

**Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
Филиал «Протвино»
Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»**

А. А. Евсиков, П.В. Маков, А. М. Сасов

**Подготовка и оформление курсового проекта по
дисциплине
«Технические средства автоматизации»**

ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Рекомендовано
кафедрой автоматизации технологических процессов и производств
филиала «Протвино» государственного университета «Дубна»
в качестве методического пособия для студентов,
обучающихся по направлению
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Протвино
2017

ББК 34.4я73
Е 25

Рецензент:

Главный инженер Специального конструкторского бюро космического приборостроения
Института космических исследований РАН А.Н. Наумов

Евсиков. А. А.

Е 25 Подготовка и оформление курсового проекта по дисциплине «Технические средства автоматизации»: электронное методическое пособие / А.А. Евсиков, П.В. Маков ,
А.М. Сасов. — Протвино, 2017.— 45 с.

Электронное методическое пособие содержит методические указания для выполнения курсовых проектов по дисциплине «Технические средства автоматизации».

Для студентов, обучающихся на направлении «Автоматизация технологических процессов и производств».

ББК 34.4я73

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплине «Технические средства автоматизации» является самостоятельной конструкторско-технологической работой студента. Он выполняется на основе знаний, полученных в процессе изучения общеобразовательных, общетехнических и специальных дисциплин. Выполнение проекта подготавливает студента к выполнению более сложной задачи — подготовке дипломного проекта. Методика решения основных элементов курсового проекта соответствует части дипломной работы.

Проект выполняется в соответствии со следующими разделами Программы дисциплины «Технические средства автоматизации»: Автоматизированные производственные системы; Автоматизированное технологическое оборудование; Электрические и электронные средства автоматизации; Пневматические, гидравлические и комбинированные средства автоматизации; Механические передачи и преобразователи движения; Регулирующие элементы, Автоматические регуляторы; исполнительные механизмы в автоматизированном оборудовании; Механизмы зажима, ориентации и фиксации заготовок деталей; Манипуляторы автоматизированного технологического оборудования; Специальные средства автоматизации машиностроения.

1. Цель курсового проекта

Курсовой проект направлен на закрепление и систематизацию знаний дисциплин, полученных студентами в процессе обучения. Цель проекта — научить студентов комплексно решать сложные научно-технические задачи в различных областях машиностроительных отраслей. Решаемые вопросы охватывают диапазон от технического анализа работы автоматизированных систем и автономного оборудования, до отдельных узлов механизмов и инженерных расчетов эксплуатационных характеристик конкретных деталей.

Работа над проектом способствует формированию практических навыков у студентов в обоснованном выборе средств автоматизации и приводов, используемых в устройствах, в зависимости от типа технологического процесса, серийности изготавливаемых изделий, массы и размера деталей. Работа над проектом позволяет приобрести навыки проектирования типовых узлов, применяемых в различном технологическом оборудовании и средствах автоматизации.

Работа над курсовым проектом должна обеспечить студентам приобретение практических навыков работы с нормативно-технической документацией и справочной литературой; знакомство со структурой и практической работой с национальными стандартами РФ: Единая Система Конструкторской Документации, Единая Система Допусков и Посадок, Единая Система Технологической Документации, Единая Система Технологической Подготовки Производства, а также Международных стандартов ISO.

2. Структура курсового проекта

Комплект документации Курсового проекта по дисциплине «Технические средства автоматизации» должен состоять из пояснительной записки, содержащей теоретические сведения и полные расчеты параметров изделия, и приложения — в виде комплекта чертежей и эскизов.

Введение пояснительной записки, должно содержать все характеристики курсового проекта и литературный обзор. Освещение актуальности, насколько правильно студент понимает тему и оценивает ее с точки зрения своевременности и социальной значимости. Во введении описывают, на каком конкретном материале выполнена работа, ее практическая часть. В конце вводной части желательно раскрыть структуру работы, т.е. дать перечень ее структурных элементов и обосновать последовательность их расположения.

Основная часть пояснительной записки курсового проекта должна состоять из 3-4 глав, которые, в свою очередь, можно разделить на параграфы. Названия глав и параграфов не должны дублировать название темы курсового проекта. Главы и параграфы необходимо соотносить друг с другом по объему представленного материала. Объем параграфов не должен превышать объема любой из глав работы. Заголовки глав и параграфов должны быть лаконичными и соответствовать их содержанию.

В основной части пояснительной записки приводится описание конструкции заданного технологического оборудования, принцип его работы, эксплуатационные характеристики. Если необходимо, для полноты изложения, привести принципиальные или иные — электрические, кинематические, гидравлические или пневматические схемы. Излагается подробное описание

выполненных расчетов режимов работы механизмов, прочности деталей, обоснование выбора материалов для их изготовления и технологии их изготовления.

Заключение — краткое изложение выводов по теме работы. Оно не должно носить характер сжатого пересказа всей работы. В нем должно быть последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными в задании.

Библиографический список — наименование учебников, справочной литературы, описание патентов, журнальных статей и других использованных источников, которые использовал автор при работе над курсовым проектом. Их количество должно быть не менее 4.

3 Общие сведения о проектировании и конструировании машин

Проектирование изделия, как правило, проводится на базе прототипа. Кроме изучения технических характеристик и описания прототипа, проводится патентный поиск, изучение технической литературы. Это позволяет выявить новые решения, применение которых способствует повышению качества изделия. Патентный поиск, кроме того, нужен для оценки патентной чистоты новых решений и выявления предполагаемых изобретений. Поэтому, начиная работу над проектом, необходимо подобрать литературу по теме проекта, изучить ее и сделать обзор. обстоятельная работа над обзором значительно расширяет кругозор и является залогом успешного выполнения проекта.

Проектирование — процесс создания прототипа или прообраза предполагаемого или возможного объекта. *Проект* — комплект конструкторской и другой технической документации, предназначенной для создания новых видов и образцов изделий. *Конструирование* — процесс разработки конструкторской документации.

В соответствии с Учебным планом специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» студенты проходят производственную практику на предприятиях машиностроительных отраслей. Поэтому важно, чтобы в преддверии ее студенты имели возможность дополнительно освежить информацию о стандартизации и унификации, как изделий, так и конструкторской и другой нормативно-технической документации.

Общепринятую классификацию изделий регламентирует ГОСТ 2.101 и устанавливает следующие виды изделий:

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями: свинчиванием, сваркой 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, несоединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей.

Покупные изделия — не изготавливают на данном предприятии, а получают их в готовом виде от смежных предприятий.

К конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые определяют состав, устройство изделия и содержат необходимые данные для его изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. ГОСТ 2.102 подразделяет документы на виды:

Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля

Сборочный чертеж — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля. К сборочным чертежам также относят чертежи, по которым выполняют гидромонтаж и пневмомонтаж

Чертеж общего вида — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия

Теоретический чертеж — документ, определяющий геометрическую форму изделия и координаты расположения составных частей

Габаритный чертеж — документ, содержащий упрощенное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами

Электромонтажный чертеж — документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия

Монтажный чертеж — документ, содержащий контурное изображение изделия, а также данные, необходимые для его монтажа на месте применения. К монтажным чертежам также относят чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия

Упаковочный чертеж — документ, содержащий данные, необходимые для выполнения упаковывания изделия.

Схема — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Ведомость спецификаций — документ, содержащий перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества.

Ведомость ссылочных документов - документ, содержащий перечень документов, на которые имеются ссылки в конструкторских документах изделия

Ведомость покупных изделий - документ, содержащий перечень покупных изделий, примененных в разрабатываемом изделии

Ведомость разрешения применения покупных изделий - документ, содержащий перечень покупных изделий, разрешенных к применению в соответствии с ГОСТ 2.124.

Ведомость держателей подлинников — документ, содержащий перечень предприятий на которых хранят подлинники документов, разработанных и примененных для данного изделия

Ведомость технического предложения — документ, содержащий перечень документов, вошедших в техническое предложение

Ведомость эскизного проекта — документ, содержащий перечень документов, вошедших в эскизный проект

Ведомость технического проекта — документ, содержащий перечень документов, вошедших в технический проект

Пояснительная записка — документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений

Технические условия — документ, содержащий требования к техническим характеристикам изделия, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые целесообразно указывать в других конструкторских документах

Программа и методика испытаний — документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделий, а также порядок и методы их контроля

Таблица — документ, содержащий в зависимости от его назначения соответствующие данные, сведенные в таблицу

Расчет — документ, содержащий расчеты параметров и величин, например, расчет размерных цепей, расчет на прочность.

Эксплуатационные документы — документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации

Ремонтные документы — документы, содержащие данные для проведения ремонтных работ на специализированных — предприятиях

Инструкция — документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия.

В зависимости от стадии разработки документы подразделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация). Наименования конструкторских документов, в зависимости от способа их выполнения и характера использования, следующие:

Оригиналы — документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников

Подлинники — документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий.

Дубликаты — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий

Копии — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником или дубликатом, предназначенные для непосредственного использования, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

Документы, предназначенные для разового использования в производстве при изготовлении макетов или стендов для лабораторных испытаний, допускается выполнять в виде эскизных конструкторских документов. Наименования эскизных документов, в зависимости от способа выполнения и характера их использования, аналогичны наименованиям конструкторских документов, то есть оригиналы, подлинники и другие.

Эскиз — это быстро выполненный предварительный набросок, фиксирующий замысел сооружения, механизма или отдельной его детали.

4 Стадии разработки курсового проекта

Государственный стандарт, ГОСТ 2.103-2008, устанавливает следующие стадии разработки конструкторской документации изделий для всех отраслей промышленности:

Техническое предложение (литера П) — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования. Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного проекта.

Эскизный проект (литера Э) — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект (литера Т) — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации. Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

Рабочая конструкторская документация — разработка конструкторской документации, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца, осуществляется *без присвоения литеры*. Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца *с присвоением документам литеры "О"*. Приемочные испытания опытного образца. Корректировка конструкторской документации по результатам приемочных испытаний опытного образца *с присвоением документам литеры "О₁"*. Изготовление и испытание установочной серии по документации с литерой "О₁". Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и испытания установочной серии, а также оснащения технологического процесса изготовления изделия, *с присвоением конструкторским документам литеры "А"*. Обязательность выполнения стадий и этапов разработки конструкторской документации устанавливается техническим заданием на разработку.

Невозможно рассчитывать те изделия, устройство и размеры которых не зафиксированы на бумажном или ином носителе информации. Поэтому *первой стадией* работы над проектом, в соответствии с ГОСТ 2.103, является эскизное проектирование.

Прежде чем приступить работе над эскизами, необходимо собрать и обработать информацию по заданной теме и написать обзор. Затем, используя материалы обзора и задания на курсовой проект, выполнить эскизы узлов и деталей. Эскизы рекомендуется выполнять на «миллиметровой бумаге» — ГОСТ 334-91 «Бумага масштабно-координатная. Технические условия». Слово миллиметровка — общеупотребительное, жаргонное название масштабно-координатной чертежной бумаги, размеченной на клетки. Тонкими линиями клетки со стороной 1мм, более толстыми — со стороной 5мм, ещё более толстыми — со стороной 10 мм. Наиболее толстыми линиями обозначены клетки со стороной 50мм. Применяется для составления профилей и эскизных чертежей. Способствует значительному сокращению времени, затрачиваемого на проведение эскизных работ.

Приступать к работе над следующим этапом, то есть к расчетной части проекта, можно только после того как преподаватель — руководитель проекта утвердит эскизный проект. В процессе расчетов и по их результатам студент осуществляет корректировку размеров деталей, и, в случае необходимости — конструкции в целом. Завершенные расчеты в распечатанном на

бумаге виде и скорректированные эскизы предъявляются преподавателю для проверки и последующего утверждения.

Таким образом, следующая стадия курсового проекта — выполнение пояснительной записки и рабочей конструкторской документации — базируется на утвержденных эскизных вариантах чертежей и Пояснительной записки. По ходу выполнения заключительного этапа уточняют элементы расчетов и вносят последние дополнения и корректировки в чертежи. После чего комплект Курсового проекта в составе утвержденных эскизов, Пояснительной записки и рабочей конструкторской документации, студент передает преподавателю для проверки, утверждения и получения допуска к защите Проекта.

5 Объем курсового проекта и правила его оформления

Объем Пояснительной записки курсового проекта формируется суммой объемов его составных частей. Введение, состоящее из литературного обзора, анализа собранной информации и выводов должно занимать 3—5 страниц. Расчетная часть проекта, состоящая из нескольких глав, должно занимать 20—30 страниц. Третья часть Пояснительной записки, Заключение, выполняется объемом 2—3 страницы, после него приводится Библиографический список.

Пояснительная записка курсового проекта печатается на бумаге формата А4, шрифт — Times New Roman, высота кегли — 14, межстрочный интервал 1,5. Страницы должны быть пронумерованы и сброшюрованы в папке типа «Скоросшиватель», не допускается размещать листы в полиэтиленовые файлы. В угловом штампе Пояснительной записки должны стоять подписи студента и руководителя Проекта.

С целью закрепления знаний и приобретения практических навыков при разработке конструкторской документации, графические приложения к Пояснительной записке курсового проекта выполняются в формате бумаги А1 методами цифровой технологии с использованием программного обеспечения Компас — 3Д, АСAD или других, с последующей распечаткой на плоттере.

Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах, а также перечень допускаемых сокращений слов, применяемых в графических документах, изложены в ГОСТ 2.316-2008. Все листы графического приложения конструкторской документации должны быть подписаны студентом.

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.004, в тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (—) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово "минус");

- применять знак "Ø" для обозначения диаметра (следует писать слово "диаметр"). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак "Ø";

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент).

Наименования команд, режимов, сигналов и т. п. в тексте следует выделять кавычками, например, "Сигнал +27 включено". В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например "Временное сопротивление разрыву σ_B ".

В тексте числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать $\frac{1}{4}$ " ; $\frac{1}{2}$ " (но не $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например, 5/32.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Пример: плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m — масса образца, кг;
 V — объем образца, м³.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак "×". Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово "таблица" с указанием ее номера. Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе. Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8мм. Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа. Графу "Номер по порядку" в таблицу включать не допускается.

6 Защита проекта

Календарный план выполнения студентом этапов курсового проектирования, составляется преподавателем, в соответствии с расписанием занятий учебной сессии и заканчивается защитой проекта. Выполненный курсовой проект является сугубо индивидуальной работой студента, которая выполняется под руководством преподавателя. Цель защиты имеет несколько назначений. Во-первых, студент должен показать уровень своих знаний и практических навыков приобретенных им в процессе обучения в высшем учебном заведении. Во-вторых — в процессе защиты курсового проекта выявляются пробелы в знании студентами отдельных разделов, каких-либо дисциплин. Поэтому преподаватель имеет возможность, по ходу дальнейшего обучения студента, оказать ему помощь в устранении этих пробелов. Третье назначение — процесс защиты проекта, включающий доклад студента, длительностью 5—10 минут, предусматривает ответы студента на заданные ему вопросы. Это способствует приобретению навыков публичных выступлений будущего инженера, развивает умение оперативно, лаконично и четко излагать свои мысли и отстаивать свою точку зрения.

7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

7.1 Объект разработки

Технические средства автоматизации предназначены для создания автоматического и автоматизированного технологического оборудования в машиностроительных отраслях. В процессе работы такого оборудования человеку отводятся, в основном, функции контроля и управления. Сами технологические операции выполняют специализированные узлы, блоки, системы механизмов и всевозможных устройств, имеющих встроенные контроллеры и внешнее программное управление. По виду используемой энергии они классифицируются как электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные. По функциональному назначению технические средства автоматизации можно разделить на исполнительные механизмы, усилительные, корректирующие и измерительные механизмы, преобразователи, вычислительные и интерфейсные устройства.

Обилие применяемых в машиностроении конструкционных материалов и, соответственно, технологических процессов, требуют применения широкого спектра самого разнотипного технологического оборудования.

7.2 Робототехнологический комплекс

Робототехнологический комплекс (РТК) — это автономно действующая совокупность технологического оборудования, обеспечивающая автоматический цикл работы внутри комплекса и его связь с входными и выходными потоками остального производства. Включает в себя полуавтоматические металлорежущие станки, вспомогательное оборудование и промышленного робота взаимодействующего с этим оборудованием.

На базе одних и тех же моделей станков могут создаваться РТК различных компоновок, с промышленными роботами, обладающими различными технологическими и техническими возможностями. Большое распространение получили РТК на базе одного станка, который обслуживается подвесным, напольным или встроенным в него промышленным роботом.

При организации РТК необходимо предусматривать автоматизацию основных и вспомогательных технологических операций, связанных с воздействием на оператора опасных и вредных факторов, оставляя за ним функции управления и контроля.

Блок-схема промышленного робота (ПР) представляет собой конструкцию, включающую ряд систем: механическую, приводов управления, связи с оператором, информационную, а также операционное устройство (рис. 1).

Механическую систему выполняют, как правило, в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности. Он монтируется на основании неподвижной или подвижной платформы, которая обеспечивает необходимые перемещения рабочего органа с грузом. Форма и габаритные размеры манипулятора определяются видом и особенностями технологического процесса, для которого он предназначен. Их системы управления, помимо основных функций по управлению движением рабочих органов манипулятора, обеспечивают выдачу сигналов на обслуживаемое оборудование, прием сигналов от датчиков внешней информации и использование этих сигналов в целях выбора той или иной подпрограммы работы из числа заданных оператором.

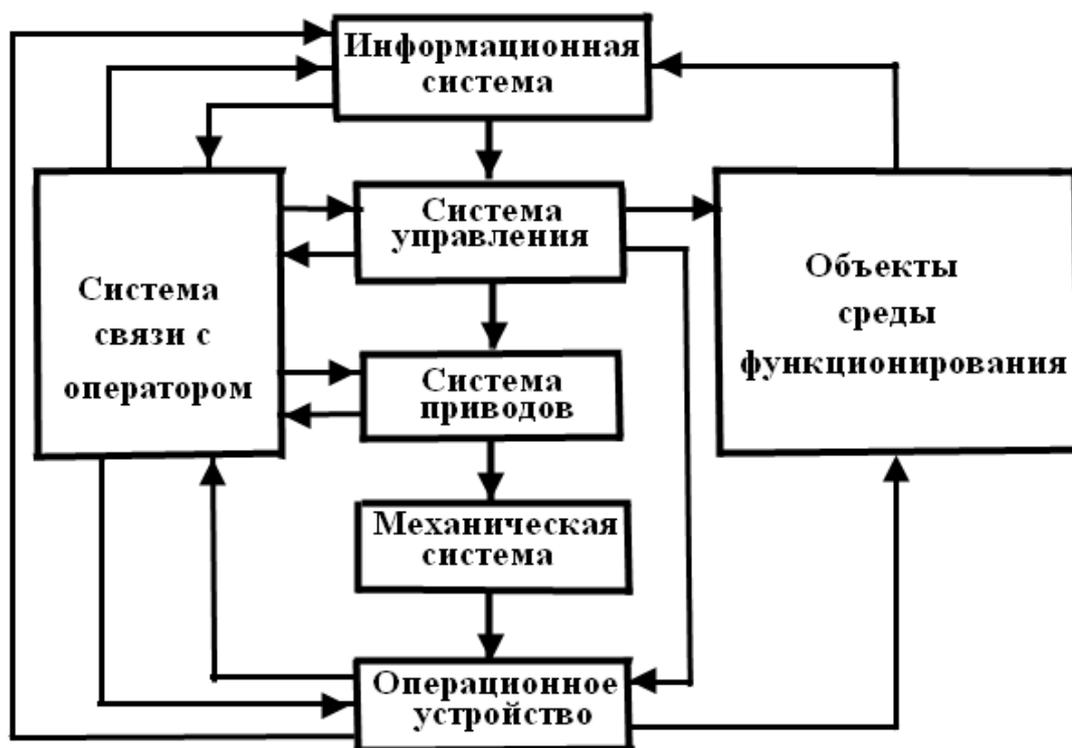


Рис. 7.2.1. Блок-схема промышленного робота

Наличие внешнего контура управления существенно расширяет области применения ПР, так как позволяет использовать их по отношению к автоматизированному процессу не только в качестве универсальных манипулирующих, но также и в качестве управляющих устройств. Наличие датчиков и соответствующих электронных схем внешней информации придало этим ПР принципиально новую способность адаптации к изменяющимся условиям работы.

7.4 Автоматизированная транспортно-накопительная система

Технические средства транспортно-накопительной системы (ТНС) представлены двумя группами: основное оборудование и вспомогательное. Основное оборудование предназначено для перемещения грузов в условиях автоматизированного производства (стеллажные и мостовые краны, штабелеры, транспортные роботы, конвейеры, накопители, перегрузочные и ориентирующие устройства, транспортно-складская тара, средства АСУ). Вспомогательное оборудование: толкатели, подъемники, питатели, и др..

Транспортные и накопительные средства выбирают на основе анализа грузопотоков на участке или в цехе с учетом свойств материалов изделия. При выборе схемы грузопотоков необходимо учитывать наименьшие по протяженности маршруты перемещения грузов, минимальное применение перегрузочных устройств, кантователей.

Особенностью автоматического управления является применение в качестве транспортных средств кранов-штабелеров и транспортных промышленных роботов. Все транспортные средства, используемые на этих участках, должны быть оснащены системами автоматического адресования и иметь устройства автоматической погрузки и разгрузки грузов.

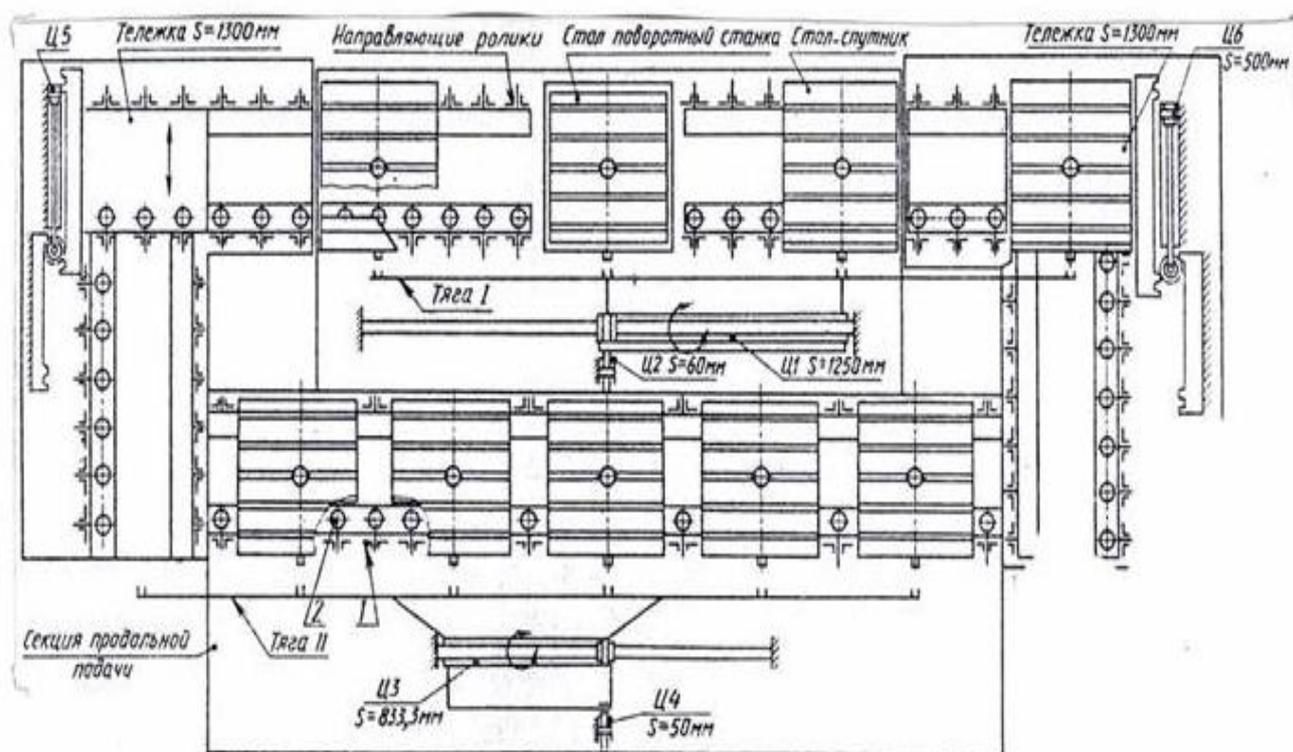


Рис. 7.4 Схема транспортно-накопительного устройства

Схема транспортно-накопительного устройства ГПМ на базе МЦ 800 показана на рисунке 7.4.. Перемещение столов-спутников на один шаг в продольных секциях конвейера осуществляется гидроцилиндрами Ц1 и Ц3 после предварительной расфиксации столов-спутников. В конце перемещения все столы-спутники стопорятся в очередной позиции гидрофиксаторами Ц2 (Ц4). Перемещение столов-спутников в поперечных секциях осуществляется на тележках, приводимых гидроцилиндрами Ц5 и Ц6. Вместе со штоком каждого из этих гидроцилиндров перемещается зубчатое колесо, катящееся по неподвижной зубчатой рейке, и приводящее в движение другую рейку, закрепленную на тележке. При ходе штока цилиндра, равном 500 мм, тележка при данной схеме механизма привода перемещается на 1300 мм.

Кроме того, в условиях автоматизированного производства широко применяют подвесной транспорт, напольные конвейеры, транспортеры, тележечный транспорт.

К подвесному транспорту относятся:

- подвесные конвейеры для внутрицеховых и межоперационных перемещений деталей и изделий, для создания подвижных запасов деталей на рабочих подвесках конвейера;
- монорельсовые транспортные роботы с устройствами для перемещения и манипулирования изделиями;

К *напольным конвейерам и транспортерам* для поточного производства относятся:

- рольганги, приводные и не приводные наклонные для межоперационного перемещения изделий;
- пильчатые, шаговые конвейеры с пульсирующим перемещением изделий;

К *напольно-тележечному внутрицеховому транспорту* относятся:

- электропогрузчики и электротележки - электрокары;
- электроштабелеры напольные;
- транспортные напольные роботы (рельсовые и безрельсовые), смонтированные на тележках и управляемые по программе. Напольные транспортные роботы могут двигаться:
 - вдоль провода, уложенного на глубине 40-60 мм от поверхности пола (по проводу пропускают ток силой в несколько сотен миллиампер, с частотой 2...20 кГц и напряжением не более 12 В;
 - по светоотражающей полосе, прикрепленной к полу (слежение за трассой осуществляется с помощью фотосчитывающих датчиков, реагирующих на изменение световых потоков и вырабатывающих управляющие сигналы);
 - по программе с использованием гироскопа.

В качестве накопителей используют автоматизированные склады, обслуживаемые штабелерами и транспортными роботами, и межоперационные магазины-накопители (напольные и подвесные). Магазины-накопители применяют в условиях поточного производства для деталей типа тел вращения, а подвесные накопители – в основном для корпусных деталей и деталей сложной конфигурации.

7.5 План работы над курсовым проектом

Вариант курсового проекта и исходные данные для выполнения расчётов выдаются каждому студенту индивидуально, преподавателем – руководителем проекта.

Работа студента над курсовым проектом проводится в несколько этапов по графику, составленному руководителем проекта. На первом этапе пишется введение, в котором кратко излагается область применения и формулируется производственная необходимость в проектируемом устройстве, (установке, оборудовании). Дается описание основных технологических операций выполняемых с помощью или непосредственно данным устройством, его эффективность и преимущества перед выполнением этих же процессов посредством ручного труда. Объем Введения от трех до пяти страниц.

В первой главе дается описание конструкции и принципов работы проектируемого оборудования, его технические характеристики. На этом этапе студент выполняет чертеж общего вида заданного устройства. Распечатанный на листе бумаги формата А4, чертеж общего вида размещается в тексте, по месту его описания. Если для описания работы устройства необходимы кинематическая, пневматическая или иные схемы, они должны быть выполнены методами цифровой технологии, распечатаны на бумаге формата А4 и размещены в тексте главы. Объем главы пять – семь страниц.

Во второй главе следует рассмотреть конструкцию и принцип работы узла или механизма проектируемого в соответствии с заданием. Здесь же необходимо привести кинематические, гидравлические или другие необходимые для описания схемы.

Третья глава должна содержать подробные расчеты прочности отдельных деталей и режимов работы элементов приводов: электродвигателей, гидроцилиндров, пневмоцилиндров и других, используемых в проектируемом механизме. Здесь должны быть изложены принципы выбора марок конструкционных сплавов для изготовления проектируемых деталей, технологические операции их упрочнения химико-физическими методами, а также основные механические и физические свойства.

Заключать Пояснительную записку должны Выводы. В них, в краткой форме, дается заключение — способна ли рассчитанная и описанная конструкция выполнять свои функции, соответствуют ли результаты расчетов с справочными данными.

Контроль выполнения работы и консультации по курсовому проекту проводятся в соответствии с расписанием занятий. При оценке курсовой работы учитывается регулярность, последовательность и своевременность выполнения этапов календарного плана проектирования.

7.6 Варианты технических заданий на курсовое проектирование

Таблица 1.

Вариант №	Тема курсового проекта	Содержание технического задания.
1	2	3
1	ПР Универсал – 5 в составе РТК	Общий вид ПР, схема компоновки РТК
		Схема кинематическая ПР.
		Схема пневматическая ПР
		Механизм поворота манипулятора ПР
2	ПР Универсал – 5 в составе РТК	Общий вид ПР, схема компоновки РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема электрическая ПР
		Механизм подъема манипулятора ПР
3	ПР Универсал – 5 в составе РТК	Общий вид ПР, схема компоновки РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема пневматическая ПР
		Механизм руки и кисти со схватом ПР
4	ПР типа УМ160Ф2 АСВР-05 на основе станка МР-73 или 1Б732Ф3	Общий вид ПР, схема рабочей зоны РТК.
		Кинематическая схема ПР
		Гидравлическая схема ПР
		Механизм руки манипулятора ПР
5	ПР типа УМ160Ф2 АСВР-05 на основе станка МР-73 или 1Б732Ф3	Общий вид ПР, схема рабочей зоны РТК
		Кинематическая схема ПР
		Гидравлическая схема ПР
		Механизм кисти руки ПР, исполнение 1
6	ПР типа УМ160Ф2 АСВР-05 на основе станка МР-73 или 1Б732Ф3	Общий вид ПР, схема рабочей зоны РТК
		Кинематическая схема ПР
		Гидравлическая схема ПР
		Механизм кисти руки ПР, исполнение 2
7	ПР Циклон – 5 в составе РТК	Общий вид ПР исполнение 1, с двумя руками РТК.
		Конструктивная схема работа
		Схема гидропневматическая ПР
		Механизм руки манипулятора ПР
8	ПР Циклон – 5 в составе РТК	Общий вид ПР исполнение 2, с одной рукой РТК.
		Конструктивная схема работа
		Схема гидропневматическая ПР
		Механизм подъема и поворота манипулятора ПР
9	ПР Ритм – 01.01 РТК модели МО-1Ц611-Ритм, станок 1И611ПМФ3	Общий вид ПР, компоновка РТК
		Пневматическая схема ПР
		Механизм руки манипулятора ПР, исполнение 1
10	ПР Ритм – 01.01 РТК модели МО-1Ц611-Ритм, станок 1И611ПМФ3	Общий вид ПР, компоновка РТК
		Пневматическая схема ПР
		Механизм руки манипулятора ПР, исполнение

Таблица 1. Продолжение

1	2	3
11	ПР Ритм – 01.01 РТК модели МО- 1Ц611-Ритм, станок 1И611ПМФ3	Общий вид ПР, компоновка РТК
		Пневматическая схема ПР
		Механизм поворота манипулятора ПР
12	ПР Ритм – 01.01 РТК модели МО- 1Ц611-Ритм, станок 1И611ПМФ3	Общий вид ПР, компоновка РТК
		Пневматическая схема ПР
		Механизм горизонтального сдвига манипулятора ПР
13	ПР М20П.40.01 РТК на основе станка модели 16К20Ф3	Общий вид ПР и компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема пневматическая ПР.
14	ПР М20П.40.01 РТК на основе станка модели 16К20Ф3	Общий вид ПР и компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема пневматическая ПР
15	ПР М20П.40.01 РТК на основе станка модели 16К20Ф3	Общий вид ПР и компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема пневматическая ПР
		Механизм выдвижения руки ПР
16	ПР М10П 62.01 РТК на основе станка 16К20Ф3	Общий вид ПР, компоновка РТК.
		Схема кинематическая ПР.
		Схема пневматическая ПР
		Механизм поворота в вертикальной плоскости ПР
17	ПР М10П 62.01 РТК на основе станка 16К20Ф3	Общий вид ПР, компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема пневматическая ПР
		Механизм осевого перемещения и поворота руки ПР
18	ПР М20Ц.48.01 РТК на основе 1В340Ф30	Общий вид ПР и компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Механизм привода каретки манипулятора ПР
19	ПР М20Ц.48.01 РТК на основе 1В340Ф30	Общий вид ПР и компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Механизм руки манипулятора ПР
20	ПР М40П.05.01 РТК модели МРК-202 на основе станка МР- 315.	Общий вид ПР. компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема гидравлическая ПР
		Механизм привода каретки ПР
21	ПР М40П.05.01 РТК модели МРК-202 на основе станка МР- 315.	Общий вид ПР. компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема гидравлическая ПР
		Механизм кисти руки ПР
22	ПР М40П.05.01 РТК модели МРК-202 на основе станка МР- 315.	Общий вид ПР. компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема гидравлическая ПР
		Механизм руки манипулятора
23	ПР МА160П в составе РТК	Общий вид ПР, компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема гидравлическая ПР
		Механизм привода каретки манипулятора ПР

Таблица. Продолжение

1	2	4
24	ПР МА160П в составе РТК	Общий вид ПР, компоновка РТК
		Схема кинематическая ПР
		Схема гидравлическая ПР
		Механизм кисти руки манипулятора ПР
25	ГПМ на базе станка МЦ800	Общий вид ГПМ
		Кинематическая схема
		Механизм инструментального механизма
26	ГПМ на базе станка МЦ800	Общий вид
		Кинематическая схема
		Автооператор устройства АСИ
27	ГПМ на базе станка МЦ800	Общий вид,
		Кинематическая схема,
		Механизмы привода автооператора АСИ,
28	РТК СН0177 на базе станка мод. РТ705Ф3 и ПР СН3308	Общий вид
		Кинемат. и гидравл. схемы ПР СН3308
		Каретка и мех-зм руки манип. ПР СН3308
29	РТК на базе станка 16К20Ф3.С18 с автоматическим манипулятором МА80Ц05.15.	Общий вид РТК,
		Кинематическая схема,
		Гидравлическая схема,
		Унифицированный магазин с тактовым столом СН 2009
30	РТК 1720ПФ30 (ПР-МП 20 П 40.01) с инструментальным магазином	Общий вид РТК
		Кинематическая схема
		Гидравлическая схема
		Шпиндельное устройство
31	РТК типа РРТК-3Д31, на базе станка модели 1П756ДФ3.(ПР МА 80Ц 25.09)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Шпиндельная коробка станка 1П756ДФ3
32	РТК типа РРТК-3Д31, на базе станка модели 1П756ДФ3.(ПР МА 80Ц 25.09)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Каретка с механизмами приводов подачи станка 1П756ДФ3
33	РТК типа РРТК-3Д31, на базе станка модели 1П756ДФ3.(ПР МА 80Ц 25.09)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Механизм револьверной головки с вертикальной осью вращения к станку 1П756ДФ3
34	РТК типа РРТК-3Д31, на базе станка модели 1П756ДФ3.(ПР МА 80Ц 25.09)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Конвейер 1П756ДФ3 для удаления стружки

Таблица. Продолжение.

35	РТК типа РРТК-3Д31, на базе станка модели 1П756ДФ3.(ПР МА 80Ц 25.09)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Механизм каретки тактового стола с приводом для комплекса РРТК-3Д 31
36	РТК МРК-50 на базе токарного станка модели МР-315. (встроенный манипулятор)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Кинематическая схема привода манипулятора и поворотного устройства
		Гидравлическая схема РТК
		Крестовый суппорт и привод подачи станка
37	РТК МРК-50 на базе токарного станка модели МР-315. (встроенный манипулятор)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Кинематическая схема привода манипулятора и поворотного устройства
		Гидравлическая схема РТК
		Автоматическая поворотная резцедержавка.
38	РТК МРК-50 на базе токарного станка модели МР-315. (встроенный манипулятор)	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Кинематическая схема привода манипулятора и поворотного устройства
		Гидравлическая схема РТК.
		Автоматизированное загрузочно-разгрузочное устройство с механизмом кантователя к станку МР315
39	РТК модели ЛАС-ЧПУ на базе станка токарного 1740РФ3 ПР СМ160Ф2.05.01	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка 1740РФ3
		Гидравлическая схема станка 1740РФ3
		Шпиндельная коробка станка 1740РФ3
40	РТК модели ЛАС-ЧПУ на базе станка токарного 1740РФ3 ПР СМ160Ф2.05.01	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка 1740РФ3
		Гидравлическая схема станка 1740РФ3,
		Механизм револьверной головки
41	РТК модели ЛАС-ЧПУ на базе станка токарного 1740РФ3 ПР СМ160Ф2.05.01	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка 1740РФ3
		Гидравлическая схема станка 1740РФ3
		Задняя бабка станка 1740РФ3
42	РТК модели ЛАС-ЧПУ на базе станка токарного 1740РФ3 ПР СМ160Ф2.05.01	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка 1740РФ3
		Гидравлическая схема станка 1740РФ3
		Конвейер для удаления стружки
43	РТК модели ЛАС-ЧПУ на базе станка токарного 1740РФ3 ПР СМ160Ф2.05.01	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка 1740РФ3
		Гидравлическая схема станка 1740РФ3,
		Автоматизированное накопительное устройство для заготовок и деталей (общий вид)

ени
е.

Таблица. Продолжение.

44	РТК модели ЛАС-ЧПУ на базе станка токарного 1740РФ3 ПР СМ160Ф2.05.01	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка 1740РФ3
		Гидравлическая схема станка 1740РФ3,
		Автоматизированное накопительное устройство для заготовок и деталей (механизмы приводов)
45	РТК «Модуль ИРТ 180ПМФ4»	Общий вид РТК.
		Кинематическая схема станка
		Пневматическая схема станка
		Шпиндельная коробка станка ИРТ180ПМФ4
46	РТК «Модуль ИРТ 180ПМФ4»	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Пневматическая схема станка
		Приводы главного движения и углового позиционирования шпинделя станка
47	РТК «Модуль ИРТ 180ПМФ4»	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Пневматическая схема станка
		Механизмы поперечно-подвижного суппорта и револьверной головки станка ИРТ180ПМФ4.
48	РТК «Модуль ИРТ 180ПМФ4»	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Пневматическая схема станка
		Общий вид устройства смены инструментальных барабанов станка ИРТ180ПМ Ф4
49	РТК «Модуль ИРТ 180ПМФ4»	Общий вид РТК
		Кинематическая схема станка
		Пневматическая схема станка
		Механизм перемещения устройства смены инструментальных барабанов станка
50	ГПМ на основе ИР320ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема станка ИР320ПМФ4
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема станка ИР320ПМФ4
		Шпиндельное устройство станка ИР320ПМФ4
51	ГПМ на основе ИР320ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема станка ИР320ПМФ4
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема станка ИР320ПМФ4
		Механизм привода шпинделя станка
52	ГПМ на основе ИР320ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема станка ИР320ПМФ4
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема станка ИР320ПМФ4
		Механизм поворот стола станка ИР320ПМФ4
53	ГПМ на основе ИР320ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема станка ИР320ПМФ4
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема станка ИР320ПМФ4
		Магазин инструментальный ст.ИР320ПМФ4

Таблица. Продолжение.

54	ГПМ на основе ИР320ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема станка ИР320ПМФ4
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема станка ИР320ПМФ4
		Механизм накопителя с устройством смены столов-спутников на ИР320ПМФ4 в составе ГПМ
55	ГПМ на базе станка ГЦ500ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема станка ГЦ500ПМФ4
		Поворотный стол с механизмом привода
56	ГПМ на базе станка ГЦ500ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема станка ГЦ500ПМФ4
		Кантователь механизма автоматической смены столов-спутников на станке ГЦ500ПМФ4
57	ГПМ на базе станка ИР500ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема
		Шпиндельная коробка с приводом главного движения станка ИР500ПМФ4
58	ГПМ на базе станка ИР500ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема
		Механизм угловой ориентации шпинделя и разжима инструмента в станке ИР500ПМФ4
59	ГПМ на базе станка ИР500ПМФ4	Компоновка ГПМ
		Кинематическая схема
		Гидравлическая схема
		Пневматическая схема
		Манипулятор для смены инструментов
60	ГПМ МА 2765 МЗФ4 с автоматической сменой коробок.	Общий вид ГПМ
		Кинематическая схема станка МА 2765 МЗФ4
		Многошпиндельная коробка
61	ГПМ МА 2765 МЗФ4 с автоматической сменой многошпиндельных коробок	Общий вид ГПМ
		Кинематическая схема станка МА 2765 МЗФ4
		Привод дверей ограждения МА 2765 МЗФ4
62	ГПМ МА 2765 МЗФ4 с автоматической сменой многошпиндельных коробок	Общий вид ГПМ
		Кинематическая схема станка МА 2765 МЗФ4
		Привод конвейера стружки станка МА 2765 МЗФ4

Вариант курсового проекта для каждого студента определяет преподаватель. При обсуждении технического задания на курсовое проектирование руководитель проекта выдаёт студенту исходные данные для расчёта параметров конкретного узла робота или металлообрабатывающего оборудования. На этом этапе производится согласование компоновочной схемы РТК, ГПМ или иной автоматизированной технологической структуры.

Расчеты отдельных деталей и узлов технических средств автоматизации, подробно описаны в учебных пособиях «Электрогидравлический привод промышленных роботов» и дисциплине «Прикладная механика». Однако в этих учебных пособиях отсутствуют расчеты

некоторых узлов, которые применяются в конструкциях машин рассматриваемых в настоящем курсовом проекте. Поэтому следующая глава дополняет вышеуказанные учебно-методические пособия.

8. Методические рекомендации

8.1 Зубчатые ременные передачи

Зубчатые ременные передачи работают с пониженным уровнем шума при высоких скоростях, имеют малую вытяжку, что упрощает конструкцию натяжного устройства передачи. Зубчатые ремни передают крутящий момент при зацеплении зубьев ремня с зубьями шкивов. Односторонний зубчатый ремень представляет собой плоский ремень с зубьями на внутренней поверхности.

Зубья могут иметь трапецеидальный или криволинейный, например полукруглый, профиль. При работе зубчато-ременной передачи, после входа в зацепление зубьев ремня в шкивы, происходит полный контакт поверхностей зубьев ремня и шкива. Однако при входе и выходе ремня из зацепления со шкивом наблюдается деформирование зубьев ремня и скольжение последних по поверхности зубьев шкива. Это приводит к потерям мощности передачи и износу зубьев ремня.

Для работы в сложных контурах передач с несколькими ведомыми органами применяются двусторонние зубчатые ремни. Двухсторонние зубчатые ремни позволяют менять направление вращения нескольких синхронизированных шкивов с помощью одного ремня. Работая зацеплением, без скольжения, они обеспечивают синхронное вращение валов. Зубчатые ременные передачи применяют для передачи мощности до 100 кВт. Они работают в диапазоне скоростей от 5 м/с до 80 м/с, передаточные числа до 12, обладают большим КПД до 0,98.

Тянущий слой зубчатого ремня, как правило, из металлического троса или синтетических волокон, заключен в резиновый массив на основе бутадиен-нитрильных каучуков, наирита или полиуретана. Зубья для повышения их износостойкости покрывают нейлоновой или другой тканью. Для кинематических передач применяют ремни с тянущим шнуровым слоем из стекловолокна или полиэфирного волокна. Материал ремней стоек к воздействию масел. Зубчатые ремни применяются в передачах станков, промышленных и бытовых установок, приборах, а также в механизмах автомобильных двигателей. Главная особенность зубчато-ременных передач - синхронность и возможность передачи высоких нагрузок при небольших начальных натяжениях. Это позволяет уменьшить нагрузку на опоры валов и подшипники механизма передачи.

Условно зубчатые приводные ремни можно представить в виде гибкой зубчатой рейки, свернутой в кольцо. Соответственно и шкив такой передачи будет аналогом обычного зубчатого колеса. Приводные ремни зубчатого исполнения могут иметь как внутренний, так и наружный зуб, а также быть двустороннего исполнения одновременно.

При проектировании ременной передачи, прежде чем выбрать тип приводного ремня, нужно четко определиться с условиями работы механизма, с характером и динамикой его нагрузки, с ответственностью его работы в составе цепи всего оборудования, с требованиями по надежности и безопасности. Каждый тип ременной передачи рассчитан на свои условия эксплуатации и нагрузки. Необоснованный выбор клинового приводного ремня или зубчатого вместо плоского приведет к удорожанию всего узла. А если применить плоскоремennую передачу вместо ременной зубчатой, можно не выйти на требуемые показатели мощности и производительности.

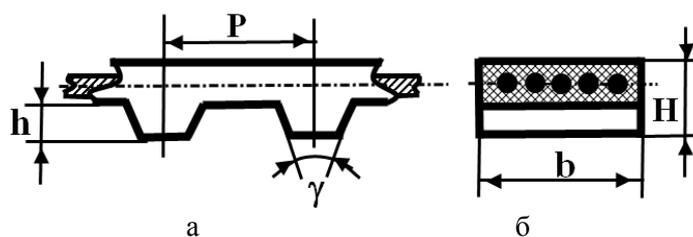


Рис. 3 Конструкция зубчатого ремня

Размеры ремня и параметры передачи зависят от модуля m - основного конструктивного параметра передачи: $m = p/\pi$, где p - шаг ремня, мм, рис.3 а, б.

Требуемое значение модуля вычисляют, исходя из усталостной прочности зубьев ремня

$$m = kVP_1C_p/n_1, \text{ где:}$$

P_1 — номинальная мощность на ведущем валу, кВт;

C_p — коэффициент динамичности и режима работы ($C_p = 1,3 \dots 2,4$);

n_1 — частота вращения малого шкива, мин^{-1} ;

$k = 35$ — для ремней с трапецеидальной формой зубьев,

$k = 25$ — для ремней с полукруглой формой зубьев.

Полученное значение модуля округляют до стандартного значения: 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 7; 10.

Основные размеры зубчатого ремня показаны на рис.3. а,б: H - толщина ремня, h (h_1) - высота зуба, R_1 — радиус профиля зуба.

Число z_1 зубьев меньшего шкива принимают на основе данных в зависимости от модуля m и частоты вращения n_1 . Число зубьев большого шкива $z_2 = z_1u$, где u — передаточное число. Диаметры делительных окружностей шкивов, измеряемые по расположению осей тянущих тросов: $d_1 = mz_1$; $d_2 = mz_2$. В соответствии с выбранным межосевым расстоянием и шагом p вычисляют число z_p зубьев ремня, которое затем выбирают из стандартного ряда. Определяют расчетную длину ремня: $L_p = z_p p$. Расчетная сила, передаваемая зубчатым ремнем, Н:

$$F_p = 2 \cdot 10^3 C_p T_1 / d_1.$$

Ширину b ремня вычисляют из условия износостойкости. Для передачи без натяжного ролика

$$b = \psi F_p / (z_o h [p]), \text{ где}$$

ψ - коэффициент неравномерности распределения окружной силы между зубьями по дуге обхвата $\psi = 1,1 \dots 1,2$; $z_o = z_1 \alpha / 360^\circ$ - число зубьев ремня, находящихся в зацеплении с малым шкивом;

α_1 — угол обхвата на малом шкиве;

h — высота зуба, мм;

$[p]$ — допустимое среднее давление на зубьях ремня, МПа:

$$[P] = k_m \sigma_b / (\varphi_t \sqrt{N_k}), \text{ где}$$

$k_m = 1,7$ при значениях модуля $m \leq 3 \text{ мм}$ и $k_m = 2,1$ при $m \geq 4 \text{ мм}$;

σ_b — временное сопротивление связи материала зубьев с каркасом, МПа: при стальном металлотросе (стеклокорде) $\sigma_b = 3 \dots 4 \text{ МПа}$, при латунированном - $\sigma_b = 5 \dots 7 \text{ МПа}$.

Расчетное число циклов нагружения (ресурс) зубьев ремня при переменном режиме нагружения

$$N_k = 60 z_1 z_p^{-1} \sum [t_i n_{1i} (F_{pi} / F_p)], \text{ где}$$

z_1 — число зубьев меньшего шкива;

z_p — число зубьев ремня;

F_{pi} , t_i , n_{1i} — соответственно расчетная сила (H), время работы ($ч$) и частота вращения (мин^{-1}) меньшего шкива на i -м режиме;

F_p — максимальная из длительно действующих расчетных сил (H).

Коэффициент, учитывающий снижение прочности адгезионной связи материала зубьев ремня с каркасом из-за нагрева вследствие внутреннего трения,

$$\varphi_t = \sqrt[6]{n_1 / 1000} \quad \text{при условии } \varphi_t \geq 1.$$

Расчитанную ширину b ремня округляют до ближайшего большего стандартного размера. Шкивы выполняют с рабочей шириной на один модуль большей, чем ширина ремня. На малом

шкиве выполняют фланец, удерживающий ремень от бокового спадания, а в передачах с вертикальным расположением осей валов и при $u \geq 3$ делают фланцы на обоих, шкивах.

Сила F_b , направлена по линии центров и численно значительно меньше, чем в передаче клиновым ремнем:

$$F_b = (1,1 \dots 1,3) F_p$$

Предварительное натяжение F_0 в передаче необходимо для устранения зазоров в зацеплении и обеспечения правильного набегания ремня на шкивы. Оно должно быть больше значения натяжения от центробежной силы, чтобы под действием последней не нарушалось зацепление ремня со шкивом. С этой целью применяют прижимной ролик.

8.2 Расчет передачи винт-гайка скольжения

Силловые соотношения в резьбовой паре передачи винт-гайка определяются теми же формулами, что и в резьбовых соединениях. Момент M_p сил в резьбе равен

$$M_p = 0,5 Q d_2 \operatorname{tg}(\Psi + \varphi^1),$$

где Q — осевая сила;

d_2 — средний диаметр резьбы;

Ψ — угол подъема резьбы;

φ^1 — приведенный угол трения ($\varphi^1 = \operatorname{arctg} f^1$);

f^1 — приведенный коэффициент трения, $f^1 = f / \cos \alpha^1$, где f - коэффициент трения скольжения;

α^1 — половина угла профиля резьбы.

В зависимости от типа резьбы, приняты следующие значения α^1 : метрическая резьба $\alpha^1 = 30^\circ$, трапецидальная $\alpha^1 = 15^\circ$, упорная $\alpha^1 = 3^\circ$, прямоугольная $\alpha^1 = 30^\circ$. Таким образом, момент сил в резьбе при прочих равных условиях будет наименьшим у прямоугольной резьбы. Для расчета передач скольжения с однозаходными винтами можно принимать $f = 0,1$, что соответствует $\varphi = 6^\circ$.

Анализ распределения сил в резьбовом соединении показал, что если угол подъема резьбы $\Psi < \varphi^1$, то резьба, а следовательно, и передача винт-гайка, будет самотормозящей, т. е. при любой осевой силе Q относительное движение винта и гайки окажется невозможным.

Как известно из теоретической механики, КПД резьбовой пары η_p , определяется по формуле

$$\eta_p = \operatorname{tg} \Psi / \operatorname{tg}(\Psi + \varphi^1)$$

Необходимо отметить, что с уменьшением угла подъема резьбы КПД резьбовой пары уменьшается; и наоборот. Кроме потерь в резьбе в передачах винт-гайка существуют потери, связанные с трением в опорах. Таким образом, общий КПД передачи винт-гайка равен

$$\eta = \eta_p \eta_{оп.}$$

где $\eta_{оп.}$ — коэффициент, учитывающий потери в опорах, для ходовых винтов металлорежущих станков $\eta_{оп.} = 0,92$, для домкратов и винтовых прессов $\eta_{оп.} = 0,6$. Если на опорном торце трение скольжения заменено трением качения, то потерями на опоре можно пренебречь. Для передач винт-гайка с трением качения в резьбе условно можно полагать коэффициент трения $f = 0,01$.

Чаще всего причиной выхода из строя передачи скольжения винт-гайка является износ резьбы. Кроме того, передача может выйти из строя в результате недостаточной прочности и устойчивости тела винта. Основным критерием работоспособности передач скольжения является износостойкость резьбы. Расчет ведут исходя из предположения, что осевая нагрузка Q распределена по рабочим виткам резьбы равномерно. Условие износостойкости резьбы винта и гайки записывается следующим образом:

$$p_u = Q / (\pi d_2 h z_s) \leq [p_u]$$

где d_2 — средний диаметр резьбы;

h — рабочая высота профиля резьбы;

$z_в$ — число витков резьбы гайки;

$p_u, [p_u]$ — расчетное и допустимое среднее давление в резьбе. Для пары сталь-бронза $[p_u] = 8 \dots 13$ МПа; для пары сталь-чугун $[p_u] = 5 \dots 9$ МПа.

По вышеприведенной формуле выполняется проверочный расчет резьбы на износостойкость.

Введем понятия относительной высоты гайки $\Psi_H = H_r / d_2$ и относительной рабочей высоты профиля резьбы $\Psi_h = h / p$, где H_r - высота гайки; p - шаг резьбы. Число витков гайки $z_в = H_r / p$. После подстановки этих выражений в формулу для проверочного расчета получим формулу для проектного расчета резьбы на износостойкость:

$$d_2 \geq \sqrt{Q / \pi \Psi_i \Psi_h [p_e]}$$

Для цельных гаек $\Psi_H = 1,2 \dots 2,5$; для составных и разъемных $\Psi_H = 2,5 \dots 3,5$ (большие значения для резьбы меньшего диаметра). Для стандартной трапецеидальной резьбы $\Psi_h = 0,5$; для упорной $\Psi_h = 0,75$; для треугольной $\Psi_h = 0,541$; прямоугольная резьба не стандартизована, для нее принимают шаг $p = 0,25d_2$. Полученный расчетом средний диаметр резьбы заменяют ближайшим стандартным значением и устанавливают остальные стандартные параметры резьбы винта и гайки.

Ход p_n резьбы обычно определяют кинематическим расчетом в зависимости от заданной скорости v поступательного движения и угловой скорости ω винта или гайки по формуле

$$p_n = 2\pi v / \omega$$

Резьба, параметры которой определены из расчета на износостойкость, обычно имеет избыточный запас прочности на срез, поэтому проверка резьбы винта и гайки на эту деформацию обычно не производится.

Расчет винта на прочность расчет выполняется как проверочный. Так как тело винта одновременно подвергается сжатию (или растяжению) и кручению, то, согласно энергетической теории, условие прочности винта записывается в следующем виде:

$$\sigma_{экр} = \sqrt{\sigma_{\text{нв}}^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma_p]$$

Здесь $\sigma_{сж} = 4Q / (\pi d_1^2)$; $\tau_k = M_p / (0,2 d_1^3)$, где Q — осевая сила; d_1 — внутренний диаметр резьбы; M_p — момент сил в резьбе. Приблизительно можно провести проверочный расчет винта на прочность по расчетной осевой силе $Q_{расч} = 1,3Q$ (принцип затянутых болтов) по условию

$$\sigma_{экр} = 4Q_{расч} / (\pi d_1^2) \leq [\sigma_p]$$

Расчет гайки начинается с определения ее высоты: $H_r = \Psi_H d_2$; наружный диаметр D определяется из условия ее прочности на растяжение и кручение:

$$\sigma_{экр} = 4Q_{расч} / \pi (D^2 - d^2) \leq [\sigma],$$

где $Q_{расч} = 1,3Q$; d — наружный диаметр резьбы. Отсюда

$$D = \sqrt{4 \times 1,3Q / (\pi [\sigma_\delta])} + d^2$$

Материалы винта и гайки должны представлять антифрикционную пару, то есть быть износостойкими и иметь малый коэффициент трения. Выбор марки материала зависит от назначения передачи, условий работы и способа обработки резьбы.

Винты изготавливают из сталей марок 50, 40ХГ, У10 и других. В ответственных передачах для повышения износостойкости применяют закалку винтов до твердости не менее 45HRC с

последующим шлифованием резьбы.

Гайки ответственных передач изготовляют из оловянных бронз марок БрО10Ф1, БрО6Ц6С3 и других. В тихоходных слабонагруженных передачах — из антифрикционных чугунов Марок АВЧ-1, АКЧ-1 или серого чугуна СЧ20.

8.3. Передача винт - гайка качения.

Передача винт - гайка качения предназначена для преобразования вращательного движения в поступательное и, наоборот, поступательного движения во вращательное. По сравнению с передачей винт-гайка скольжения она характеризуется большим к.п.д., меньшим износом, большей точностью хода, повышенной долговечностью.

В винтовых шариковых парах между рабочими винтовыми поверхностями гайки 1 и винта 4 помещены стальные шарики 3 (рис. 4). Скорость перемещения шариков отличается от скорости ведущего и ведомого' звеньев. Поэтому для обеспечения непрерывной циркуляции шариков концы рабочей части резьбы соединены возвратным каналом 2.

Замкнутую цепь шариков условно делят на активную часть (рабочую часть нарезки) и пассивную часть (возвратный канал).

Активная часть шариковой винтовой пары обычно составляет $z = 1 \dots 2,5$ витка. При большем числе рабочих витков к. п. д. шариковой пары снижается из-за увеличения трения шариков одного о другой.

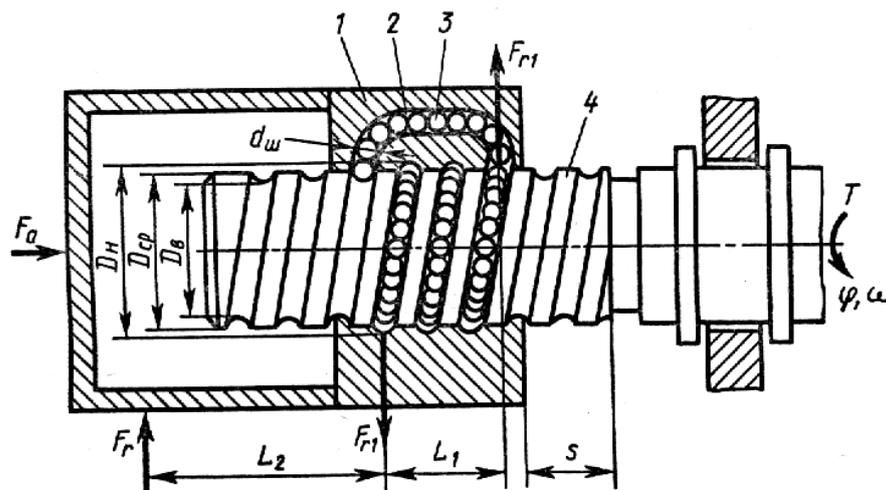


Рис. 4 Конструкция шарико-винтовой пары [9]

При вращении винта шарики, зажатые между винтовыми поверхностями винта и гайки, благодаря трению перекатываются по ним и передают движение от винта к гайке, перемещающейся поступательно. От проворачивания относительно своей оси гайка удерживается направляющими или шпонкой, зафиксированной в корпусе.

Кинематический расчет. Рассмотрим преобразование вращательного движения в поступательное.

Перемещение гайки (мм)

$$s = \varphi p k / (2\pi),$$

где p - шаг резьбы, мм;

k - число заходов резьбы; обычно шариковые винтовые передачи выполняют однозаходными $k = 1$.

Скорость гайки (м/с)

$$v = \omega r_k / (2\pi)$$

К. п. д. винтовой пары

$$\eta_{\text{вп}} = (0,90 \dots 0,95) \operatorname{tg} \psi / \operatorname{tg} (\psi + \rho_k),$$

где ψ - угол подъема винтовой линии по цилиндру диаметром $D_{\text{ср}}$;

- $\rho_k = \operatorname{arctg} [f_k / (0,5d_{\text{ш}})]$ - приведенный угол трения качения;

- $d_{\text{ш}}$ - диаметр шарика, мм;

f_k приведенный коэффициент трения качения; при закаленных винтовых поверхностях твердостью ~ 53 HRC и стальных шариках твердостью ~ 63 HRC принимают при вращении винта $f_k = 0,004 \dots 0,005$, при вращении гайки $f_k = 0,006 \dots 0,007$.

Так как $\rho_k \ll \psi$, то к. п. д. шариковой винтовой пары даже при малых углах подъема винтовой линии достигает 80 - 90 %.

При $\psi > 2^\circ$ к. п. д. увеличивается мало, поэтому, выгодно выбирать угол ψ малым, так как при этом снижается необходимый вращающий момент.

Преобразование поступательного движения во вращательное в шариковой винтовой паре практически возможно всегда, так как $\psi \gg 2\rho_k$. В этом случае угол поворота винта (град)

$$\varphi = 2\pi s / (p_k).$$

Угловая скорость винта (с^{-1})

$$\omega = 2\pi v / (p_k)$$

где v - линейная скорость гайки, м/с.

К. п. д. винтовой пары

$$\eta_{\text{вп}} = (0,90 \dots 0,95) \operatorname{tg} (\psi - \rho_k) / \operatorname{tg} \psi.$$

Силовые соотношения. Вращающий момент на ведущем звене (Н·мм)

$$T = F_a (D_{\text{ср}}/2) \operatorname{tg} (\psi + \rho_k),$$

где F_a - осевая сила, Н; $D_{\text{ср}}$ - диаметр окружности, на которой располагаются центры шариков, мм.

Мощность на ведущем звене (Вт)

$$P = F_a v / \eta_{\text{вп}}.$$

Если ведомое звено, движущееся поступательно, нагружено радиальной силой F_r , то на ведущем звене возникает дополнительный момент трения (Н·мм)

$$T_f = F_r f_k (D_{\text{ср}}/2) (1 + 2L_2/L_1),$$

где L_1 - расстояние между крайними рабочими витками винтовой поверхности гайки, мм; L_2 - расстояние между точкой приложения радиальной нагрузки и ближайшим рабочим витком, мм.

Проектный расчет передачи. Внутренний диаметр D . (мм) винта находим из условия прочности винта при растяжении (сжатии)

$$D_b \geq \sqrt{4F_a / (\pi [\sigma])},$$

где $[\sigma]$ - допускаемое напряжение при растяжении (сжатии) винта, МПа.

Длинные винты, работающие на сжатие, проверяют на устойчивость (см. выше).

Диаметр шариков (мм) $d_{ш} = (0,08 \dots 0,15) D_b$; полученный результат округляют до ближайшего большего стандартного значения.

Шаг резьбы (мм)

$$p = d_{ш} / (0,5 \dots 0,6);$$

результат округляют до ближайшего стандартного значения.

Диаметр окружности (мм), на которой располагаются центры шариков, $D_{cp} = D_b + d_{ш}$; результат округляют до ближайшего большего целого значения.

Уточняют значение внутреннего диаметра D_e винта.

Наружный диаметр винта (мм) (рис. 7.4)

$$D_n = D_e + 2d_{ш} + \Delta,$$

где $\Delta = 0,03 \dots 0,12$ мм - радиальный зазор.

Угол подъема винтовой линии (град)

$$\psi = \arctg [p / (\pi D_{cp})].$$

Число шариков в рабочей части резьбы

$$z_{ш} = \pi D_{cp} z / d_{ш} - 1,$$

где $z = 1 \dots 2,5$ - число витков в одной замкнутой рабочей цепочке. Полученные значения $z_{ш}$ округляют до ближайшего меньшего целого числа. Если при расчете окажется $z_{ш} > 65$, то следует уменьшить их число, увеличив при этом диаметр шариков.

Для равномерного распределения нагрузки на шарики надо подбирать их так, чтобы разность диаметров не превышала 3 мкм,

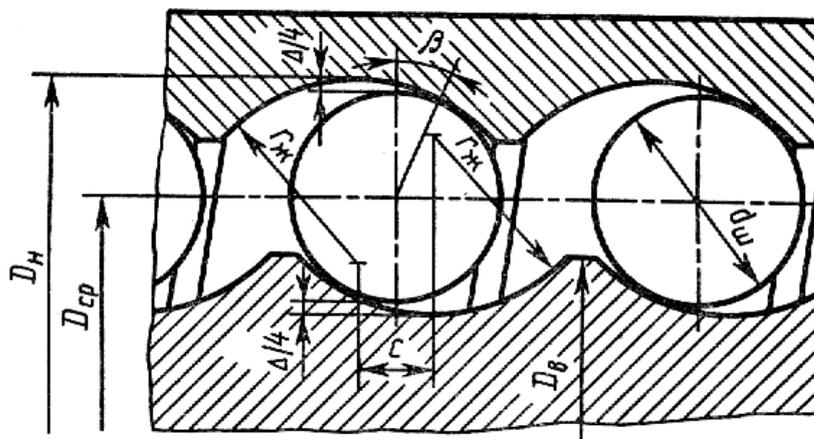


Рис. 5 Наружный диаметр винта [9]

Профили резьбы передачи. Профили резьбы шариковой винтовой пары бывают: треугольные (рис. 7.5, а), круглые (рис. 7.5, б) и круглые с канавкой (рис. 7.5, в).

У резьбы с треугольным и круглым с канавкой профилем имеется пространство под шариком, которое может служить резервуаром для смазочного материала и продуктов износа. Для уменьшения трения радиусы $r_{ж}$ желоба у винта и гайки должны быть больше радиуса шариков. При $d_{ш} \leq 8$ мм радиус желоба $r_{ж} = 0,51 \cdot d_{ш}$, при $d_{ш} > 8$ мм радиус желоба $r_{ж} = 0,53d_{ш}$.

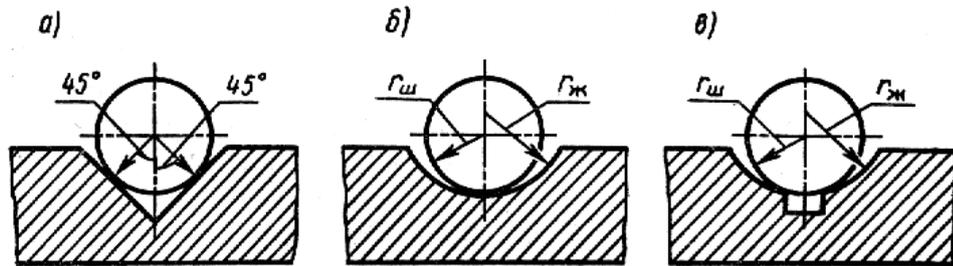


Рис. 6 Профили резьбы передачи [1]

Определение размеров гайки. Число замкнутых рабочих цепочек в гайке найдем из условия (при этом учтем, что $\psi \approx 1$, так как угол ψ мал):

$$P = \frac{F_a}{z_{ш} d_{ш}^2 \gamma u \cos \psi} \approx \frac{F_a}{z_{ш} d_{ш}^2 \gamma u} \leq [P]_{ст},$$

где P - удельная осевая нагрузка, МПа;

$\gamma = 0,8$ - коэффициент неравномерности распределения нагрузки между шариками;

u - число замкнутых цепочек;

$[P]_{ст}$ - допускаемая удельная осевая статическая нагрузка, МПа, определяют в зависимости от относительного радиального зазора $\chi = \Delta/d_{ш}$ по графику (рис. 7.6).

Тогда число замкнутых рабочих цепочек в гайке

$$u \geq F_a / (z_{ш} d_{ш}^2 \gamma [P]_{ст});$$

полученное значение округляют до ближайшего большего целого числа.

Рабочая база гайки (мм)

$$L_1 = pz,$$

где p - шаг резьбы, мм. При нескольких замкнутых рабочих цепочках $L_1 = pzu$.

Высота гайки (мм)

$$H = pzu + (1 \dots 2) p.$$

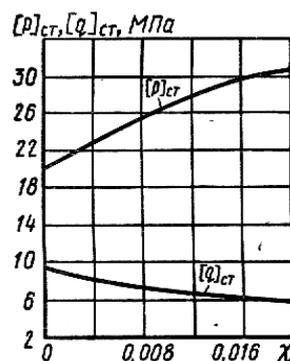


Рис. 7. Удельная осевая статическая нагрузка [1]

Наружный диаметр гайки при расположении возвратного канала в гайке (мм):
для чугунной гайки

$$D = 1,5D_B + 2d_{ш} + 10;$$

для бронзовой гайки

$$D = 1,3 D_B + 2d_{ш} + 10.$$

Наружный диаметр гайки при расположении возвратного канала вне гайки (мм):
для чугунной гайки $D = 1,5D_B$; для бронзовой гайки $D = 1,3D_B$.
Осевой зазор (мм)

$$c = \sqrt{(2r_{эс} - d_{ш})\Delta}$$

где $\Delta = D_n - (2d_{ш} + D_B)$ - радиальный зазор, мм. Если технические условия на значение Δ не установлены, то при расчете принимают $\Delta = 0,03 \dots 0,12$ мм.

Определение допускаемых нагрузок. При действии осевой силы F_a допускаемая осевая статическая нагрузка (Н) определяется в виде

$$[F_a]_{ст} = [P]_{ст} z_{ш} d_{ш}^2 \gamma_u.$$

При действии радиальной силы E , допускаемая радиальная статическая нагрузка (Н)

$$[F_r]_{ст} = [q]_{ст} z_{ш} d_{ш}^2,$$

где $[q]_{ст}$ - допускаемая удельная радиальная статическая нагрузка, определяемая в зависимости от χ по графику (рис. 7.6).

Проверочный расчет передачи по контактным напряжениям. Условие контактной прочности

$$\sigma_{H \max} \leq [\sigma]_{H \max},$$

где $\sigma_{H \max}$ - максимальные контактные напряжения, МПа.

При действии осевой силы F_a максимальные контактные напряжения $\sigma_{H \max}$ определяют по графикам (рис. 7.7, а-в) в зависимости от P и χ ; $[\sigma]_{H \max}$ - допускаемые контактные напряжения, МПа; для винтовых поверхностей винта и гайки твердостью ≥ 63 HRC допускаемое значение контактных напряжений принимают $[\sigma]_{H \max} = 5000$ МПа.

При действии радиальной силы F_r , максимальные контактные напряжения для винтовой поверхности винта

$$\sigma_{H \max} = 800 \frac{1}{\varepsilon} \sqrt[3]{\frac{5F_{r1}}{z_{ш}} \left(\frac{4}{d_{ш}^2} + \frac{2}{D_B^2} - \frac{1}{r_{ж}^2} \right)};$$

для винтовой поверхности гайки:

$$\sigma_{H \max} = 890 \frac{1}{\epsilon} \sqrt[3]{\frac{5F_{r1}}{z_{ш}} \left(\frac{4}{d_{ш}^2} - \frac{2}{D_H^2} - \frac{1}{r_{ж}^2} \right)}$$

где $F_{r1} = E_r (L_1 + L_2)/L_1$;

ϵ - коэффициент, значение которого определяют по табл. 7.2 в зависимости от величины v :
для винта

$$v = \left(\frac{2}{D_H^2} + \frac{1}{r_{ж}^2} \right) / \left(\frac{4}{d_{ш}^2} + \frac{2}{D_H^2} + \frac{1}{r_{ж}^2} \right)$$

Для гайки:

$$v = \left(-\frac{2}{D_B^2} + \frac{1}{r_{ж}^2} \right) / \left(\frac{4}{d_{ж}^2} - \frac{2}{D_B^2} - \frac{1}{r_{ж}^2} \right)$$

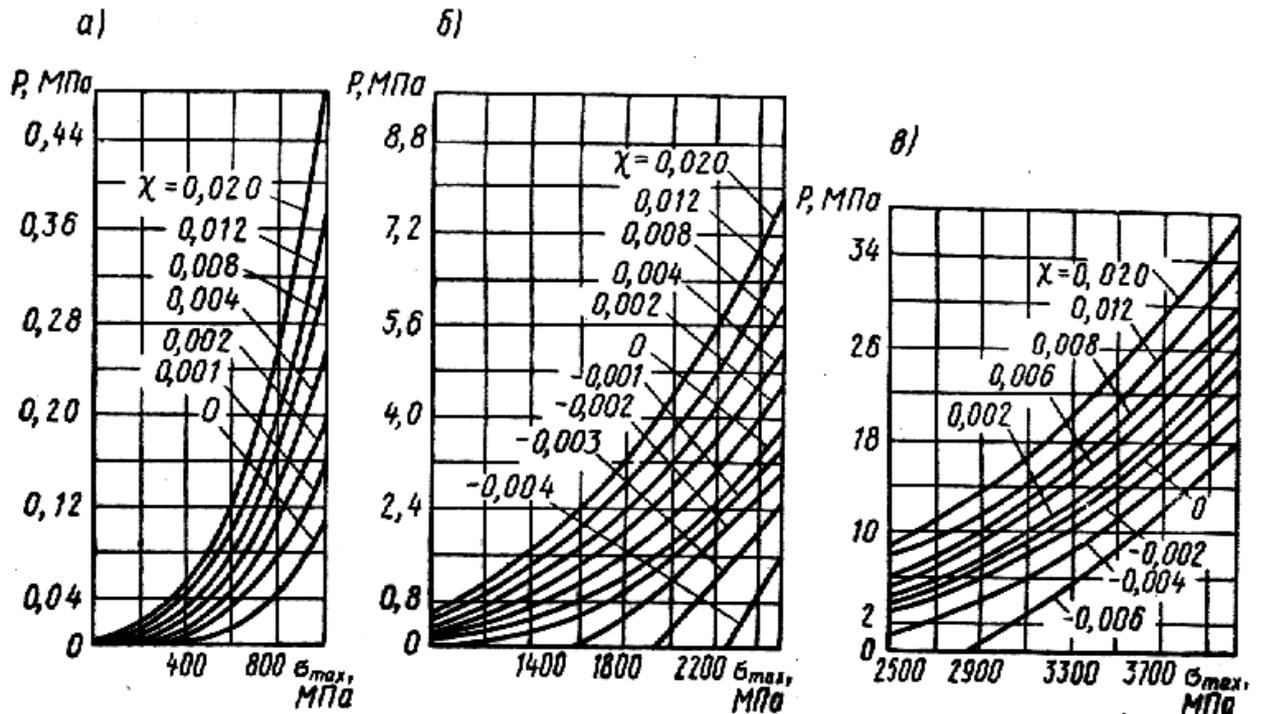


Рис. 8 Максимальные контактные напряжения [1]

Таблица 7.2 Зависимость ϵ от линейной скорости

v	ε	v	ε	v	ε
0,0000	1,000	0,7784	1,223	0,8699	1,354
0,0466	1,001	0,7825	1,228	0,8774	1,370
0,1075	1,003	0,7866	1,232	0,8811	1,378
0,1974	1,008	0,7907	1,237	0,8849	1,388
0,2545	1,025	0,7948	1,240	0,8885	1,395
0,3204	1,025	0,7988	1,246	0,8922	1,404
0,3954	1,038	0,8069	1,256	0,8958	1,416
0,4795	1,060	0,8110	1,260	0,8994	1,423
0,5342	1,078	0,8150	1,266	0,9030	1,432
0,5819	1,092	0,8190	1,270	0,9065	1,444
0,6113	1,108	0,8230	1,277	0,9100	1,455
0,6521	1,128	0,8310	1,288	0,9134	1,466
0,6716	1,140	0,8350	1,293	0,9428	1,588
0,7126	1,168	0,8389	1,300	0,9458	1,606
0,7332	1,182	0,8428	1,306	0,9488	1,623
0,7538	1,200	0,8468	1,312	0,9574	1,682
0,7579	1,204	0,8507	1,318	0,9705	1,808
0,7620	1,208	0,8545	1,325	0,9818	1,985
0,7702	1,215	0,8584	1,332	0,9909	2,268
0,7743	1,220	0,8661	1,346	0,9973	2,885

При одновременном действии осевой и радиальной нагрузок проверку на контактную прочность проводят отдельно для каждой нагрузки.

Расчет передачи на статическую грузоподъемность. Расчет шариковых винтовых механизмов на статическую грузоподъемность проводят, если частота вращения винта или гайки не превышает $n < 1$ об/мин, по условию

$$P_0 \leq C_0,$$

где $P_0 \approx F_{a \max}$ - эквивалентная статическая нагрузка, равная максимальной осевой нагрузке, Н; C_0 - статическая грузоподъемность, Н;

$$C_0 = 68k_z z d_{\text{ш}} (\pi D_{\text{сп}} - 3p) \sin \beta \cos \psi$$

Здесь $k_z = 0,7 \dots 0,8$ - коэффициент, учитывающий погрешности изготовления винтовой поверхности передачи; β - угол контакта шариков с винтом и гайкой, град; для треугольного профиля $\beta = 45^\circ$, для круглого и круглого с канавкой угол контакта определяют по графику (рис. 7.8).

Расчет передачи на долговечность. Расчет шариковых винтовых механизмов на долговечность проводят, если частота вращения винта или гайки $n \geq 10$ об/мин, по условию

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{F} \right)^3 = \frac{10^6}{573\omega} \left(\frac{C}{F} \right)^3 \geq [L]_h,$$

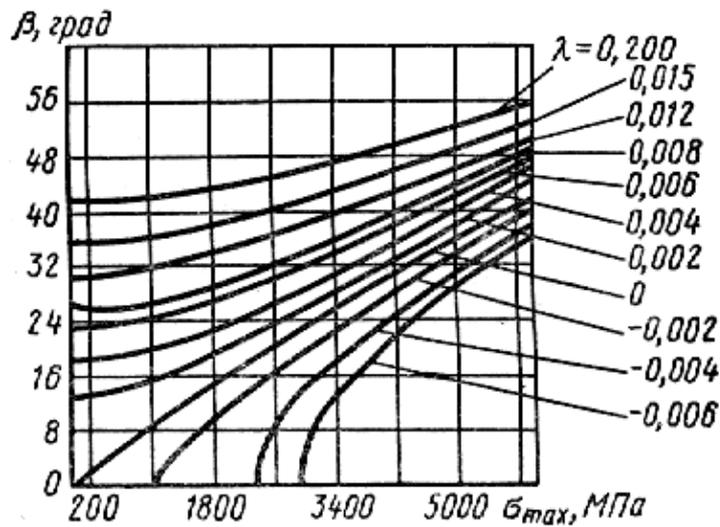


Рис. 9. Угол контакта шариков с винтом и гайкой [1]

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{F} \right)^3 = \frac{10^6}{573\omega} \left(\frac{C}{F} \right)^3 \geq [L]_h$$

где L_h - долговечность работы механизма, ч; $[L]_h$ - допускаемая долговечность работы механизма, ч;

$$F = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^m F_i^3 n_i t_i}{\sum_{i=1}^m n_i t_i}} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^m F_i^3 \omega_i t_i}{\sum_{i=1}^m \omega_i t_i}}$$

эквивалентная динамическая нагрузка, Н (здесь $F_i \approx F_{ai}$ - эквивалентная динамическая нагрузка, равная осевой нагрузке для i -го уровня нагружения, Н;

n_i - частота вращения винта или гайки при действии F_i -й эквивалентной динамической нагрузки, об/мин;

ω_i - угловая скорость винта или гайки при действии F_i -й эквивалентной динамической нагрузки, c^{-1} ; t_i - продолжительность действия F_i нагрузки, с);

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m n_i t_i}{\sum_{i=1}^m t_i}$$

n - эквивалентная частота вращения винта или гайки, об/мин;

$$\omega = \frac{\sum_{i=1}^m \omega_i t_i}{\sum_{i=1}^m t_i}$$

ω - эквивалентная угловая скорость вращения винта или гайки, c^{-1} ; $C = (0,2 \dots 0,4) C_0$ - динамическая грузоподъемность, Н.

8.4 Классификация следящих гидравлических приводов.

В зависимости от критериев, положенных в основу классификации, существующие следящие гидроприводы можно разделить на несколько групп.

По типу программносителя, на котором записывается управляющая программа, гидроприводы подразделяются на приводы с копировальным управлением и с числовой системой программного управления (ЧПУ). В приводе с копировальным управлением программносителем является копир, выполненный в соответствии с профилем обрабатываемой детали. В приводах с ЧПУ программа записывается на перфолентах, магнитных лентах и др. в числовом виде.

В зависимости от вида управляющего воздействия приводы делятся на приводы непрерывного или аналогового управления и дискретного или шагового управления. В приводах с аналоговой системой управления управляющая информация задается в виде электрического сигнала, непрерывно изменяющегося во времени, которому соответствует непрерывное изменение выходного параметра (подачи, перемещения и т. д.). В приводах с дискретной системой управления программа задается в виде единичных импульсов, причем варьироваться могут как частота следования импульсов, так и их количество. Причем каждому импульсу соответствует перемещение рабочего органа на определенную величину (дискрету), а частота определяет величину подачи.

По наличию в приводе контура внешней обратной связи приводы делятся на разомкнутые (при отсутствии контура) и замкнутые.

В зависимости от количества контуров внешней обратной связи существуют приводы одноконтурные (с обратной связью по одному параметру) и многоконтурные.

По способу регулирования подачи исполнительных рабочих органов, следящие приводы подразделяются на приводы объемного и дроссельного регулирования. При объемном регулировании изменение скорости исполнительных органов осуществляется за счет изменения рабочих объемов насоса или гидродвигателя. В приводах дроссельного регулирования процесс управления скоростью происходит за счет дросселирования потока жидкости в рабочих щелях распределителей.

По количеству каскадов усиления приводы можно разделить на однокаскадные и многокаскадные.

В зависимости от конструктивного исполнения исполнительного органа приводы подразделяются на линейные (в случае использования гидроцилиндра) и роторные (если на выходе используется гидродвигатель).

8.5 Обзор следящих электрогидравлических приводов,

В качестве примера предлагается рассмотреть два варианта привода - привод с аналоговой системой управления и привод с дискретной системой управления.

Схему и принцип действия привода с аналоговой системой управления можно рассмотреть на примере типового привода класса «сопло-заслонка» с обратной связью по положению заслонки. Привод получил свое название по двум элементам, применяемым в первом каскаде усиления. Схема привода показана на рис. 10.

Подвод управляющего сигнала в виде постоянного напряжения и переменного напряжения осцилляции с частотой 250 гц осуществляется через разъем 12 электромеханического преобразователя 11. Заслонка 7 крепится к якорю 10. Нулевое положение заслонки регулируется винтами 9. При подаче управляющего сигнала заслонка 7 поворачивается относительно регулируемых опор 8 на угол, пропорциональный управляющему напряжению. Сопла 2, размещенные в плунжере золотника 3, образуют с заслонкой 7 два переменных дросселя, к которым подводится жидкость через магистрали 1, постоянные дроссели 4, торцевые полости плунжера 5 и магистрали 6. При повороте заслонки 7 меняются сопротивления переменных дросселей, что вызывает появление перепада давлений в управляющих торцевых полостях 5 плунжера 3. Плунжер при этом смещается, обеспечивая подачу рабочей жидкости в гидроцилиндр 13 с расходом, величина которого пропорциональна смещению заслонки, причем перемещение плунжера 3 будет до тех пор, пока не сравняются зазоры между заслонкой 7 и соплами 2. Так

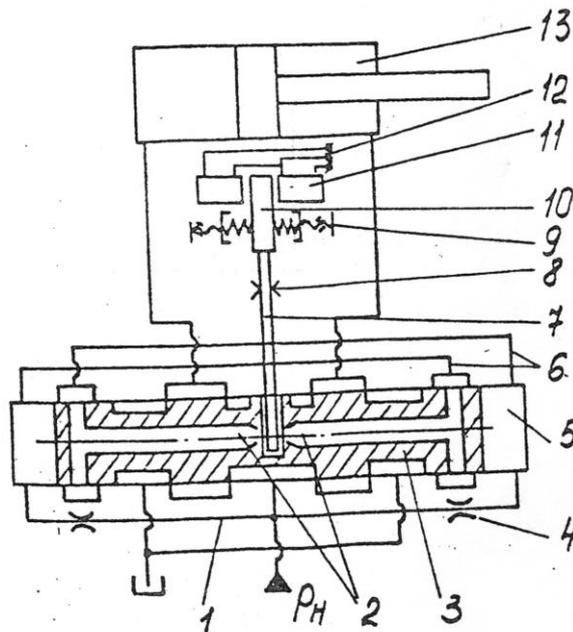


Рис.10. Схема электрогидравлического привода с аналоговой системой управления

обеспечивается обратная связь по положению заслонки, за счет чего отпадает надобность в торцевых пружинах, снимается ограничение в размерах плунжера и, самое главное, снимается ограничение по скорости исполнительного органа, что имеет существенное значение для привода робота.

Достоинством привода являются также повышенные устойчивость и надежность работы благодаря симметричности схемы.

Другим примером привода, применяемого в качестве привода робота, можно привести электрогидравлический привод с дискретной системой управления, рис. 11.

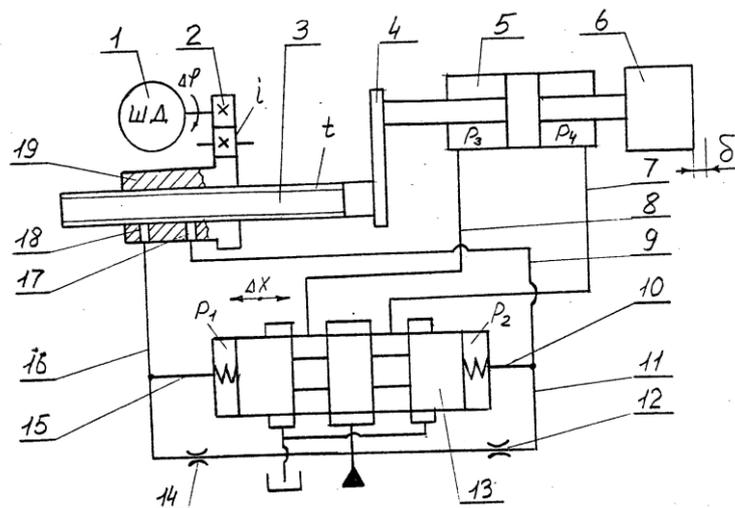


Рис.11. Схема электрогидравлического привода с дискретной системой управления

В качестве устройства, воспринимающего информацию в дискретном виде, использован не силовой шаговый электрический двигатель. При подаче одного электрического импульса он обрабатывает эту информацию в виде поворота вала на дискретный угловой шаг $\Delta\varphi$. Причем, от частоты следования импульсов f зависит угловая частота вращения двигателя n , а от количества импульсов зависит суммарный угол поворота вала. Таким образом, варьируя этими параметрами, можно задать любой закон движения.

Однако, учитывая, что двигатель несиловой, мощность на выходе не превышает 200 Вт, что недостаточно для перемещения захватного устройства робота. Поэтому для увеличения крутящего момента и передачи заданного закона движения с требуемой точностью используется гидравлический усилитель крутящих моментов с заданным коэффициентом усиления.

На схеме масло от насоса подается в центральную расточку следящего золотника 13 и, одновременно, через постоянные дроссели 12 и 14 в магистрали 11 и 16. Через магистрали масло поступает в отверстия 17 и 18 управляющей втулки 19 и далее идет на слив и, одновременно, через магистрали 10 и 15 в торцевые полости золотника 13.

С помощью силовых магистралей 7 и 8 золотник подает масло в рабочие полости цилиндра 5, шток которого соединен с захватным устройством робота 6. Вал шагового двигателя 1 через редуктор 2 соединен с управляющей втулкой 19. Отверстия 17 и 18 во втулке вместе с прямоугольной резьбой винта 3 образуют два дросселя переменного сечения. Шаговый двигатель 1, редуктор 2, управляющая втулка 19 и винт 3 объединены в единый узел, который называется шаговым задатчиком. Кронштейн 4, связывающий шток цилиндра 5 с винтом 3, образует внутреннюю жесткую единичную обратную связь. В исходном состоянии при отсутствии управляющих импульсов вал шагового двигателя 1 неподвижен. Отверстия 17 и 18 в управляющей втулке перекрыты кромками резьбы винта 3 ровно наполовину. Это означает, что давления в магистралях 11 и 16, а также в торцевых полостях золотника p_1 и p_2 равны. Плунжер золотника при этом занимает нейтральное положение, перекрывая подачу масла в полости силового цилиндра 5. Следовательно, шток цилиндра, а вместе с ним и захватное устройство робота 6, неподвижны. При подаче управляющего импульса на шаговый двигатель вал двигателя поворачивается на угловой шаг $\Delta\varphi$ и через редуктор 2 с передаточным отношением i поворачивает управляющую втулку 19. При этом нарушается равенство проходных сечений отверстий в управляющей втулке и, соответственно, равенство давлений p_1 и p_2 на торцах золотника. Возникает перепад давлений $\Delta p_3 = p_1 - p_2$, который смещает плунжер золотника на пропорциональную величину Δx . Золотник открывается и пропускает жидкость в силовой цилиндр, соединяя одну из полостей с напорной магистралью, вторую — со сливом. Образовавшийся перепад давлений на поршне цилиндра $\Delta p_4 = p_3 - p_4$ заставит сместиться поршень вместе с рабочим органом. При этом вступает в действие обратная связь — через кронштейн 4 винт 3 движется вместе с поршнем. Причем, это движение направлено в сторону возврата проходных сечений отверстий в управляющей втулке к исходному состоянию. Как только проходные сечения отверстий сравняются, перепад давлений на торцах золотника станет равным нулю, и плунжер золотника вернется за счет действия пружин в нулевое положение. При этом прекратится подача жидкости в полости цилиндра, и рабочий орган остановится, пройдя при этом расстояние, равное:

$$\delta = (\Delta\varphi / 360) i t; \quad (1)$$

где: $\Delta\varphi$ — угловой шаг на валу двигателя при подаче одного импульса; t — шаг винта. Таким образом, суммарная длина перемещения L будет зависеть от количества поданных импульсов n и величины дискретности δ :

$$L = n\delta; \quad (2)$$

Величина подачи рабочего органа будет зависеть от частоты следования импульсов f . Варьируя значениями параметров f и n , можно задавать любой закон движения рабочего органа.

Эта схема обладает рядом достоинств. Во-первых, дискретная система управления не требует наличия контура внешней обратной связи. Это значительно упрощает систему управления и удешевляет привод. Во-вторых, при линейном исполнении привода шток цилиндра непосредственно соединяется с захватным органом без промежуточных кинематических звеньев. Это упрощает конструкцию, увеличивает быстродействие привода за счет минимизации массы подвижных звеньев, повышает точность позиционирования за счет отсутствия погрешностей промежуточных звеньев. Быстродействие привода повышается также за счет конструктивного исполнения шагового задатчика, в котором шаговый двигатель приводит во вращение не винт, обладающий значительной массой, а шестерни несилового мелко модульного редуктора. Немаловажное значение имеет симметричное исполнение схемы усилителя, поскольку это

повышает надежность работы привода за счет того, что устраняет влияние колебаний давления жидкости на входе.

Все эти положительные качества привода согласуются с требованиями, предъявляемыми к приводам роботов.

8.6 Пример расчета параметров исполнительного органа привода перемещения руки робота и насосной станции

Расчет будем производить для схемы электрогидравлического дискретного привода подачи захватного органа робота (рис.12).

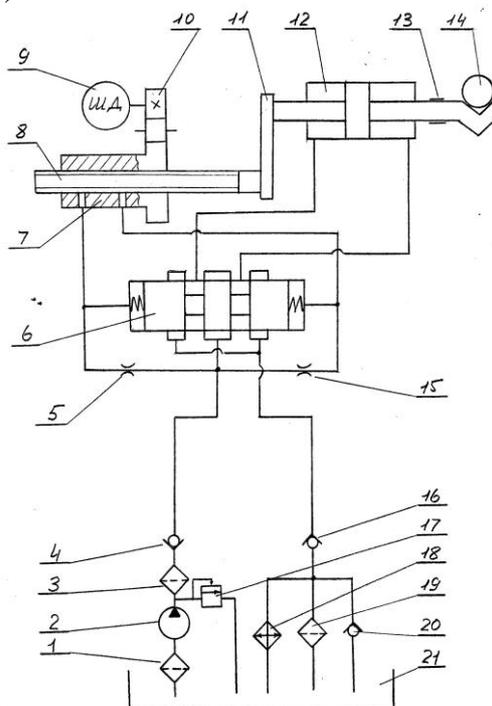


Рис. 12. Схема привода подачи захватного органа робота

На схеме приняты следующие обозначения:

1 — фильтр грубой очистки; 2 — насос; 3 — фильтр нормальной очистки; 4 — обратный клапан; 5 — дроссель; 6 — следящий золотник; 7 — управляющая втулка; 8 — винт-золотник; 9 — шаговый двигатель; 10 — редуктор; 11 — кронштейн внутренней обратной связи; 12 — гидроцилиндр; 13 — опора руки; 14 — захватный орган с деталью; 15 — дроссель; 16 — клапан противоаварийного давления; 17 — переливной клапан; 18 — теплообменник; 19 — фильтр тонкой очистки; 20 — предохранительный клапан; 21 — бак.

Для расчета параметров исполнительного органа привода составим расчетную схему (рис. 13). На схеме обозначены следующие параметры: Q — расход рабочей жидкости; F — площадь поршня; p — давление в рабочей полости; p_o — давление в обратной полости; T_n — сила трения в поршне; $T_{шт}$ — сила трения в штоке; T_H — сила трения в направляющих руки робота; T_u — сила инерции; G — вес детали, руки и элементов конструкции; V — скорость захватного органа;

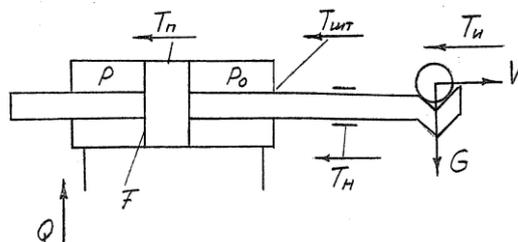


Рис. 13. Расчетная схема привода

Исходные данные для расчета: V — максимальная скорость перемещения захватного органа в рабочей зоне; D — диаметр силового цилиндра; L — длина перемещения захватного органа; m — масса детали, руки и перемещаемых элементов конструкции; t — время разгона захватного органа до максимальной скорости; L_{mp} — длина трубопроводов; марка масла — «Индустриальное 20».

Последовательность выполнения:

5.1. Изучение работы схемы. Определение назначения и типа элементов, входящих в состав схемы.

5.2. Расчет параметров исполнительного органа привода. Определение производительности насоса. Выбор типа насоса. Выполнение эскиза рабочего сечения. Расчет давления насоса.

5.3. Расчет основных параметров элементов гидросистемы (переливного клапана, фильтра, обратного клапана, золотника, клапана противодействия). Выполнение эскизов рабочих сечений элементов гидроаппаратуры.

8.7 Тепловой расчет гидросистемы

Расчет параметров исполнительного органа привода.

5.2.1. Определение производительности насоса.

В схеме задействован насос постоянной производительности.

Сначала определяется производительность Q , необходимая для обеспечения максимальной скорости захватного органа (в л/мин):

$$Q = F V; \quad (3)$$

где: F — площадь поршня; V — максимальная скорость захватного органа.

С учетом объемных потерь в насосе его производительность будет определяться по формуле:

$$Q_n = Q / \eta_o; \quad (4)$$

Где: η_o — объемный коэффициент полезного действия (КПД) насоса; для шестеренчатых и пластинчатых насосов $\eta_o = 0,75$.

Полученное значение производительности насоса округляется до ближайшего большего значения из нормального ряда производительностей (л/мин): 3; 5; 8; 12; 18; 25; 35; 50; 70; 100; 140...

При необходимости учесть диаметр штока $d_{шт}$ необходимо округлить этот диаметр до ближайшего меньшего значения из нормального ряда диаметров (мм): 2; 3; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150...

После расчета производительности насоса необходимо определить диаметр трубопроводов d_{mp} :

$$d_{mp} \geq \sqrt{4} Q_{mp} / \pi V_m; \quad (5)$$

где: Q_{mp} — расход масла, проходящий по трубопроводу; V_m — скорость масла в трубопроводе (1...5 м/с).

Полученный диаметр трубопровода должен быть округлен до ближайшего большего числа из ряда диаметров.

Для обеспечения благоприятного ламинарного течения масла в трубопроводе необходимо проверить число Рейнольдса (ламинарный режим принимается из условия минимальных потерь на трубопроводе):

$$Re = (V_m d_{mp}) / \nu; \quad (6)$$

Где: ν — кинематическая вязкость масла. Для масла «Индустриальное 20», которое наиболее часто применяется в гидросистемах станков и роботов, $\nu = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с}$.

После расчета производительности насоса выбирается его тип (чаще всего в гидросистемах станков и роботов используется насос пластинчатого типа), дается эскиз рабочего сечения насоса.

5.2.2. Расчет давления насоса.

Для расчета давления насоса воспользуемся расчетной схемой привода (рис. 7). Обозначение параметров на схеме см. выше.

Сначала определим давление в цилиндре p , которое необходимо подать в рабочую полость для перемещения захватного органа. Для этого составим уравнение сил, действующих на поршень вдоль оси цилиндра:

$$p \cdot F \geq T_u + T_n + T_{ум} + T_n + p_0 F; \quad (7)$$

$$p \geq (T_u + T_n + T_{ум} + T_n + p_0 F) / F; \quad (8)$$

Сила инерции возникает при разгоне захватного органа:

$$T_u = (V / t) m = (V / t) (G / g); \quad (9)$$

где: m — масса детали, захватного органа и подвижных элементов конструкции; g — ускорение свободного падения.

Сила трения в поршне зависит от вида уплотнения. В случае уплотнения металлическими поршневыми кольцами (см. рис. 14) расчетная формула будет иметь следующий вид:

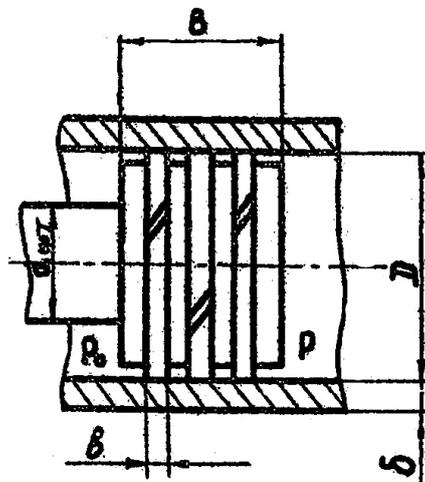


Рис. 14 Схема для расчета силы трения в уплотнении поршня

$$T_n = \pi D b [(z - 1) p_k + p] f \cdot 10^6; \quad (10)$$

где: b — ширина поршневого кольца ($b = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$); z — количество поршневых колец ($z = 3 \dots 4$); p_k — контактное давление кольца ($p_k = 0,13 \text{ Мпа}$); f — коэффициент трения кольца относительно стенок цилиндра ($f = 0,1$). Так как в формуле оказываются два неизвестных, для определения T_n , нужно решить совместно два уравнения (8) и (10).

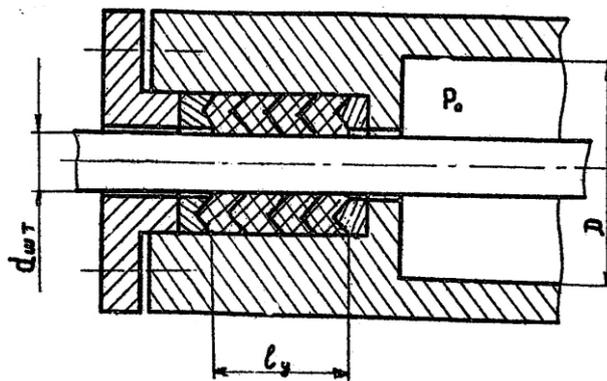


Рис. 15. Схема для расчета силы трения в уплотнении штока.

Сила трения штока также определяется типом уплотнения. На рис.15 показан вариант уплотнения штока манжетами. В этом случае расчетная формула имеет следующий вид:

$$T_{ум} = \pi d_{ум} l_y p_y f \cdot 10^6; \quad (11)$$

где: l_y — длина уплотнения ($l_y = 2 d_{ум}$); p — удельное давление манжеты; f — коэффициент трения материала манжеты относительно штока; можно принять что $p_y f_y = 0,12$ Мпа.

Сила трения в направляющих T_n зависит от конструкции направляющих. В общем случае можно принять, что:

$$T_n = G f_{mp}; \quad (12)$$

где f_{mp} — коэффициент трения в направляющих захватного устройства ($f_{mp} = 0,16$).

Давление в обратной полости гидроцилиндра p_o определяется суммой потерь давления на сливном участке трубопровода:

$$p_o = \sum \Delta p_i + \Delta p_{mp}; \quad (13)$$

где: Δp_i — потери давления на i — том элементе гидросистемы на сливном участке трубопровода; Δp_{nh} — потери давления на сливном участке трубопровода. Для рассматриваемой схемы (рис. 7) :

$$\sum \Delta p_i = \Delta_{зол} + \Delta p_{кл.пр.} + \Delta p_m + \Delta p_{фто}; \quad (14)$$

Потери давления на клапанах, золотниках, фильтрах примем равными 0,15 Мпа, исключая потери на клапане противодействия ($\Delta p_{кл.пр.} = 0,5$ Мпа).

Потери давления на трубопроводе определим по формуле:

$$\Delta p_{mp} = \lambda \rho (L_{mp} V_m^2) / (2 \cdot 10^6 \cdot d_{mp}); \quad (15)$$

где λ — коэффициент трения в трубопроводе;

$$\lambda = 75 / Re; \quad (16)$$

Re — число Рейнольдса (см. формулу (6)).

После расчета всех составляющих и подстановки в уравнение (8) определяется давление p в цилиндре. Давление насоса будет отличаться от этого давления на величину потерь на нагнетательном участке гидросхемы;

$$p_n = \Sigma \Delta p_j + \Delta p_{mp} \quad (17)$$

где Δp_o — потери давления на j — том элементе гидросистемы на нагнетательном участке трубопровода; Δp_{mp} — потери давления на нагнетательном участке трубопровода (примем эти потери численно равными потерям на сливном участке трубопровода).

5.2.3. На этом этапе выполняются эскизы рабочих сечений основных элементов гидросистемы (переливного клапана, фильтра, обратного клапана, золотника, клапана противодействия и производится расчет их основных параметров.

5.2.4. Тепловой расчет.

Тепловой расчет гидросистемы заключается в определении количества тепла q (в кДж), которое выделяется за один час работы гидросистемы, и в определении количества масла V_m в баке (в литрах) из условия ограничения температуры масла в гидросистеме допустимым значением (для масла «Индустриальное 20» оно составляет 55 град). Количество масла в баке

$$V_m = 6 \cdot 10^{-4} \sqrt{q^3}; \quad (18)$$

С другой стороны, для обеспечения заданной долговечности масла его объем в литрах (обозначим его V_o) должен быть численно равен (3...5) Q_n . Т.о., если $Q_n = 18$ л/мин, то $V_o = (54...90)$ л. В случае, если $V_m < \min V_o$, то выбираемый объем масла в баке $V_o = V_m$. При $V_m > \max V_o$, $V_o = V_m$ и необходим теплообменник площадью F_m ; в других случаях $V_o = V_m$

Площадь теплообменника (в m^2) равна;

$$F_m = (q - q_o) / 10500; \quad (19)$$

где: q_o — количество тепла, рассеиваемое баком.

Количество тепла, выделяемое гидросистемой за час работы, определяется как сумма потерь на всех участках цикла перемещения рабочего органа с учетом различных режимов работы.

Библиографический список

1. Беккер, В.Ф. Технические средства автоматизации. Интерфейсные устройства и микропроцессорные средства : Учебное пособие / В. Ф. Беккер. - 2-е изд. - М. : РИОР: ИНФРА-М, 2015. - 152 с.: ил. – ISBN 978-5-16-006686-8.;
- Беккер, В.Ф., Технические средства автоматизации. Интерфейсные устройства и микропроцессорные средства [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Беккер В. Ф., 2-е изд. - М.: РИОР, ИЦ РИОР, 2015. - 152 с.: 60x88 1/16 (Обложка) ISBN 978-5-369-01198-0 // ЭБС "Znaniium.com". - URL: <http://znaniium.com/catalog.php?bookinfo=404654>
2. Соснин О.М. Средства автоматизации и управления: Учебник / О. М. Соснин, А. Г. Схиртладзе. - М.: Издательский центр "Академия", 2014. - 240 с. - (Высшее образование: Бакалавриат).
3. Шишов О.В. Технические средства автоматизации и управления [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шишов О. В. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 396 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт) ISBN 978-5-16-010325-9 // ЭБС "Znaniium.com". - URL: <http://znaniium.com/catalog.php?bookinfo=527482>
4. Иванов А.А. Основы робототехники : учеб. пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 223 с. — (Высшее образование: Бакалавриат) // ЭБС "Znaniium.com". - URL: <http://znaniium.com/catalog.php?bookinfo=763678>
5. Рачков М.Ю. Технические средства автоматизации: Учебник / М.Ю. Рачков. – 2-е изд., стереотипное. – М.: МГИУ, 2007. – 185 с.: ил.

6. Сасов, А.М. Лабораторные работы по дисциплине "Технические средства автоматизации": Учебно-методическое пособие / А. М. Сасов. - Дубна: Международный университет природы, общества и человека "Дубна", 2011. - 67 с.: ил.
7. Шандров, Б.В. Технические средства автоматизации: учебник / Б.В. Шандров, А.Д. Чудаков. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 368 с.: ил. 978-5-7695-6633-2

Содержание

Введение.....	3
1 Цель курсового проекта.....	3
2 Структура курсового проекта	3
3 Общие сведения о проектировании и конструировании машин.....	4
4 Стадии разработки курсового проекта	6
5 Объем курсового проекта и правила его оформления.....	7
6 Защита проекта.....	8
7 Техническое задание.....	8
7.1 Объект разработки.....	8
7.2 Робототехнологический комплекс.....	9
7.3 Гибкий производственный модуль.....	10
7.4 Автоматизированная транспортно-накопительная система.....	11
7.5 План работы над курсовым проектом	12
7.6 Варианты задания на курсовое проектирование.....	13
8 Методические рекомендации.....	19
8.1 Зубчатые ременные передачи.....	12
8.2 Расчет передачи винт-гайка скольжения.....	14
8.3. Расчет передачи винт - гайка качения.....	16
8.4 Классификация следящих гидравлических приводов.....	24
8.5 Обзор следящих электрогидравлических приводов, применяемых в промышленных роботах.....	25
8.6 Пример расчета параметров исполнительного органа привода перемещения руки робота и насосной станции.....	27
8.7 Тепловой расчет гидросистемы	28
Библиографический список.....	38
Содержание.....	40
Приложение 1 Образцы оформления графического материала курсового проекта.....	41
Приложение 2. Титульный лист Пояснительной записки курсового проекта.....	44

**Филиал «Протвино» государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования Московской области
«Университет «Дубна».**

Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине
«ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ»

Тема _____

Выполнил: студент

Фамилия, И.О.

Группа _____ **Направление подготовки** 15.03.04

Курсовой проект допущен к защите « ____ » _____ **20** __ г.

Руководитель проекта: _____

Оценка: _____

Дата защиты: « ____ » _____ **20** __ г.

Преподаватели:

_____ / _____ /	_____ / _____ /
<i>подпись</i>	<i>И.О. Фамилия</i>
_____ / _____ /	_____ / _____ /
<i>подпись</i>	<i>И.О. Фамилия</i>

г. Протвино

**Филиал «Протвино» государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»**

Кафедра «Автоматизации технологических процессов и производств»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Студент _____ шифр _____ группа _____

Тема _____

Срок представления проекта к защите « ____ » _____ 20 __ г.

Исходные данные для проектирования _____

Содержание пояснительной записки

Приложение к ПЗ _____

Руководитель проекта

подпись, дата

инициалы, фамилия

Задание принял к
исполнению

подпись, дата

инициалы, фамилия