, модули зубчатых передач, шаги цепных передач, числа и величины ходов рабочих органов.

Все валы должны быть пронумерованы римскими цифрами. Все повторяющиеся элементы схемы, такие как кривошпы, кулачки и другие, ведущие и ведомые звенья исполнительных механизмов, а также элементы схемы, не имеющие ГОСТовского обозначения и произвольно обозначенные в связи с отсутствием таковых в ГОСТе 2.770-78, должны быть пронумерованы арабскими цифрами в порядке обхода схемы слева

направо, либо справа налево. Все элементы схемы получившие номера, должны быть пояснены на свободном поле чертежа текстовой частью.

При описании принципа действия и устройства машины, автомата ссылки на цифровое обозначение элементов схемы обязательны.

Использование условных обозначение по ГОСТу 2.770-78 при составлении плоских схем обязательно.

Направление вращения ведущего звена указывает стрелкой.

Конструктивные особенности звеньев и механизма в целом, не оказывающие влияния на движение механизма и его элементов, кинематической схемы не учитываются.

Технический расчёт включает расчёт параметров машин или агрегатов по заданной производительности.

В качестве параметров могут рассчитываться:

- геометрические размеры рабочих органов;
- скоростные, временные характеристики – частота вращения вала рабочего органа, линейная скорость ленты конвейера, время замеса (интенсивность) тестомесильной машины и т.п.;
- мощности потребные на движение рабочих органов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ЛИТЕРАТУРА

1. Кравцов, А. Г. Промышленные роботы : учебное пособие / А. Г. Кравцов, К. В. Марусич. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 95 с. — ISBN 978-5-4497-3697-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/143656.html>
2. Медведев, В. А. Моделирование роботов и РТС : учебное пособие / В. А. Медведев. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 83 с. — ISBN 978-5-7731-0839-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100447.html>
3. Родин, Б. П. Механика робота : учебное пособие / Б. П. Родин. — Саратов : Вузовское образование, 2013. — 56 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/18393.html>
4. Савенков, А. П. Приводы роботов и мехатронных устройств : учебное пособие / А. П. Савенков, В. А. Юдаев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-8265-2809-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148483.html>
5. Пахомова, Л. В. Промышленные роботы и робототехнические системы : учебное пособие / Л. В. Пахомова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет водного транспорта, 2022. — 78 с. — ISBN 978-5-8119-0933-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148824.html>
6. Рыбак, Л. А. Роботы и робототехнические комплексы : учебное пособие / Л. А. Рыбак, Е. В. Гапоненко, Ю. А. Мамаев. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.

Шухова, ЭБС АСВ, 2013. — 84 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/28394.html>

7. Егоров, О. Д. Механика роботов : учебное пособие / О. Д. Егоров. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2007. — 226 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/46686.html>

8. Медведев, В. А. Моделирование роботов и робототехнических систем : учебное пособие / В. А. Медведев. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 82 с. — ISBN 978-5-4497-1203-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108369.html>

9. Никулин, К. С. Расчет захватных устройств роботов : методические рекомендации и задания к контрольным работам по курсу «Робототехнические комплексы» / К. С. Никулин. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2009. — 31 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/46752.html>

## Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Инженерный институт  
Кафедра «Мехатронные и робототехнические системы»

### КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине  
«Проектирование мехатронных устройств и роботов»

На тему:  
«Проект захватного устройства промышленного робота»

Разработал:  
Обучающийся 4 курса, гр.

Иванов И.И.  
Руководитель:

---

Черкесск 2025 г

МАЛСУГЕНОВ Роман Сергеевич  
БАЙРАМУКОВ Рашид Альбертович  
БИСИЛОВ Назим Урусланович

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И РОБОТОВ**

Методические рекомендации по выполнению  
курсового проекта для обучающихся всех форм обучения,  
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника,  
направленность (профиль) «Мехатронные и роботизированные  
технологические системы и комплексы»

Печатается в редакции автора

Корректор Темирлиева Р.М.  
Редактор Темирлиева Р.М.

Формат 60x84/16  
Бумага офсетная.  
Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,8  
Заказ № 3971  
Тираж 100 экз.

Оригинал-макет подготовлен в Библиотечно-издательском  
центре СевКавГА  
369000, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36