

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(институт)

Кафедра «Промышленная электроника»

27.03.04 Управление в технических системах

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления

(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Учебный стенд «Автоматизированный транспортно-складской комплекс»

Студент(ка)

И.П. Лисицын

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Г. Токарев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(институт)

Кафедра «Промышленная электроника»

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой «Промышленная электроника»

_____ А.А. Шевцов
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Лисицын Илья Павлович

1. Тема Разработка конструкции учебного стенда «Автоматизированный транспортно-складской комплекс»
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 24.06.2016
3. Исходные данные к бакалаврской работе Спецификация системы транспортно-складского комплекса
4. Содержание бакалаврской работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов):

Аннотация

Введение

- 1) Разработка конструкции стенда «Автоматизированный транспортно-складской комплекс»;
- 2) Разработка захватного устройства и его конструкции;
- 3) Разработка зубчатых механизмов и их кинематический анализ;

Заключение

- 5.Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

- 3D-модель стенда 1 лист А1
- Чертеж захватного устройства в трёх проекциях 1 лист А1
- Чертеж системы перемещения крана в трех проекциях 1 лист А1
- Чертеж крана-манипулятора в трёх проекциях 1 лист А1
- 3D-модель захватного устройства 1 лист А1
- 3D-модели зубчатых механизмов 1 лист А1

6. Консультанты по разделам _____

7. Дата выдачи задания «_____» _____ 20____ г.

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

_____	Д.Г. Токарев
(подпись)	(И.О. Фамилия)
_____	И.П. Лисицын
(подпись)	(И.О. Фамилия)

Аннотация

В данной бакалаврской работе представлена разработка конструкции стенда «Автоматизированная транспортно-складская система», а также разработка компонентов стенда, таких как кран-манипулятор, который, в свою очередь, включает разработки захватного устройства, крана стреловидного типа и системы перемещения крана по горизонтальной оси, конвейера и барабанного склада.

Также представлено подробное описание процесса разработки захватного устройства с параллельным кинематическим механизмом скользящего типа, и представлены другие виды захватных устройств.

Были проанализированы и разработаны зубчатые механизмы, используемые в конструкциях конвейера и барабанного склада.

В каждом разделе приведены таблицы с рисунками, расчётами, а также 3D-модели конструкций, спроектированных с помощью САПР КОМПАС-3Dv15.2.

Работа выполнена на 56 страницах машинописного текста, и графическая часть в объеме 6 листов A1.

Содержание

Аннотация	4
Введение	6
1 Разработка конструкции стенда «автоматизированная транспортно-складская система».....	7
1.1 Выбор рабочих органов стенда.....	7
1.2 Разработка крана-манипулятора.....	7
1.3 Разработка конвейера и транспортной ленты	11
1.4 Разработка барабанного склада	12
2 Разработка захватного устройства с параллельным кинематическим механизмом скользящего типа.....	14
2.1 Описание захватного устройства.....	14
2.2 Основные параметры захватных устройств	16
2.3 Составные части схватов и их назначение	17
2.4 Разработка захватного устройства	18
2.5 Обзор существующих механизмов передачи схватов.....	19
2.6 Классификация схватов	27
2.7 Конструкции механических захватных устройств	31
2.8 Расчет механических ЗУ.....	33
2.9 Сборка рабочего захватного устройства.....	36
3 Расчет зубчатых механизмов	38
3.1 Описание зубчатых механизмов.....	38
3.2 Кинематический анализ.....	42
3.3 Зубчатый механизм транспортной ленты.....	43
3.4 Зубчатый механизм транспортной ленты.....	48
Заключение.....	53
Список использованных источников	54

Введение

Резкое стремление развития автоматизации производственных процессов, рост количества компаний, работающих в этой сфере, привели к увеличению набора требований, предъявляемых к системам транспортировки, сортировки и тестирования различных микросхем, устройств и модулей. В условиях жесткой экономической конкуренции и высокой стоимости оборудования особую важность приобретает задача повышения эффективности процесса разработки новых установок и уменьшения затрачиваемых средств на реализацию. Решение проблемы предполагает выбор наиболее простых, дешевых и эффективных компонентов комплекса и способов их управления. Среди них упрощение алгоритма работы комплекса и ускорение процесса перехода от модели программного комплекса к реализации программного кода.

Целью бакалаврской работы является разработка конструкции учебного стенда "Автоматизированный транспортно-складской комплекс", которая включает в себя: кран-манипулятор, конвейер и барабанный склад. В свою очередь, эти компоненты должны располагаться на определенных расстояниях друг от друга на деревянном основании. Для достижения поставленной цели необходимо:

- 1) разработать общую конструкцию стенда и его компонентов;
- 2) проанализировать существующие проекты захватных устройств и разработать аналог для стенда;
- 3) разработать зубчатые механизмы и провести их расчёты.

1 Разработка конструкции стенда «автоматизированная транспортно-складская система»

1.1 Выбор рабочих органов стенда

Проектируемый стенд предназначен для демонстрации принципа работы транспортных систем на производстве. Задача состоит в выборе основных рабочих органов стенда, способных показать пример работы транспортно-складской системы.

В процессе разработки было выбрано 3 основных рабочих органа:

- 1) кран-манипулятор;
- 2) транспортная лента;
- 3) барабанный склад.

Далее была разработана схема расстановки основных компонентов стенда, показанная на рисунке 1.1.

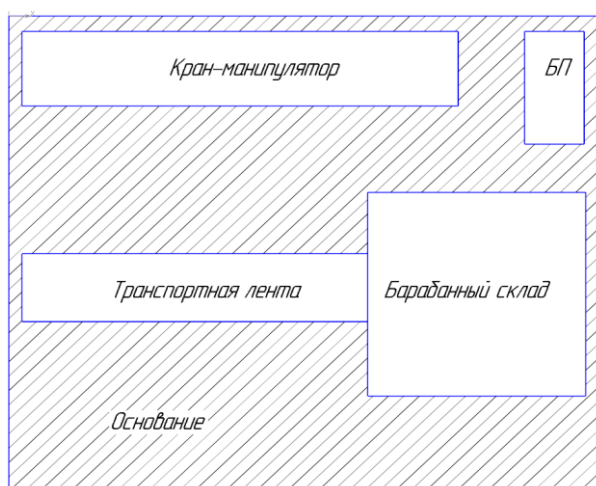


Рисунок 1.1– Схема расстановки компонентов

1.2 Разработка крана-манипулятора

Для проектировки крана-манипулятора было спроектировано 3 основных части:

- 1) система перемещения крана по горизонтальной оси;
- 2) кран;
- 3) захватное устройство.

1.2.1 Разработка системы перемещения крана по горизонтальной оси

Для выполнения перемещения крана по горизонтальной оси была выбрана конструкция, взятая со списанного принтера. Данная конструкция имеет:

- перемещающуюся каретку, к которой прикреплен кран;
- направляющую (вал из стали или другого металла), по которой движется тележка;
- шаговый двигатель с тросовой передачей, перемещающий каретку, представленный на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Шаговый двигатель с тросовой передачей

Тележка, имея латунные втулки, контактирует с направляющей, покрытой тонким слоем смазки. В боковой части тележки имеется войлок, касающийся вала. В самой нижней части тележки имеется паз для крепления тросовой передачи.

Оси предназначены для движения тележки от начальной до конечной точки посредством тросовой передачи, прикрепленной к боковым поверхностям конструкции.

В систему перемещения тележки входит шаговый двигатель (ШД). При подаче управляющего импульса на обмотку ШД ротор поворачивается на один шаг (несколько градусов) вокруг своей оси. Величина шага определяется конструкцией двигателя. Применение ШД позволяет с большой точностью отслеживать положение тележки с краном.

Так как в цепь питания шагового двигателя включен токовый датчик, то при возникновении препятствий или попадании посторонних предметов в зону движения тележки двигатель подтормаживает. При этом потребляемый ток возрастает.

Длина механизма составляет 500мм, что является приемлемым расстоянием для того, чтобы кран по горизонтальной оси от начальной точки переместился к барабанному складу. Модель системы представлена на рисунке 1.3.

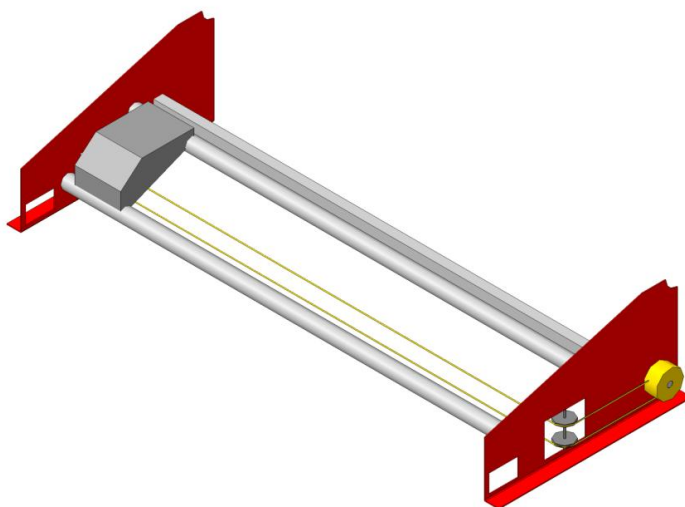


Рисунок 1.3 – 3D-модель системы перемещения крана по горизонтальной оси

1.2.2 Разработка стрелы крана

Небольшие грузоподъемные устройства – перемещаемые стационарные краны, применяются там, где требуется поднять небольшой груз и перевезти его на незначительное расстояние.

Для построения конструкции крана использовался стреловидный тип, предназначенный при строительстве объектов архитектуры.

Кран стрелового типа — кран, у которого грузозахватное устройство подвешено к блокам на концевой части стрелы или подвешено к грузовой тележке, перемещающейся вдоль стрелы. Производятся в передвижном и стационарном исполнении.

Материалом изготовленного крана является дерево, т.к. древесина имеет больше достоинств, чем металл. Это небольшой вес, отсутствие сложного технического оснащения для обработки, дешевизна материала. Модель крана представлена на рисунке 1.4.

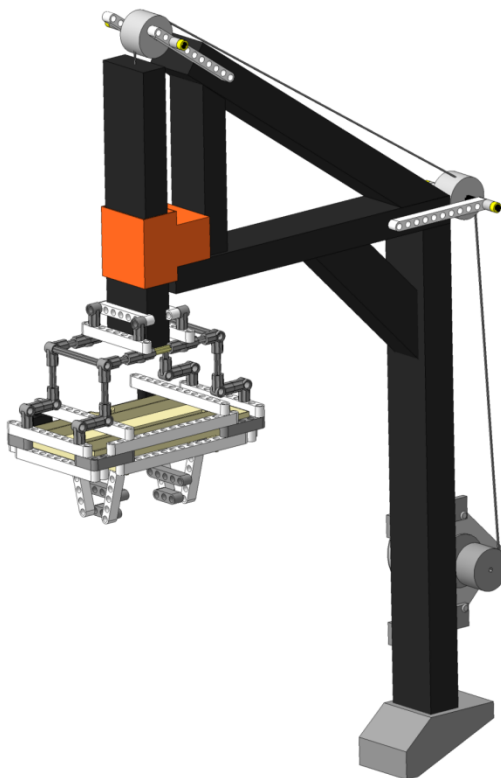


Рисунок 1.4 – 3D модель крана с захватным устройством

1.2.3 Разработка захватного устройства

Так как захватные устройства (ЗУ) предназначены для захвата и удержания объектов манипулирования, то при разработке больше всего учитываются следующие факторы:

- 1) надежный захват и удержание заготовок различных по массе, размерам и конструкции;
- 2) стабильность базирования;
- 3) быстроту переналадки;
- 4) отсутствие повреждение заготовок в месте захвата.

На конструкцию захватных устройств влияют вид обслуживаемого оборудования и тип комплекса. Например, комплекс, сортирующий несколько заготовок с отличиями по размеру, форме и цвету в серийном производстве, должен иметь захватные устройства с широким диапазоном или их автоматическую смену.

В процессе разработки ЗУ, исходя из параметров деталей (кубов) и типа обслуживания, было реализовано ЗУ, способное захватить кубы габаритами 50x50мм. В данном случае не было необходимости в автоматической смене захвата по причине того, что заготовленные кубы для транспортировки отличались только цветом, а размер и форма оставались прежней. Это упростило задачу проектирования ЗУ. Разработка ЗУ представлена в разделе 2.

1.3 Разработка конвейера и транспортной ленты

Разработка конвейера началась после введения в эксплуатацию крана-манипулятора. По этой причине проектирование продолжалось короткое время, так как задача была упрощена. Во-первых, были известны параметры конвейера и транспортной ленты. Во-вторых, было принято решение использовать ленту из резины по причине дешевизны и простоты установки.

Далее была собрана основа конвейера. Для сборки использовался конструктор LEGO по причине доступности и простоты компоновки. Упрощенная модель представлена на рисунке 1.5.

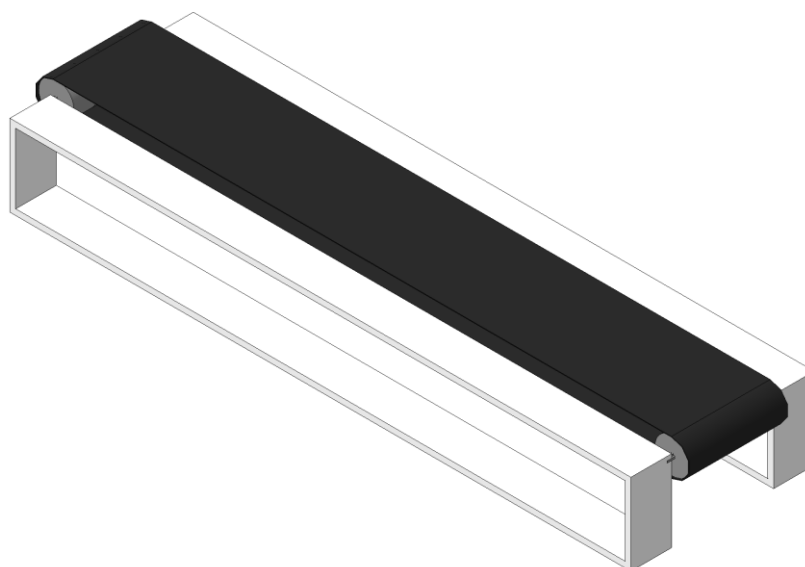


Рисунок 1.5 – 3D модель транспортной ленты (упрощенная)

1.4 Разработка барабанного склада

Была поставлена задача разработать барабанный склад. По окончании разработки был спроектирован вращающийся склад с 4 ячейками. Схема склада представлена на рисунке 1.6.

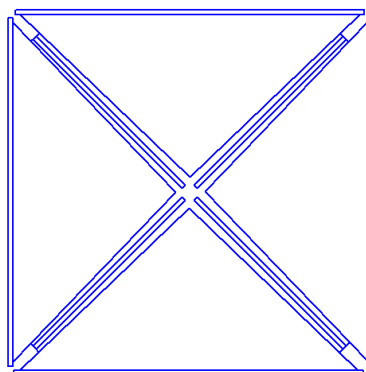


Рисунок 1.6 – Схема склада (вид сверху)

Далее была разработана модель склада. Первым был смоделирован каркас, изображенный на рисунке 1.7.

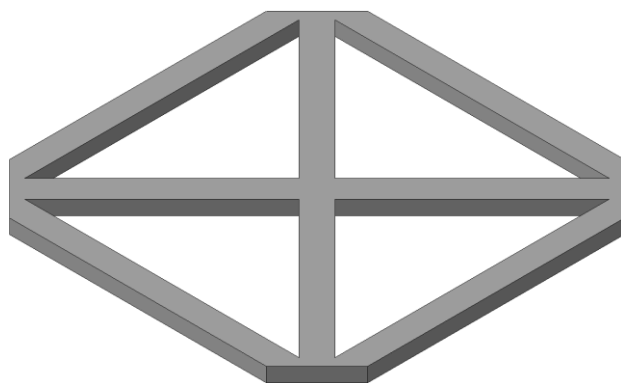


Рисунок 1.7 – 3D модель каркаса склада

На втором этапе была смоделировано дно ячейки склада. Модель показана на рисунке 1.8.

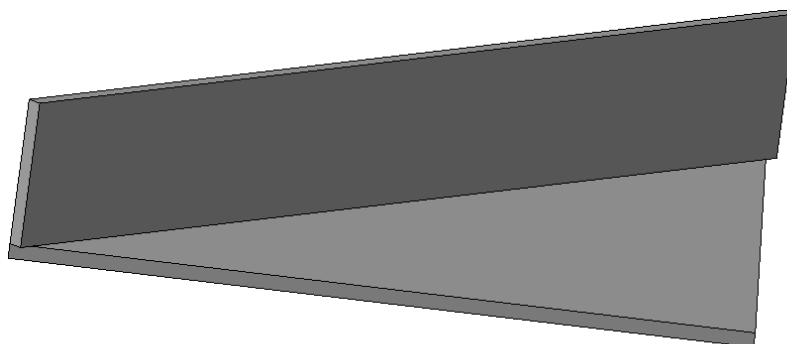


Рисунок 1.8 – 3D модель дна ячейки склада

Каждая ячейка была обозначена определенным цветом (красный, синий, зеленый). В них будут складироваться кубы по цвету.

Для вращения склада была спроектирована система вращения, представленная на рисунке 1.9.

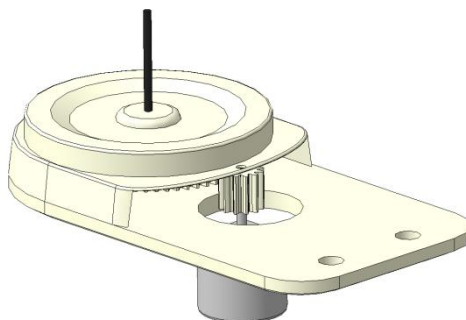


Рисунок 1.9 – Система вращения барабанного склада

2 Разработка захватного устройства с параллельным кинематическим механизмом скользящего типа

2.1 Описание захватного устройства

Захватные устройства представляют собой важные элементы промышленных роботов. Оснащение захватными устройствами широкого назначения расширяет области применения промышленных роботов и позволяет перенастраивать их для выполнения различных операций. Поэтому систематизация и анализ конструкций захватных устройств, разработка методов их выбора, расчета и проектирования, установление требований к ним в зависимости от характера выполняемых операций и рекомендаций по применению имеют весьма существенное значение.

Захватные устройства (далее ЗУ) служат для захвата и удержания в определенном положении объектов манипулирования. Данные объекты имеют различные размеры, форму, массу и обладают разнообразными физическими свойствами, требуемыми при применении ЗУ разного назначения.

У ЗУ существуют общие и специальные, связанные с конкретными условиями работы. К таким требованиям относятся: надежность захвата и удержания объекта, недопустимость повреждения или разрушения объекта, стабильность базирования. Предъявляются повышенные требования к прочности ЗУ при одновременном обеспечении малых габаритов и массы.

Захватным устройством промышленного робота (далее ПР) называется его рабочий орган, предназначенный для захвата и удержания предмета производства или технологической оснастки, называемого объектом. В ГОСТе 26063—84 установлены следующие типы захватных устройств ПР: механические, вакуумные, магнитные и пр. Для учебного стенда был выбран механический тип ЗУ.

Общим понятием для захватных устройств всех видов является «рабочий элемент». Рабочим элементом называется элемент захватного устройства, вступающий непосредственно в контакт с объектом. Также с термином «рабочие

элементы» в литературе употребляются антропоморфные термины: «губки», «пальцы», «челюсти» и др.

Механическими называются ЗУ, в которых осуществляется удержание объекта под воздействием сил трения в точках контакта с рабочими элементами, создаваемых двигателем или собственным весом объекта. Механические ЗУ разделяются на схваты и поддерживающие захватные устройства. Схватом называется механическое ЗУ, представляющее собой механизм, удерживающий объект посредством зажима рабочими элементами при их перемещении двигателем. Поддерживающими являются механические ЗУ, в которых отсутствуют подвижные звенья и представляющие собой опоры, где объект удерживается под действием сил тяжести.

Основные технические характеристики ЗУ: номинальная грузоподъемность, усилие захвата, предельно допустимые значения приложенных сил и моментов по осям системы координат ЗУ, время захвата и время отпущения, масса, габаритны, показатели надежности и т.д.

Усилие захвата в стандартах не определяется. В схватах усилие захвата создается приводом, перемещающим рабочие элементы при захвате вплоть до зажима объекта.

Время захвата - время от подачи сигнала устройством управления на захват до момента завершения процесса, когда объект занимает устойчивое положение равновесия в схвате, а усилие захвата достигает своего установившегося значения. Временем отпущения называется время от подачи устройством управления сигнала на отпущение до момента завершения процесса. Для схватов под завершением процесса отпущения понимается высвобождение объекта и полное раскрытие схвата.

Номинальной грузоподъемностью ЗУ называется наибольшее допустимое для данного ЗУ значение массы захватываемых объектов. При оснащении таким ЗУ промышленного робота конкретной модели реальная масса удерживаемого объекта не должна превосходить полезной грузоподъемности ПР, т.е. того наибольшего значения массы объекта, при котором гарантируются его захват, удержание и

обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик промышленного робота.

Предельно допустимыми значениями приложенных сил (моментов) называются наибольшие значения центрально приложенной к объекту (в начале системы координат захватного устройства) силы (момента), при которых объект удерживается ЗУ. Приложенные силы (моменты) создаются действующими на объект силами тяжести, инерции, силами взаимодействия с другими предметами и оснасткой. К приложенным силам не относятся усилие захвата и реакции в точках контакта объекта с рабочими элементами. Как правило, ЗУ необходимы для управления объектом и выполняют только функции захвата, удерживания и отпускания.

2.2 Основные параметры захватных устройств

Основные параметры ЗУ регламентированы руководящим техническим материалом РТМ2 РОО-1-78 и методическими указаниями МУ2.10-82, утвержденными Минстанкопромом 14.12.82 г.

В качестве основных параметров приняты:

- грузоподъемность,
- размер захватываемой поверхности,
- конструкция и размеры мест крепления к роботу.

2.2.1 Грузоподъемность

Грузоподъемность ЗУ должна соответствовать одному из значений ряда: 0,08; 0,16; 0,63; 1,25; 2,50; ... 1000,00 кг. Ряд грузоподъемности соответствует ряду предпочтительных чисел R 10/3 ГОСТ 8032-84. Для ЗУ, используемого в стенде «Автоматизированный транспортно-складской комплекс», было выбрано значение 0,08 кг.

2.2.2 Размер захватываемой поверхности

Наибольший размер наружной или внутренней поверхности, захватываемой зажимными ЗУ, должен соответствовать одному из значений следующего ряда: 1, 4, 12, 32, 63, 100, ... 500 мм. У ЗУ, используемого в стенде «Автоматизированный транспортно-складской комплекс», размер наружной поверхности захватываемого объекта соответствует 63 мм.

2.3 Составные части схватов и их назначение

Сведения о функциональном назначении основных составных частей представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Функциональное значение составных частей схвата

Составные части схвата	Функциональное назначение составных частей
Соединительные элементы	Увеличение выноса схвата, его вертикальное или боковое смещение, изменение ориентации схвата
Двигатели	Перемещение рабочих элементов, создание усилий захвата
Механизмы передачи	Преобразование вида движения, изменение его направления, передача движения к нескольким звеньям, получение требуемого передаточного числа и зависимости передаточного числа от раскрытия схвата
Последние звенья механизмов	Задание требуемого положения и кинематики перемещений рабочих элементов, приспособление к габаритам захватываемых объектов
Рабочие элементы	Обеспечение базирования и жесткого фиксирования предметов по заданным координатам; обеспечение контакта объекта по заданным точкам, линиям или поверхностям
Накладки (вставки)	Повышение несущей способности за счет увеличения коэффициента трения, уменьшение контактных напряжений за счет увеличения зон контакта, адаптация к изменениям формы поверхностей объекта

2.4 Разработка захватного устройства

Для перемещения целевого объекта типа «куб» был разработано захватное устройство (далее схват), позволяющее схватывать и переносить объект на определенные координаты.

Помимо того, что схват является достаточно простым устройством, по некоторым причинам его целесообразно разделять на составные части, имеющие определенную конструкцию и функциональность.

Соединительные элементы вставляются между соединительным узлом руки манипулятора и основанием схвата. Посредством соединительных элементов можно изменять относительное положение и конфигурацию рабочей зоны манипулятора наиболее простыми средствами. Наличие наборов соединительных элементов позволяет оперативно подстраивать ПР по месту работы, избавляя от необходимости проектирования и изготовления таких элементов для конкретного рабочего места.

2.4.1 Двигатели для схватов

Число типов двигателей, используемых в схватах промышленных роботов, довольно мало. Был проведен анализ классификации двигателей по виду движения выходного звена. В итоге, двигатели можно разделить следующие группы:

- 1) с неограниченным перемещением выходного звена;
- 2) с ограниченным перемещением выходного звена;
- 3) с малым перемещением выходного звена.

Двигатели с неограниченным перемещением выходного звена применяются в схватах, которые работают с крупногабаритными объектами, так как расстояние между захватываемыми поверхностями может изменяться в большом диапазоне.

Такие двигатели целесообразно применять в сочетании с винтовыми механизмами. Для двигателей с неограниченным перемещением (углом поворота) основными параметрами являются номинальная частота вращения (угловая скорость), номинальный и максимальный вращающие моменты. По номинальной

частоте вращения и номинальному моменту определяется номинальная мощность, которая обычно считается главным параметром.

Двигатели с малыми перемещениями обычно являются простыми и надежными, но находят применение преимущественно только в узкодиапазонных схватах, предназначенных для захвата объектов с одними и теми же размерами. Именно такой вид двигателя был выбран для приведения в движение захватных губок. Используемый двигатель является серводвигателем с углом поворота 90 градусов по часовой и против часовой стрелки.

Захват осуществляется при перемещении схвата манипулятором, когда его рабочие элементы, вступая в контакт с объектом, закрываются и охватывают объект; при этом, объект удерживается на позиции захвата.

Освобождается объект разжимание схвата в противоположную сторону также при принудительном удерживании объекта. Исключение серводвигателя из конструкции схвата приводит к ее максимальному упрощению, однако несущая способность таких схватов отсутствует.

2.5 Обзор существующих механизмов передачи схватов

Для того чтобы привести в исполнение передачу движения от выходного звена устройства к звеньям конструкции, перемещающим рабочие компоненты, с допустимым превращением вида движения, изменением усилий и тенденции перемещений используют механизм передачи и преобразования движений и усилий.

Было принято решение использовать метод представления разнообразия схем механизмов схватов: описывается цепочка методов модификации и усовершенствования схем, поясняющиеся конкретными примерами, обсуждаются достоинства и недостатки, как самих схем, так и схватов, выполняемых по этим схемам. Каждый из приемов изображается на малом числе схем, поэтому анализируется в общей сложности небольшое число допустимых сочетаний приемов. К каждой схеме прилагается анализ преимуществ и недостатков, появляющихся при создании схватов поданным схемам, а так же при использовании их.

В качестве двигателя во многих схемах применяется пневмоцилиндр, но некоторые схемы планируют использование вращательного двигателя. Для начала схемы объединяются по видам механизмов, однако схемы совмещенных механизмов схватов не заносятся в отдельную группу, а распределены по группам простых механизмов.

Простыми являются схемы на рисунке 2.1, а, б, с прямой передачей. Внедрение объекта в зону между рабочими компонентами на рисунке 2.1, а, осуществляется вертикальным движением, а в схеме б рисунка 2.1 - горизонтальным движением по оси y (цилиндрические объекты захватываются с торца). У схватов, созданных по обеим схемам, могут быть малые физические размеры, особенно по оси z . Отрицательным моментом схемы, приведенной на рисунке 2.1, а, является нагруженность штока поперечной силой.

В схеме, изображенной на рисунке 2.1, в, с простейшим шарнирно-рычажным механизмом производится преобразование линейного горизонтального движения штока во вращательное движение верхнего рабочего элемента. Внедрение объекта в зону между рабочими компонентами реализуется горизонтальным движением по оси x (обычно выдвиганием руки). Схема, приведенная на рисунке 2.1, в, обычно дает существенно большие габаритные размеры схвата, чем две предыдущие. Схема г на рисунке 2.1 имеет две типичные особенности: цилиндр – часть механизма и является качающимся. Местоположение цилиндра внутри механизма позволяет минимизировать размер по продольной оси x (при заданной длине вращающего рычага).

Все схемы, кроме приведенной на рисунке 2.1, г, имеют неподвижные цилиндры, что чаще всего встречается на практике. Четыре схемы на рисунке 2.1, а, б, в, г, имеют один подвижный рабочий элемент, из них симметричной является только схема на рисунке 2.1, б. Последующие схемы являются симметричными, за исключением вариантов, отмеченных особо.

На рисунке 2.1, д, е, ж, з представлены схемы клещевых схватов, где выходные звенья совершают вращение относительно оси x вокруг неподвижных осей в противоположные стороны. Данные схемы реализованы так, чтобы сжатие

схвата производилось при подаче давления в левую полость пневмоцилиндра, не имеющую штока.

В схемах на рисунках 2.1, д, е, используются рычаги второго рода. Для того, чтобы добиться сокращения размеров схвата по оси x цилиндр внедряют в механизм на рисунке 2.1, д. Но увеличение интервала раскрытия требует увеличения размеров по оси x .

В схемах на рисунках 2.1, ж, з используются рычаги первого рода, в схеме, показанной на рисунке 2.1, з, коромысла имеют большую длину, за счет чего происходит большее раскрытие при тех же габаритных размерах схвата. Общим минусом клещевых схватов является вращение рычагов.

В схемах, показанных на рисунке 2.1, и,к, выходные звенья выполняют движение без вращения, потому плоскости рабочих компонентов, зафиксированные параллельно друг другу, остаются параллельными и схват приспособляется для захвата объектов за параллельные плоскости. Параллельность достигнута входящими в схемы параллелограммными механизмами.

В схеме рисунке 2.1, и, точки выходного звена и рабочего элемента перемещаются по окружностям; смещение рабочего элемента по осям иногда является существенным недостатком. Данного недостатка лишена схема на рисунке 2.1, к, здесь рабочие элементы двигаются прямолинейно по оси z .

Схемы с параллелограммными механизмами сложные, и не используются в реальных конструкциях. Существует большое количество вариантов данных схем, отличающихся расположением параллелограммов и их вершин.

Механизм на рисунке 2.1, л построен по схеме на рисунке 2.1, к, но условие равенства плеч рычагов не соблюдено, потому перемещение рабочих элементов не является прямолинейным. Однако, перемещения можно получить близкими к прямолинейным для низкого диапазона раскрытия схвата; за счет уменьшения длины рычагов механизм можно сделать более компактным.

Поступательные перемещения получаются при использовании шарнирных четырехзвенников, отличающихся от параллелограммов. Механизм, изображенный

на рисунке 2.1, м, построен по схеме механизма на рисунке 2.1, и, но внешние рычаги четырехзвенников короче.

При совместной установке требований на лучшее приближение в определенных диапазонах к прямолинейному перемещению, перпендикулярному к продольной оси, к поступательному движению могут быть сформулированы задачи синтеза механизмов (но при этом необходимо учитывать также и другие требования). Из шарнирных механизмов приведена схема на рисунке 2.1, п, где один механизм присоединяется к другому.

Неизбежность данного соединения состоит в приемлемом выборе параметров возможно получения крупных раскрытий рабочих компонентов. Рабочие компоненты вращаются вместе с рычагами, как в обычном клещевом схвате.

При правильном выборе параметров и ограничении перемещений и углов поворота звеньев заклинивание и застревание объекта в итоге исключаются.

В схеме на рисунке 2.1, о, имеется пара, допускающая перемещение и вращение. Параллельность выходных звеньев достигается параллелограммными механизмами, расположенными отлично от схем на рисунке 2.1, и, к. При сжатии схвата рабочие элементы перемещаются прямолинейно по оси z , схема приспособлена для захвата объекта изнутри. В схватах иногда используются иные шарнирные четырехзвенники, чем параллелограммные механизмы.

На рисунке 2.1, п, изображена схема с антипараллелограммными механизмами. Высказываются мнения, что подобные механизмы позволяют получать более широкое раскрытие схватов, но преимущества подобных схем с шарнирными четырехзвенниками (они часто встречаются в литературе и редко применяются на практике) по сравнению с простейшими схемами на рисунке 2.1, ж или з, неясны.

Схема на рисунке 2.1, р, является широко используемой, так как имеет два ползуна, перемещающимися по одной или двум параллельным направляющим. При простой схеме изготовления пар скольжения могут представиться определенные трудности, особенно при жестких ограничениях на габаритные размеры по оси z .

Для многих схем рычаги шарнирно-рычажных механизмов изображаются прямыми. Но в реальных конструкциях оси шарниров не лежат на одной прямой, и рычаги выполняются или криволинейными. Вариант схемы на рисунке 2.1, д может иметь такой вид, как показано на рисунке 2.1, с, т. Соответственно изменяются элементы конструкций механизмов схватов. Смещения осей шарниров позволяют улучшать компоновку, изменять передаточные отношения и увеличивать/уменьшать границы диапазона раскрытия схвата при тех же длинах плеч рычагов.

Схема на рисунке 2.2, а изображает вариант клещевого схвата, однако отличная надежность захвата обеспечивается только при высокоточном исполнении конструкции кинематической пары. На рисунке 2.2, в, г изображены два варианта схемы клещевого схвата с кулисным механизмом. В схеме, приведенной на рисунке 2.2, б, кулисы перемещаются поступательно. В схеме, на рисунке 2.2, д, показан кулачковый (клиновой) механизм. Выбором профиля кулачка можно изменять вид упомянутой зависимости и направление перемещения рабочих элементов при одном и том же направлении перемещения штока. На рисунке 2.2, е изображена схема схвата с упругими пластинчатыми пружинами; применимо только для захвата очень легких предметов.

В следующих схемах представлены зубчатые передачи. На рисунке 2.2, ж представлена схема клещевого схвата с реечной передачей. Важным отличием от шарнирного механизма, схема которого представлена на рисунке 2.1, ж, является то, что при реечной передаче можно получить большое раскрытие схвата. Поступательное перемещение рабочих элементов достигнуто в схеме на рисунке 2.2, з, с параллелограммными механизмами.

Большой диапазон изменения диаметров захватываемого кругового сечения можно получить в схеме несимметричного механизма на рисунке 2.2, и. Чтобы положение центра сечения изменялось незначительно при изменении диаметра, углы поворота рычагов должны различаться, т.е. зубчатые колеса должны иметь отличное друг от друга число зубьев.

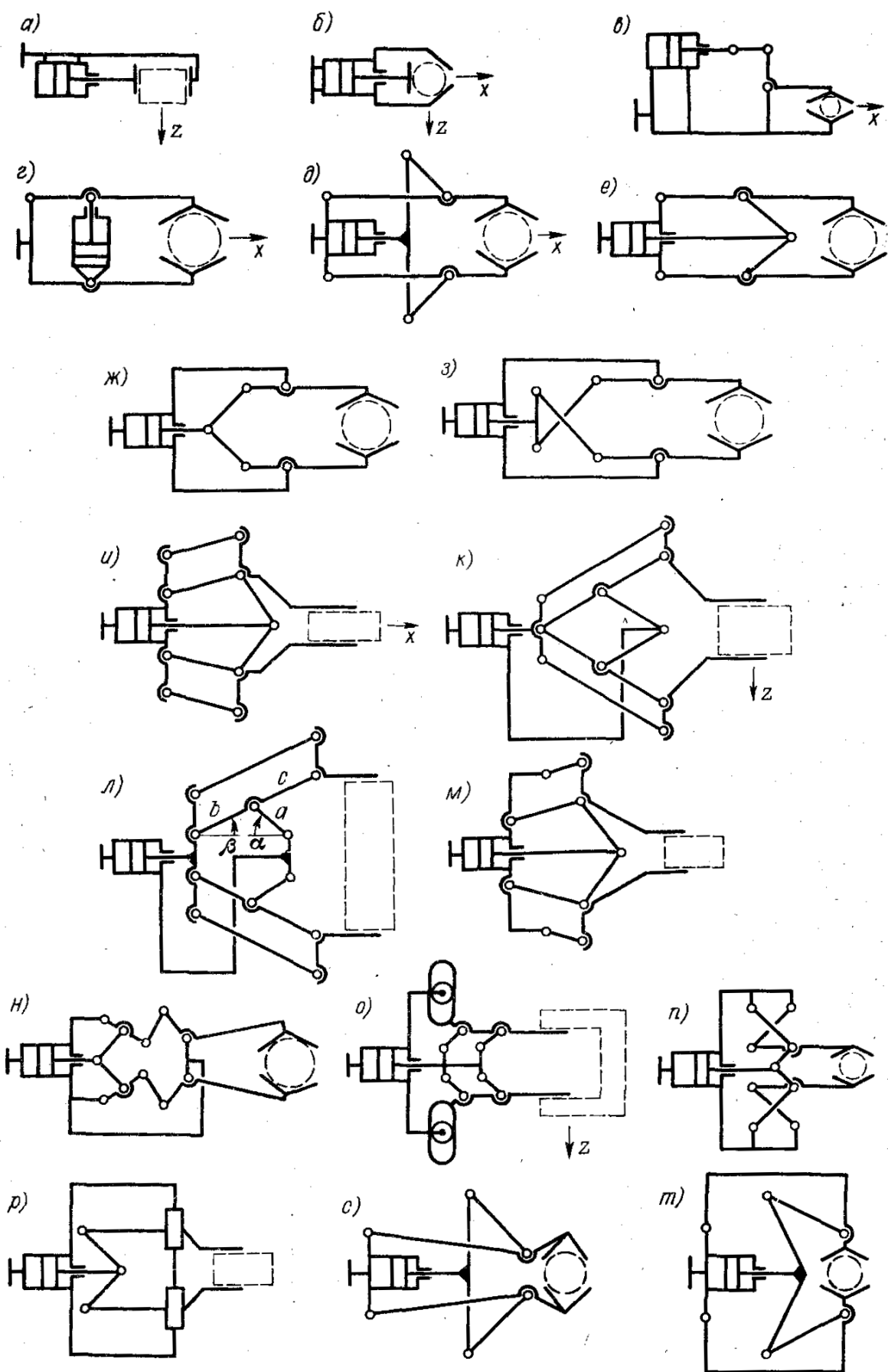


Рисунок 2.1 – Схемы механизмов передачи схватов

Реечная передача используется в схватах в обратном направлении, как в схеме, на рисунке 2.2, к, в котором присутствует вращательный двигатель (в частности, электродвигатель) и осуществляется преобразование вращательного движения в прямолинейное поступательное.

При применении электродвигателя обычно требуется дополнительная редукция. Цилиндрическая зубчатая передача использована в схеме, приведенной на рисунке 2.2, л, коническая - в схеме, приведенной на рисунке 2.2, м. Обе схемы клещевых схватов также обычно предполагают дополнительную редукцию. Всем схемам с зубчатыми передачами можно предусмотреть смену шестерен с изменением передаточного числа. Схваты с зубчатыми передачами обычно используются в роботах, где зубчатые передачи входят в состав механизмов переносных и ориентирующих степеней подвижности, что часто бывает в роботах с электроприводом.

В схеме, на рисунке, 2.2, н, клещевого схвата используется червячная передача, достоинствами которой являются большое передаточное число и возможность обойтись без дополнительной редукции. Если передача обладает свойством самоторможения, то есть возможность удержания объекта при снятии момента с двигателя (применительно к электродвигателю — при его отключении), что может быть очень важным при большой длительности интервалов удерживания объекта. В схеме, на рисунке, 2.2, о, с двумя ползунами используется винтовая передача. Для получения симметричного перемещения двух рабочих элементов половины ходового винта имеют правую и левую резьбы.

Схема обладает существенными преимуществами, когда есть необходимость в весьма больших значениях ходов (например, при захвате с торцов объектов различных размеров). Если есть самоторможение, то для винтовой передачи характерны те же особенности, что и для червячной.

Для захвата сечений призматических (в частности, цилиндрических) объектов используются схваты с числом подвижных рабочих элементов большим двух. Такая схема представлена на рисунке 2.2, п. По существу эта схема объединяет схемы, приведенные на рисунке 2.1, б и е.

В результате объединения обеспечивается перекрытие несколько большего диапазона допустимых изменений диаметра объекта. Более широкие возможности открываются при предоставлении элементам механизма схвата дополнительных степеней свободы, для чего некоторые неподвижные соединения заменяются подвижными, в частности шарнирами. В схеме, на рисунке 2.2, р, полученной из схемы рисунке 2.1, е, введением дополнительных шарниров в точках А, В и С, добавляется три лишних степени свободы. В результате достигнута способность схвата надежно фиксировать прямоугольное (или трапецеидальное, близкое к прямоугольному) сечение при достаточно больших (но ограниченных) линейных и угловых рассогласованиях схвата с зажимным устройством, из которого захватывается объект.

Схват с дополнительными степенями свободы не обеспечивает базирования объекта в положении, не зависящем от начального рассогласования. Фиксирование осуществляется за счет сил трения по поверхностям контакта. Несущая способность схватов с дополнительными степенями свободы ниже, чем схватов, выполненных по исходным схемам. Чтобы исключить нежелательные смещения звеньев и фиксировать их положение в средних положениях в свободном состоянии (при отсутствии объекта), в шарнирах ставятся упругие элементы.

Схема схвата с одной дополнительной степенью свободы изображена на рисунке 2.2, с (прототипом является схема рисунке 2.1, и). Наличие шарнирных параллелограммов обеспечивает поступательное движение рабочих элементов. Шарнир на штоке пневмоцилиндра позволяет рабочим элементам согласованно смещаться вверх или вниз, пока объект не захвачен; после зажатия объекта его положение оказывается фиксированным за счет сил трения.

Другая схема с одной дополнительной степенью свободы представлена на рисунке 2.2, т. Ее основной особенностью является конический дифференциал, через который вращаются ходовые винты. Поступательное и прямолинейное движение рабочих элементов достигаются с помощью ползунов, дифференциал позволяет фиксировать объект в любом положении. В пределах диапазона, фиксирование обеспечивается заклиниванием винтовой передачи.

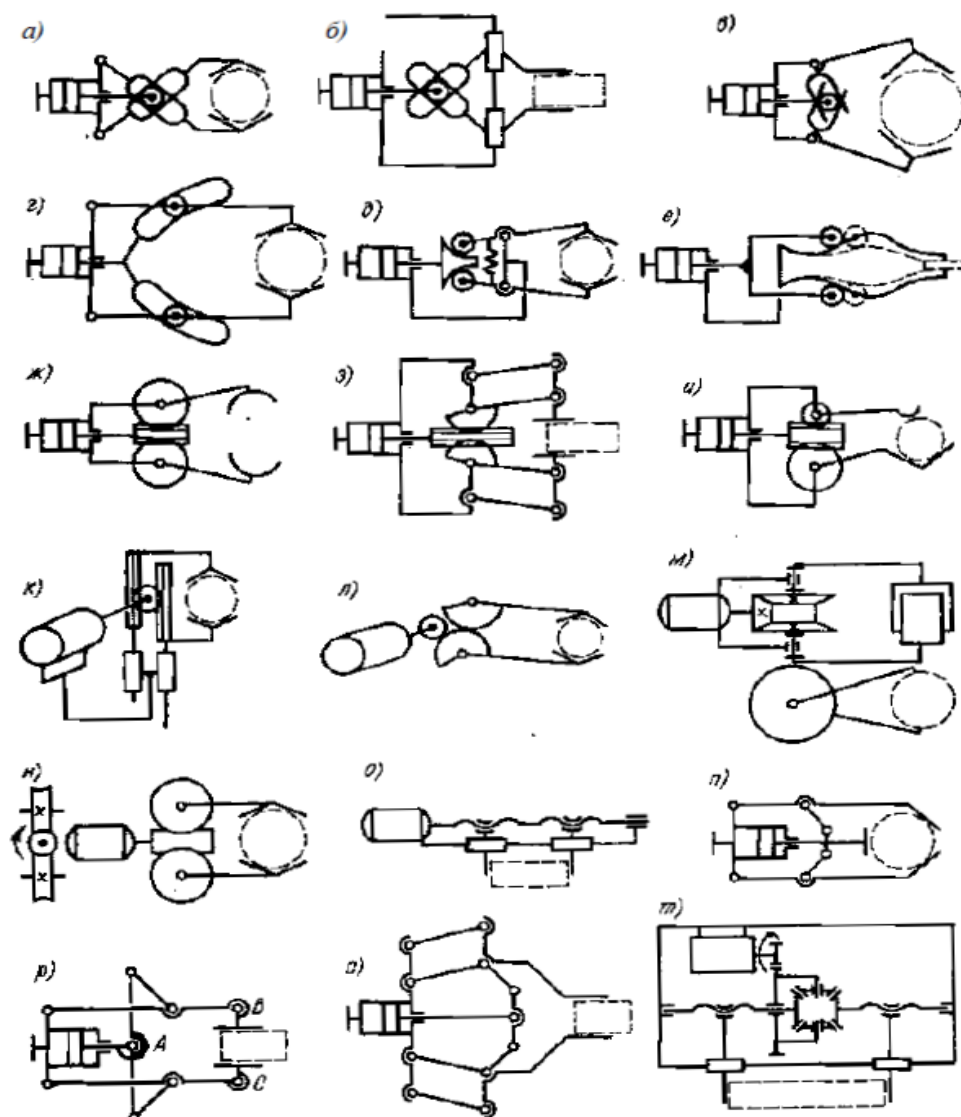
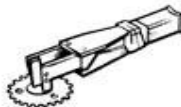
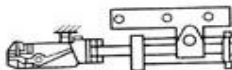
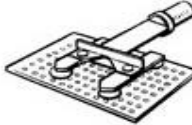
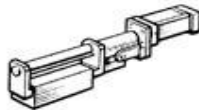
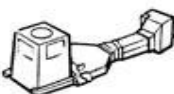


Рисунок 2.2 – Схемы механизмов передачи схватов для захвата цилиндрических объектов

2.6 Классификация схватов

Разнообразие ЗУ, пригодных для решения сходных задач, большое количество признаков, характеризующих различные конструктивно-технологические особенности, не позволяют построить классификацию по чисто иерархическому принципу. В табл. 1.2 приведены примеры ЗУ, относящиеся к отдельным классификационным группам.

Таблица 2.2 – Классификация захватных устройств

Детали	Механические устройства				Вакуумные и магнитные устройства		Устройства с эластичными камерами
	центрирующие		базирующие	центрирующие	базирующие		
	широкодиапазонные	узкодиапазонные					
Тела вращения: фланцы		 1.1	 1.2	 1.3	—	 1.5	 1.6
валы		 2.1	 2.2	—	 2.4	—	 2.6
Плоские детали		—	 3.2	 3.3	—	 3.5	—
Детали коробчатой формы		 4.1	 4.2	 4.3	 4.4	 4.5	—
Детали сложной формы		—	—	 5.3	 5.4	 5.5	 5.6

По принципу действия ЗУ можно разделить на три группы:

1. Зажимные ЗУ воздействуют на объект с помощью рабочих элементов, губок, пальцев, клещей и т.п., и удерживают его за счет сил трения, возникающих при зажиме, или комбинации сил трения и запирающих усилий. Все зажимные ЗУ активного типа. Они подразделяются на механические – клещи, тиски, шарнирные пальцы – и ЗУ с эластичными рабочими элементами – камерами, деформирующимися под действием нагнетаемого внутрь сжатого воздуха или жидкости;

2. Поддерживающие ЗУ используют для удержания нижней поверхности объекта, выступающие части или имеющиеся в корпусе отверстия. Это различного рода крюки, петли, вилки, лопатки и захваты питателей, не зажимающие заготовок;

3. Притяжные ЗУ оказывают на объект силовое воздействие, используя различные физические эффекты. Наиболее распространены вакуумные и магнитные. Встречаются ЗУ, где используется электростатическое притяжение, адгезия, ЗУ с липкими накладками и т.п.

По характеру базирования объекта ЗУ делятся на пять групп:

1. ЗУ, способные перебазировать объект, изменяют положение удерживаемой детали с помощью управляемых действий рабочих элементов. Это свойство имеют только антропоморфные ЗУ с управляемыми шарнирными пальцами;

2. Центрирующие ЗУ определяют положение оси/плоскости симметрии захватываемого объекта. Эти механические ЗУ, оснащенные рабочими элементами, имеют губки в виде призм и т.д. В ряде случаев используются центрирующие ЗУ с эластичными камерами;

3. Базирующие ЗУ определяют местоположение базовой поверхности (или поверхностей), что характерно для поддерживающих ЗУ, но часто используется и в зажимных ЗУ;

4. Фиксирующие ЗУ сохраняют положение объекта, которое тот имел в момент захвата;

5. ЗУ, не обеспечивающие базирования или фиксации объекта, для оснащения ПР почти не применяются.

В зависимости от назначения (например, в сборочных ПР) ЗУ оснащаются дополнительными приспособлениями для выполнения ориентирующих перемещений. Применяются ЗУ с приспособлениями для выполнения некоторых технологических операций.

По числу рабочих позиций ЗУ разделяется на одно- и многопозиционные. По характеру работы многопозиционные ЗУ делятся на три подгруппы: последовательного, параллельного и комбинированного действия. ЗУ последовательного действия – это, как правило, двухпозиционные устройства, имеющие загрузочную и разгрузочную позиции.

Рабочие элементы на каждой позиции работают независимо друг от друга. ЗУ параллельного действия имеют ряд позиций для одновременного захвата или отпуска группы деталей. ЗУ комбинированного действия оснащаются группами параллельно действующих позиций, и эти группы приводятся в действие независимо одна от другой.

По виду управления ЗУ подразделены на четыре отдельных группы:

1. Неуправляемые ЗУ – устройства с постоянными магнитами, с вакуумными присосками с отсутствием принудительного разряжения, и др., для снятия объекта с которых требуется большая сила, чем для удержания;

2. Командные ЗУ управляются заданными командами на захват или отпускание объекта. Это, в частности, ЗУ с пружинным приводом и стопорными устройствами, срабатывающие через такт. Разжим и зажим губок происходит благодаря взаимодействию с объектом манипулирования или элементами внешнего оборудования;

3. Жесткопрограммируемыми ЗУ управляет система программного управления. Величина раскрытия или закрытия губок, взаимное расположение рабочих элементов, усилие зажима в таких ЗУ меняются в зависимости от заданной

программы, которая может управлять и действием вспомогательных технологических приспособлений;

4. Адаптивные ЗУ – программируемые устройства, оснащены датчиками информации, определяющими форму и массу объекта, силу зажима, проскальзывание объекта относительно рабочих элементов ЗУ и т.п.

По способу крепежа к руке ПР все ЗУ разделены на четыре отдельных группы:

1. Несменяемые ЗУ – неотъемлемая часть конструкции робота. Замена таких ЗУ не предусматривается;

2. Сменные ЗУ – самостоятельные узлы с базовым поверхностями для крепления к роботу, не рассчитанные на быструю замену, - например, установленные на фланце с помощью нескольких винтов;

3. Быстросменные ЗУ – сменные узлы с конструкцией базовых поверхностей для крепления к роботу, обеспечивающей быструю смену, - например, байонетный замок;

4. ЗУ, пригодные для автоматической смены- устройства, конструкция базовых поверхностей которых обеспечивает возможность автоматического закрепления на работе.

2.7 Конструкции механических захватных устройств

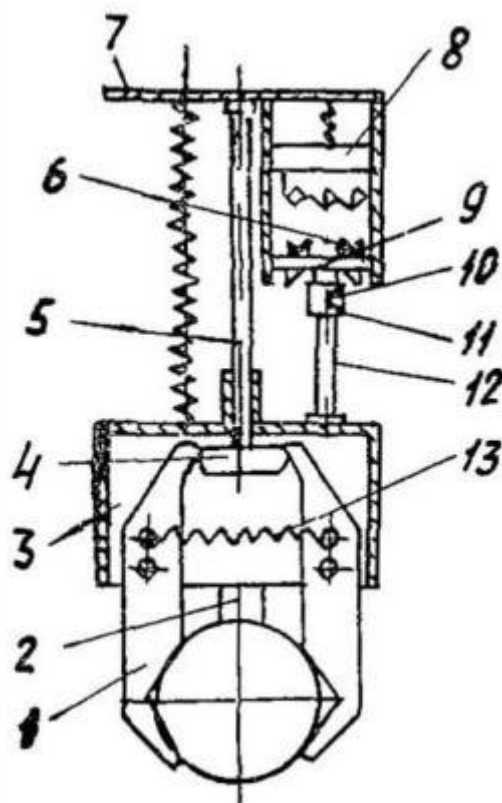
Неуправляемые ЗУ – конструкции, выполненные по типу пинцета, упругих разрезных валиков и втулок (цанг) или клещей с одной и двумя подвижными губками, на которые воздействуют пружины. Рабочие элементы таких ЗУ разжимаются при контакте с заготовкой, поэтому поверхности детали или зажимных элементов могут быть повреждены.

Высвобождение объекта – принудительное, с применением дополнительных устройств. Используются в условиях массового производства при манипулировании с объектами небольшой массы и размеров.

Командные ЗУ со стопорными механизмами – автономные устройства с чередованием циклов зажима и разжима деталей, не требующие специальных команд от системы управления и подвода энергии. Деталь удерживается пружинами за счет эффекта самозатягивания или запирающего действия губок. Как правило, подобные ЗУ могут работать только при вертикальном расположении.

На рисунке 2.3 представлена схема ЗУ для схвата валов или фланцев за наружную поверхность. Устройство представляет собой корпус 7, где закреплена направляющая 5, которая несет запирающую планку 4. По направляющей 5 скользит головка 3, в которой шарнирно закреплены губки 1. В рабочем положении ЗУ запирающая планка 4 входит между верхними концами губок 1, ограничивая их раскрытие. При укладке изделия на разгрузочную позицию, ЗУ перемещается вниз. После контакта изделия с позицией головка закрепленным в ней упором 2 упирается в изделие и останавливается, а корпус 7 продолжает опускаться. При этом планка 4 также опускается и освобождает губки 1, которые под действием пружины 13 расходятся, освобождая изделие.

Также срабатывает стоп-устройство. Оно состоит из свободно вращающейся защелки 11, помещенной на оси 12, нижней втулки 9, закрепленной на корпусе 7, и верхней втулки 8. Эта втулка имеет снизу храповые зубцы, а нижняя 9 имеет зубцы снизу и сверху и, кроме того, снабжена прорезью 6 по форме защелки 11. У защелки по сторонам есть треугольные выступы 10, смещенные относительно храповых зубцов. При сближении корпуса 7 и головки 3 защелка цепляется с верхними храповыми зубцами и поворачивается на 45° . После того как корпус и головка расходятся, защелка входит в зацепление с верхними храповыми зубцами втулки 9, поворачивается еще на 45° и ее выступы 10 оказываются смещенными на 90° относительно прорезей втулки 9. Защелка будет удерживаться втулкой.



Рисунке 2.3 – Схема захватного устройства для схватывания валов

2.8 Расчет механических ЗУ

Расчет механических ЗУ представляет собой вычисление сил, действующих в местах контакта заготовки и губок, подсчет усилий привода, определение контактных напряжений в заготовке и расчет прочности деталей ЗУ, ведущийся по обычным методикам расчета. Перечисленные элементы расчета рассмотрены ниже.

2.8.1 Анализ сил в местах контакта,и определение усилия привода

Нахождение сил, действующих в местах контакта деталей с зажимными губками, сводится к определению минимальных сил, которые действуют в местах контакта, достаточных для удержания заготовки. Формулы для определения этих

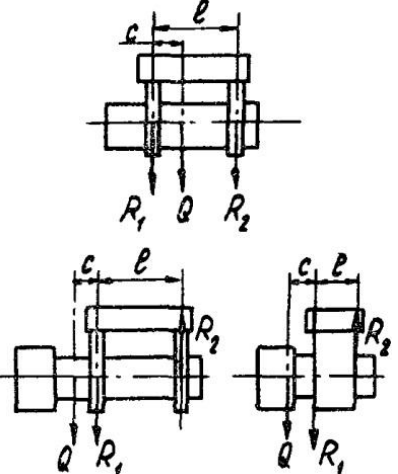
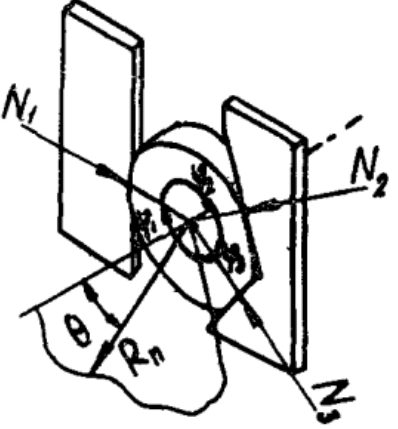
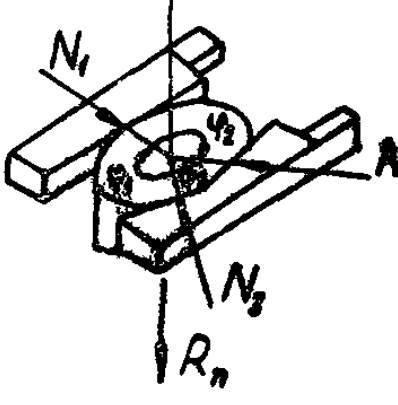
сил приведены в табл. 2.3. Можно выделить следующие схемы удержания детали в механическом ЗУ:

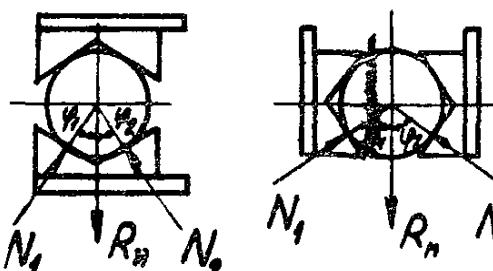
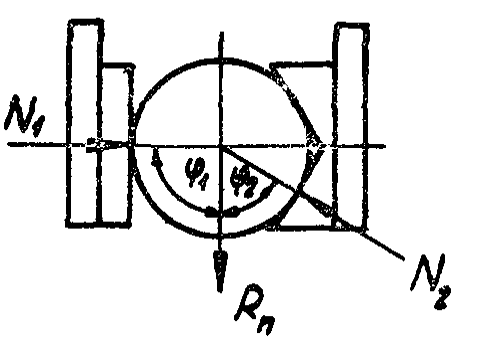
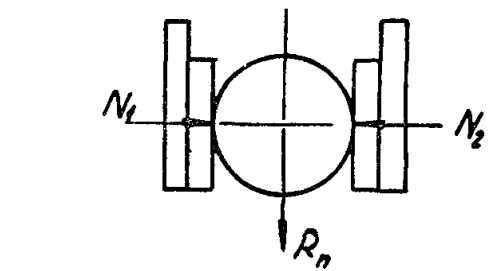
- деталь непосредственно поддерживается губкой ЗУ, силы трения практически не участвуют в удержании (см. схему 4 табл. 2.3),
- деталь удерживается благодаря запирающему действию губок при ограниченном действии сил трения (см. схему 5 табл. 2.3),
- деталь удерживается только силами трения (см. схемы 3, 6 табл. 2.3).

На практике обычно встречается сложное нагружение ЗУ, при котором действует комбинация описанных случаев (см. схему 2 табл. 2.3). Тогда в процессе манипулирования характер нагрузки и схемы удержания могут изменяться.

Расчеты ЗУ ведутся для критического случая действия нагрузки.

Таблица 2.3 – Определение сил удержания

Номер схемы	Расчетная схема	Формулы для определения сил R,N,H
1		$R_1 = \frac{l-c}{l} Q$ $R_2 = \frac{c}{l} Q$ $R_1 = \frac{l+c}{l} Q$ $R_2 = -\frac{c}{l} Q$
2		$N_i = R_n \left\{ \sin \theta \left[\sin \varphi_j - \sin \varphi_k - \mu (\cos \varphi_j - \cos \varphi_k) \right] - \frac{\cos \theta}{\mu} (1 - \mu^2) \sin (\varphi_j - \varphi_k) \right\}$ $\left\{ (1 - \mu^2) \left[\sin (\varphi_1 - \varphi_2) + \sin (\varphi_3 - \varphi_2) + \sin (\varphi_3 - \varphi_1) \right] \right.$ где $i, j, k = 1, 2, 3; i \neq j \neq k$
3		$\theta \approx 0^\circ$ $N_i = -\frac{R_n}{\mu} \sin (\varphi_j - \varphi_k) / \left[\sin (\varphi_1 - \varphi_2) + \sin (\varphi_1 - \varphi_2) + \sin (\varphi_3 - \varphi_1) \right],$ где $i, j, k = 1, 2, 3; i \neq j \neq k$

4		$N_i = R_n \frac{\sin \varphi_j - \mu \cdot \cos \varphi_j}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2 \cdot \mu \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_2)},$ $i, j = 1, 2 \quad i \neq j$
5		$\varphi_1 = 90^\circ \quad \varphi_2 = \varphi;$ $N_1 = R_n \frac{\sin \varphi - \mu \cos \varphi}{\cos \varphi + 2 \mu \sin \varphi};$ $N_2 = R_n \frac{1}{\cos \varphi + 2 \mu \sin \varphi}$
6		$\varphi_1 = \varphi_2 = 90^\circ;$ $N_1 = N_2 = \frac{R_n}{2 \mu}$

2.9 Сборка рабочего захватного устройства

Сначала было выбрано несколько типов захватных устройств, описанных выше. В конечном итоге было выбрано захватное устройство с параллельным кинематическим механизмом скользящего типа по причине простоты конструкции и отсутствия комплектующих деталей для захватных устройств других типов.

Далее была разработана детальная модель захватного устройства, изображенная на рисунке 2.4.

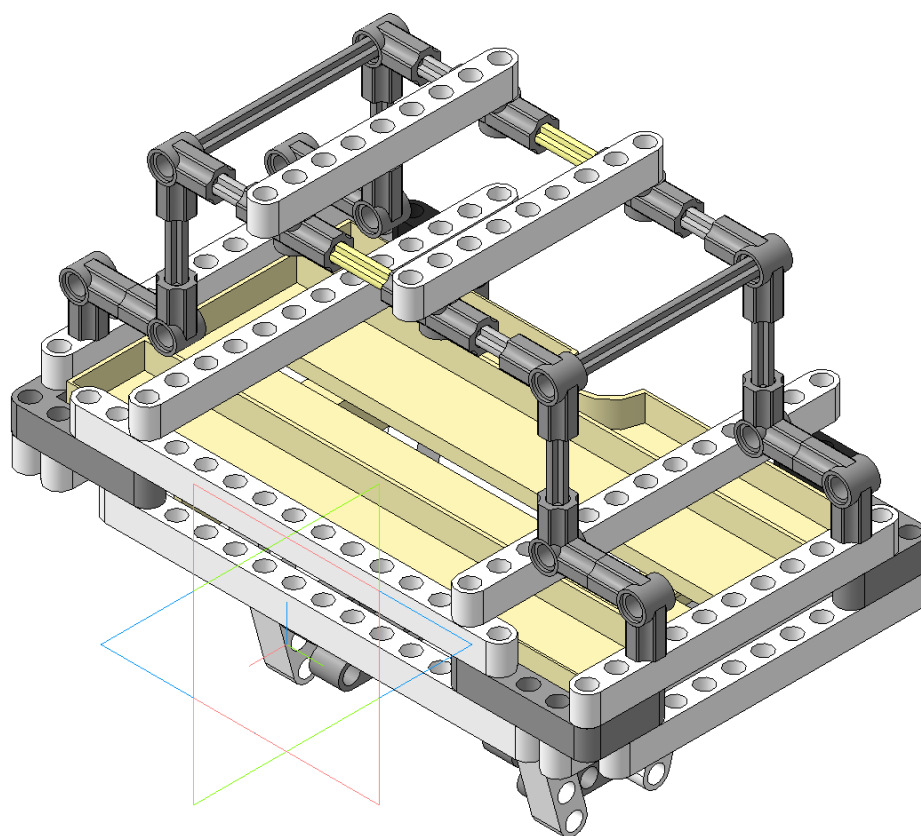


Рисунок 2.4 – 3D модель захватного устройства

Было принято решение использовать детали конструктора LEGO для сборки несущей конструкции. Зубчатая рейка и ведущее зубчатое колесо были взяты из старого списанного принтера.

Для сжатия/разжатия губок был применен серводвигатель с углом поворота 90 градусов по часовой и против часовой стрелки.

3 Расчет зубчатых механизмов

3.1 Описание зубчатых механизмов

Зубчатый механизм – это механизм с высшей кинематической парой, в структуру которого входят звенья, снабженные специальными выступами-зубьями.

Зубчатые механизмы обладают рядом полезных свойств, обусловивших широкое распространение практически во всех видах машин. В промышленности применяются машины, состоящие только из зубчатых механизмов. Однако наибольшее распространение зубчатые механизмы получили в качестве передаточных или преобразующих устройств, используемых в более сложных технических системах для согласования характеристик рабочей и энергетической машин.

Зубчатые механизмы предназначены для передачи вращательного движения между звеньями, а также для изменения значений угловой скорости и силовых факторов. Зубчатые механизмы, предназначенные для уменьшения угловой скорости выходного звена с одновременным повышением крутящего момента по сравнению с входными значениями этих параметров, называются редукторами, а зубчатые механизмы, предназначенные для увеличения угловой скорости с потерей значения крутящего момента на выходном звене – мультипликаторами.

Типовой зубчатый механизм состоит из стойки и двух подвижных звеньев, которые называются зубчатыми колесами.

Зубчатое колесо – это звено зубчатого механизма, снабженное специальными выступами-зубьями.

Простой зубчатый механизм – трехзвенный механизм, в составе которого пара зубчатых колес и стойка. В простых зубчатых механизмах (ЗМ) пара зубчатых колес образует между собой высшую кинематическую пару, а со стойкой создаёт низшую кинематическую пару (поступательную или вращательную).

Ведущее звено простого ЗМ называется шестерня, а ведомое звено – зубчатое колесо (ЗК). Параметры шестерни ЗМ принято обозначать с индексом 1, а параметры ЗК – с индексами, соответствующими номерам их колес.

Работа простых ЗМ основана на использовании принципа рычага, т.е. преобразование движения осуществляется посредством нажатия зубьев шестерни на зубья колеса.

Простые зубчатые механизмы классифицированы следующим образом:

1) по начальной поверхности:

конические;

глобоидные;

цилиндрические;

2) по расположению звеньев в пространстве:

пространственные;

плоские;

3) по расположению геометрических осей:

с параллельными геометрическими осями;

с пересекающимися геометрическими осями;

со скрещивающимися геометрическими осями;

4) по профилю зуба:

с эвольвентным профилем;

с циклоидальным профилем;

с круговым профилем (передачи Новикова);

с профилем по «улиткам Паскаля»;

5) по форме линии зуба:

с прямым зубом или прямозубые;

с косым зубом или косозубые;

шеvronные;

с криволинейным зубом;

6) по форме и виду зубчатых колес:

- с круглыми колесами;
- с некруглыми колесами.

Плоский ЗМ – это механизм, в котором зубчатые колеса совершают движения в одной плоскости.

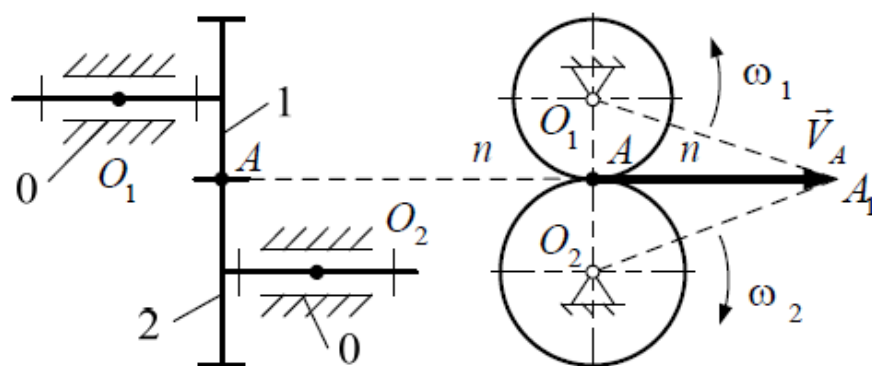
К такому виду относятся:

- цевочные механизмы;
- цилиндрические механизмы;
- торцевые механизмы;
- реечные механизмы.

Цилиндрический зубчатый механизм – это зубчатый механизм с параллельными геометрическими осями колес, которые имеют начальные цилиндрические поверхности.

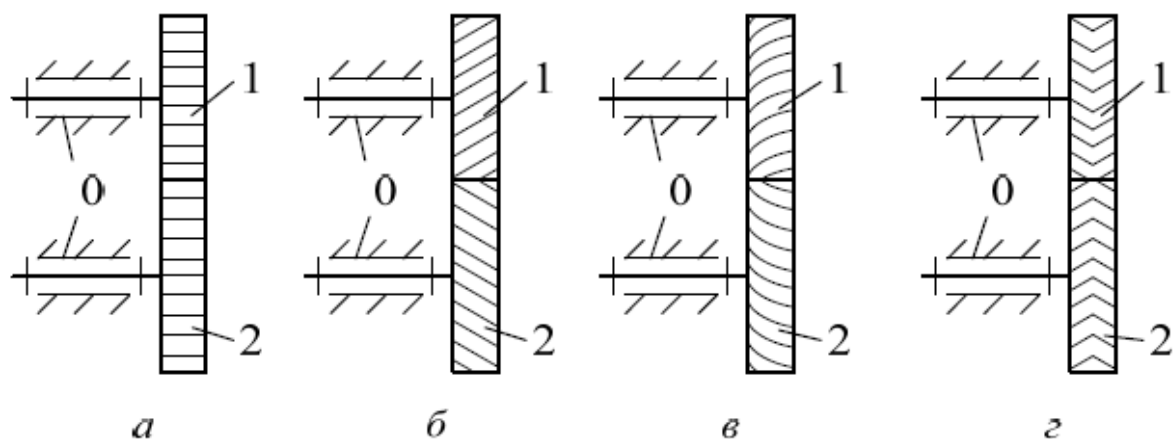
Для простых цилиндрических зубчатых механизмов характерно наличие двух видов зацепления: внешнего и внутреннего.

Внешнее зацепление – это вид зацепления цилиндрических зубчатых колес, в котором геометрические центры этих колес лежат по разные стороны относительно нормали $n - n$ к линии центров прямой $O_1 O_2$, проведенной через полюс зацепления (рисунке 3.1).



Рисунке 3.1 – Схема простого зубчатого механизма с внешним зацеплением

Наибольшее распространение получили прямозубые цилиндрические зубчатые механизмы, т.е. механизмы, образованные зубчатыми колесами с прямой линией зубьев (рисунке 3.2, а). Однако прямозубые цилиндрические зубчатые механизмы работают при небольших (меньше 3 м/с) или средних (от 3 до 15 м/с) окружных скоростях и их нагрузочная способность пропорциональна габаритным размерам.



Рисунке 3.2 – Схема форм линии зуба простых зубчатых механизмов

Повышение нагрузочной способности при сохранении габаритов обеспечивается формированием цилиндрических зубчатых механизмов с зубчатыми колесами, имеющими косую (рисунке 3.2, б) или криволинейную линию зубьев (рисунке 3.2, в). Данные виды цилиндрических зубчатых механизмов работают при средних (от 3 до 15 м/с) или больших (выше 15 м/с) окружных скоростях и имеют существенных недостаток: появление в процессе работы дополнительных осевых усилий. Исключить данный недостаток позволяют шевронные цилиндрические зубчатые механизмы (рисунке 3.2, г), которые обладают более высокой нагрузочной способностью, что является следствием увеличения площади контакта зубьев колес.

В процессе выполнения бакалаврской работы было решено использовать плоские зубчатые механизмы с зубчатыми колесами, имеющими прямую линию зубьев.

3.2 Кинематический анализ

Для решения задач кинематического анализа воспользуемся характерными точками механизма, в качестве которых выбираем геометрические центры кинематических пар. Скорости остальных точек определим, используя свойства годографов скоростей. Под годографом скоростей точек звена механизма понимается прямая, проходящая через вершину вектора скорости характерной точки и мгновенный центр скоростей данного звена.

Скорость точки А, принадлежащей колесу 1 простого зубчатого механизма (рисунке 3.1), в формуле (3.1)

$$V_A = \omega_1 * \frac{d_1}{2} \quad (3.1)$$

где d_1 – делительный диаметр колеса 1.

Скорость точки А, принадлежащей колесу 2 простого зубчатого механизма, в формуле (3.2)

$$V_A = \omega_2 * \frac{d_2}{2} \quad (3.2)$$

где $2 d$ – делительный диаметр колеса 2.

Независимо от вида зацепления, контакт зубчатых колес происходит вполносе зацепления, а из основной теоремы зацепления следует равенство скоростей точек сопряженных профилей(3.3):

$$\omega_1 * \frac{d_1}{2} = \omega_2 * \frac{d_2}{2} \quad (3.3)$$

преобразовав, получаем формулу прямого передаточного отношения (3.4)

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{d_1}{d_2} = \pm \frac{z_2}{z_1} \quad (3.4)$$

Знак «–» означает, что входное и выходное звенья цилиндрического зубчатого механизма с внешним зацеплением вращаются в разных направлениях, т. е. происходит смена направления вращения на выходном звене по сравнению с направлением вращения на входном звене. Знак «+» в выражении говорит, что входное и выходное звенья цилиндрического зубчатого механизма с внутренним зацеплением вращаются в одном направлении, т. е. смены направления вращения на

выходном звене, по сравнению с направлением вращения на входном звене, не происходит.

3.3 Зубчатый механизм транспортной ленты

Для передачи крутящего момента от вала двигателя на ось транспортной ленты был использован зубчатый механизм, включающий в себя два зубчатых колеса.

Зубчатый механизм, модель которого представлена на рисунке 3.3, состоит из двух разноразмерных зубчатых колес. Малое ведущее зубчатое колесо, имеет 24 зубца. Большое зубчатое колесо имеет 88 зубцов.

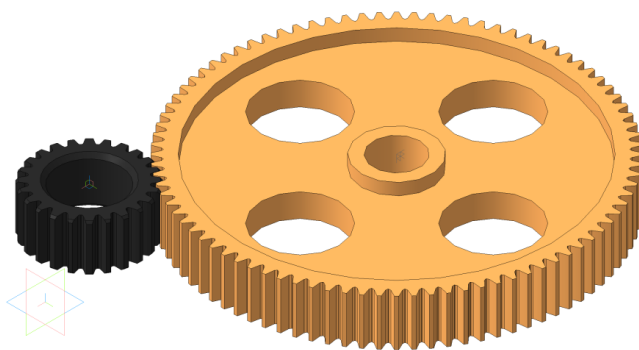


Рисунок 3.3 – Модель зубчатого механизма

3.3.1 Кинематический анализ транспортной ленты

Во время разработки транспортной ленты был проведен кинематический анализ зубчатого механизма, передающий крутящий момент от вала двигателя на ось транспортной ленты. Результаты проведенных расчётов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Геометрический расчёт цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} копесо	Ведомое ^{*2} копесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	24	88
Модуль, мм	m_n	5	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Исходный контур	–	ГОСТ 13755-81	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	k_a^*	1	
Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0,25	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0,38	
Ширина зубчатого венца, мм	b	60	60
Коэффициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	–	7-C	7-C
Определяемые параметры			
Передаточное число	u	3,667	
Межосевое расстояние, мм	a_w	$280^{+0,028}_{-0,18}$	
Делительный диаметр, мм	d	120	440
Диаметр вершин зубьев, мм	d_a	130	450
Диаметр впадин зубьев, мм	d_f	107,5	427,5
Начальный диаметр, мм	d_w	120	440
Основной диаметр, мм	d_b	112,763	413,465
Угол зацепления	α_w	20°00'00"	

Контролируемые и измерительные параметры			
Постоянная хорда, мм	$\bar{a}_t$	6,935	6,935
Высота до постоянной хорды, мм	$\bar{h}_t$	3,738	3,738
Радиус кривизны разноимённых профилей зуба в точках, определяющих постоянную хорду, мм	ρ_z	24,211	78,935
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм	ρ_p	6,958	63,422
Условие $\rho_z > \rho_p$ (возможность измерения постоянной хорды)	—	выполнено	выполнено
Число зубьев в длине общей нормали	z_{nr}	3	10
Длина общей нормали, мм	W	$38,582_{-0,14}^{+0,07}$	$146,389_{-0,24}^{+0,12}$

Продолжение таблицы 3.1

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{а1} копесо	Ведомое ^{а2} копесо
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках, определяющих длину общей нормали, мм	R_w	19,291	73,194
Радиус кривизны профиля в точке на окружности вершин, мм	R_a	32,344	88,807
Условие $R_p < R_w < R_a$ (возможность измерения длины общей нормали)	—	выполнено	выполнено
Диаметр измерительного ролика, мм	D	9	9
Угол профиля на окружности, проходящей через центр ролика	α_D	24°48'43"	21°33'28"
Диаметр окружности, проходящей через центр ролика, мм	d_D	124,231	444,563
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках контакта поверхности ролика с главными поверхностями зубьев, мм	R_m	21,566	77,175
Условие $R_p < R_m < R_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Размер по роликам, мм	M	$133,231^{+0,187}_{-0,334}$	$453,563^{+0,327}_{-0,853}$
Условие $d_D + D > d_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Условие $d_D - D > d_f$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба по делительной окружности, мм	s_n	7,854	7,854
Проверка качества зацепления по геометрическим показателям			
Коэффициент наименьшего смещения	x_{min}	-0,404	-4,147

Условие отсутствия подрезания исходной производящей зуба $x \geq x_{min}$	—	выполнено	выполнено
Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба, мм	ρ_f	5,902	60,625
Условие отсутствия подрезания $\rho_f \geq 0$	—	выполнено	выполнено
Условие отсутствия интерференции $\rho_f \leq \rho_p$	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин, мм	s_{na}	3,578	4,013
Минимально рекомендованное значение толщины зуба на поверхности вершин при нормальной упругости зубьев, мм	$0,4 \cdot m_n$	2	
Условие отсутствия заострения $s_{na} \geq 0,4 \cdot m_n$	—	выполнено	выполнено
Удельное скольжение профилей зубьев в нижних точках активных профилей зубьев	θ_p	-2,4807	-0,86992
Коэффициент торцового перекрытия	ε_a	1,72	
Рекомендованное значение коэффициента торцового перекрытия	—	1,2	
Коэффициент перекрытия	ε_f	1,72	

3.4 Зубчатый механизм транспортной ленты

Для передачи крутящего момента от вала двигателя на ось транспортной ленты был использован зубчатый механизм, включающий в себя два зубчатых колеса.

Зубчатый механизм, модель которого представлена на рисунке 3.4, состоит из двух разноразмерных зубчатых колес. Малое ведущее зубчатое колесо, имеет 12 зубцов. Большое зубчатое колесо имеет 72 зубца.

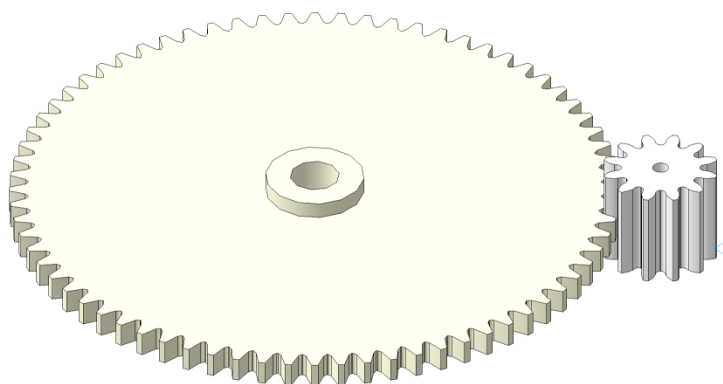


Рисунок 3.4 – Модель зубчатого механизма

3.4.1 Кинематический анализ барабанного склада

Во время разработки барабанного склада был проведен кинематический анализ зубчатого механизма, который передает крутящий момент от вала двигателя на ось барабанного склада.

Результаты проведенных расчётов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Геометрический расчёт цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{z1} копесо	Ведомое ^{z2} копесо
Исходные данные			
Число зубьев	z_1, z_2	12	72
Модуль, мм	m_n	5	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Исходный контур	–	ГОСТ 13755-81	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1	
Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0,25	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0,38	
Ширина зубчатого венца, мм	b	60	60
Коэффициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	–	7-C	7-C
Определяемые параметры			
Передаточное число	u	6	
Межосевое расстояние, мм	a_w	$210^{+0,028}_{-0,14}$	
Делительный диаметр, мм	d	60	360
Диаметр вершин зубьев, мм	d_a	70	370

Диаметр впадин зубьев, мм	d_f	47,5	347,5
Начальный диаметр, мм	d_w	60	360
Основной диаметр, мм	d_b	56,382	338,289
Угол зацепления	α_w	20°00'00"	
Контролируемые и измерительные параметры			
Постоянная хорда, мм	$\bar{s}_c$	6,935	6,935
Высота до постоянной хорды, мм	$\bar{h}_c$	3,738	3,738
Радиус кривизны разноимённых профилей зуба в точках, определяющих постоянную хорду, мм	ρ_s	13,951	65,254
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм	ρ_p	-3,11	51,081
Условие $\rho_s > \rho_p$ (возможность измерения постоянной хорды)	—	выполнено	выполнено
Число зубьев в длине общей нормали	z_{Wf}	2	9
Длина общей нормали, мм	W	$22,981_{-0,125}^{+0,055}$	$130,508_{-0,21}^{+0,11}$

Продолжение таблицы 3.2

Наименование и обозначение параметра		Ведущее ^{*1} копесо	Ведомое ^{*2} копесо
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках, определяющих длину общей нормали, мм	ρ_w	11,491	65,254
Радиус кривизны профиля в точке на окружности вершин, мм	ρ_a	20,743	74,934
Условие $\rho_p < \rho_w < \rho_a$ (возможность измерения длины общей нормали)	—	выполнено	выполнено
Диаметр измерительного ролика, мм	D	9	9
Угол профиля на окружности, проходящей через центр ролика	α_D	28°07'26"	21°52'20"
Диаметр окружности, проходящей через центр ролика, мм	d_D	63,93	364,529
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках контакта поверхности ролика с главными поверхностями зубьев, мм	ρ_m	10,568	63,401
Условие $\rho_p < \rho_m < \rho_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Размер по роликам, мм	M	72,93 ^{0,117} _{0,285}	373,529 ^{0,285} _{0,584}
Условие $d_D + D > d_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Условие $d_D - D > d_f$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба по делительной окружности, мм	s_n	7,854	7,854
Проверка качества зацепления по геометрическим показателям			
Коэффициент наименьшего смещения	x_{min}	0,298	-3,211
Условие отсутствия подрезания зуба $x \geq x_{min}$	—	не выполнено	выполнено
Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба, мм	ρ_f	-4,358	46,945
Условие отсутствия подрезания $\rho_f \geq 0$	—	не выполнено	выполнено
Диаметр положения нижней точки активного профиля зуба, мм	d_p	56,724	353,379

Диаметр положения точки пересечения эвольвенты с переходной кривой профиля зуба, мм	d_{II}	56,514	351,077
Угол положения нижней точки активного профиля	α_p	6°17'41"	16°48'15"
Угол положения точки пересечения эвольвенты с переходной кривой профиля зуба	α_{II}	3°54'58"	15°30'42"
Условие нахождения передачи в границах $\alpha_p > \alpha_{II}$	—	выполнено	выполнено
Условие отсутствия интерференции $\rho_I \leq \rho_p$	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин, мм	s_{na}	3,104	3,972
Минимально рекомендованное значение толщины зуба на поверхности вершин при нормальной поверхностном упрочнении зубьев, мм	$0,4 \cdot m_n$	2	
Условие отсутствия заострения $s_{na} \geq 0,4 \cdot m_n$	—	выполнено	выполнено
Удельное скольжение профилей зубьев в нижних точках активных профилей зубьев	θ_p	5,01625	-1,4365
Коэффициент торцового перекрытия	ε_a	1,616	
Рекомендованное значение коэффициента торцового перекрытия	—	1,2	
Коэффициент перекрытия	ε_{γ}	1,616	

Заключение

В результате проделанной работы были получены следующие результаты:

- собрана конструкция стенда «Автоматизированная транспортно-складская система»;
- собраны конструкции компонентов стенда: кран-манипулятор, конвейер, барабанный склад;
- при окончании разработки крана-манипулятора были получены конструкции и модели: захватного устройства, крана, системы перемещения крана по горизонтальной оси;
- были проанализированы виды существующих захватных устройств, что, в конечном итоге, привело к разработке захватного устройства с параллельным кинематическим механизмом скользящего типа;
- разработана конструкция крана стреловидного типа;
- разработаны и проанализированы зубчатые механизмы, используемые в конвейере и барабанном складе;
- вычислены параметры зубчатых механизмов.

Список использованных источников

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.1. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.; Машиностроение, 1982. – 736 с.: ил.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.3. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.; Машиностроение, 1980. – 557 с.: ил.
3. Безотходная технология в промышленности / Б.Н. Ласкорин, Б.В. Громов, А.П. Цыганков, В.Н. Сенин. – М.: Стройиздат, 1986. – 160 с.: ил.
4. Горохов В.А. Проектирование и расчёт приспособлений. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 298 с.
5. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.; Машиностроение, 1988. – 392 с.: ил.
6. Михайлов О.П., Стоколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. Учебник для вузов. – М.; Машиностроение, 1982. – 183 с.: ил.
7. Организационно-технологическое проектирование ГПС / В.О. Абзель, А.Ю. Звоницкий, В.Н. Каминский и др.; Под общ.ред. С.П. Митрофанова. Л.; Машиностроение, 1986. – 294 с.: ил.
8. Планирование гибких производственных систем / В.А. Петров, А.Н. Масленников, Л.А. Осипов. – Л.; Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 182 с.: ил.
9. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учебное пособие для технических вузов / Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов и др.; Под общ.ред. Ю.М. Соломенцева. – М.; Машиностроение, 1986. – 140 с.: ил.
10. Современные промышленные роботы: каталог / Под ред. Ю.Г. Козырева, Я.А. Шифрина. – М.; Машиностроение, 1984. – 152 с.: ил.
11. Роботизированные производственные комплексы / Ю.Г. Козырев, А.А. Кудинов, В.Э. Булатов и др.; Под общ.ред. Ю.Г. Козырева, А.А. Кудинова. – М.; Машиностроение, 1987. – 272 с.: ил.
12. Александров К. К., Кузьмина Е. Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.; Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.: ил.
13. Теория механизмов и машин. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон.
14. учеб. пособие / П. Н. Сильченко, М. А. Мерко, М. В. Меснянкин и др. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
15. Захватные устройства промышленных роботов. Учебное пособие / К.А. Украженко, Ю.В. Янчевский, А.А. Кулебякин, А.Ю. Торопов. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2007. – 83 с.
16. Условные графические обозначения в кинематических, гидравлических и пневматических схемах [Электронный ресурс]. URL: <http://diafilmy.su/1048-uslovnye-oboznacheniya.html> (дата обращения: 21.03.2016).

17. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М.; Энергоиздат, 1981. – 576 с.: ил.
18. Альбом по проектированию приспособлений. Учеб.пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / Б.М. Базаров, А.И. Сорокин, В.А. Губарь и др. – М.; Машиностроение, 1991. – 180 с.: ил.
19. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. – М.; Высш. школа, 1976. – 534 с.: ил.
20. Ратмиров В.А. Управление станками ГПС. – М.; Машиностроение, 1987. – 272 с.: ил.