

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

А.М. Сасов

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ»**

ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Электронное учебное издание

Сасов Анатолий Михайлович

Лабораторные работы 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»

Филиал «Протвино»
государственного университета «Дубна»
142281 г. Протвино Московской обл.,
Северный проезд, д. 9

Протвино
2016

ББК 30
С20

Рецензент:
главный инженер Специального конструкторского бюро
института космических исследований РАН
А.Н. Наумов

3. Автоматическая загрузка технологических машин: справочник / И.С. Бляхеров, Г.М. Варьяш, А.А. Иванов и др. / под общ. ред. И.А. Клусова. — М. : Машиностроение, 1990. — 400 с. : ил.
4. Патент № 2100782 РФ — Расходомер сыпучих материалов / А.М. Сасов — 1997.
5. Патент № 2117254 РФ. — Расходомер Сасова / А.М. Сасов — 1998.
6. Патент № 2116143 РФ. — Электровибрационное устройство / А.М. Сасов — 1998.

Сасов, А.М
С20 Лабораторные работы по дисциплине «Технические средства автоматизации»: электронное методическое пособие / А.М. Сасов. — Протвино, 2016. — 67 с.

В методическом пособии изложен теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Технические средства автоматизации», а также приводится методика выполнения лабораторных работ.

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

ББК 30

3. Результаты измерений частоты и амплитуды колебаний чашки вибробункера, результаты взвешивания тиглей.

4. Сравнительный анализ режимов работы вибропитателя загруженного порошком кремния и сплава марки Cr38Ta15Si47EU, а также при работе вибропитателя с пустой чашкой.

5. Комментарии к причинам изменения скорости расхода порошковых материалов с различной удельной плотностью вещества.

6. Оформленный дневник проведения лабораторной работы сдать на проверку.

4.7 Контрольные вопросы

1. Что такое измерительные преобразователи?
2. Каковы характерные особенности параметрических и генераторных датчиков?
3. Каковы назначение и области применения бункерных грузочных устройств?
4. Какие принципы заложены в работу вибробункерных устройств?
5. Как влияет изменение массы расходуемого материала на стабильность скорости истечения порошка из бункера?
6. Как влияет на работу вибробункера изменение удельной плотности вещества порошка?
7. Под действием, каких сил порошок поднимается по лотку вибробункера вверх?
8. Какие физические явления используются в датчиках вибрации?
9. В чем разница между грузочными бункерами и магазинами?

4.8 Библиографический список

1. Основы автоматизации машиностроительного производства: учеб. пособ. для машиностроит. спец. / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др. / под ред. Ю.М. Соломенцева. — 3-е изд. — М. : Высш. Шк., 2001. — 312с. : ил.
2. Черпаков, Б.И. Автоматизация и механизация производства: учеб. пособ. для студ. / Б.И. Черпаков, Л.И. Вереина. — М. : Академия, 2004. — 384с. : ил.

Оглавление

Введение	5
Основные термины и определения.....	7
Лабораторная работа № 1. Ременные передачи в автоматизированных системах	10
1.1 Цель работы	10
1.2 Задание.....	10
1.3 Теоретические сведения	11
1.3.1 Ременные передачи для машиностроения	11
1.3.2 Зубчатые ременные передачи	16
1.3.3 Расчет передачи зубчатым ремнем	18
1.4 Оборудование.....	20
1.5 Последовательность выполнения работ	22
1.6 Содержание отчета о выполненной работе	23
1.7 Контрольные вопросы	23
1.8 Библиографический список	24
Лабораторная работа № 2. Приводные муфты для автоматизированного оборудования.....	25
2.1 Цель работы	25
2.2 Задание.....	25
2.3 Теоретические сведения	25
2.3.1 Машиностроительные приводные муфты.....	25
2.3.2 Расчетный крутящий момент муфты	31
2.3.3 Расчет муфт типа МУВП	31
2.3.4 Расчет муфт со срезаемым штифтом	32
2.3.5 Конструкция и расчет параметров фрикционных муфт.....	32
2.3.6 Эксплуатация фрикционных муфт серии ЭТМ	35
2.4 Оборудование.....	37
2.5 Последовательность выполнения работ	37
2.6 Содержание отчета о выполненной работе	38
2.7 Контрольные вопросы	39
2.8 Библиографический список	39
Лабораторная работа № 3. Цикловое программное управление технологическим оборудованием.....	40
3.1 Цель работы	40
3.2 Задание.....	40
3.3 Теоретические сведения	41
3.3.1 Принцип работы цикловых программных устройств	41

3.4 Оборудование	46
3.5 Последовательность выполнения работ	49
3.6 Содержание отчета о выполненной работе	50
3.7 Контрольные вопросы	50
3.8 Библиографический список	51
Лабораторная работа № 4. Автоматизированные бункерные загрузочные устройства	51
4.1 Цель работы	51
4.2 Задание	51
4.3 Теоретические сведения	52
4.3.1 Бункерные загрузочные устройства	52
4.3.2 Вибрационные бункерные загрузочные устройства	55
4.3.3 Принцип работы вибрационного питателя	56
4.3.4 Датчики вибрации колебательных движений	57
4.3.5 Электровибрационный питатель для сыпучих материалов	61
4.4 Оборудование	63
4.5 Последовательность выполнения работ	64
4.6 Содержание отчета о выполненной работе	65
4.7 Контрольные вопросы	66
4.8 Библиографический список	66

пьютере и распечатать к началу работы в соответствии с полученным заданием.

4. Включить питание вибробункера. Задатчиком резонанса настроить в режиме резонанса колебательную систему не загруженного бункера. Амплитуду и частоту колебаний измерить осциллографом и записать в журнал. Питание бункера отключить.

5. Засыпать порошок кремния в бункер. Включить питание вибробункера, произвести измерения частоты и амплитуды колебания загруженной чашки вибрационного устройства. Полученные результаты сравнить с предыдущими измерениями, и сформулировать по итогам сравнения, выводы. Задатчиком скорости амплитуды вибрации установить скорость истечения порошка из бункера 3 г/мин. Питание бункера отключить. При выполнении регулировочных работ с вибропитателем, загруженным порошком, под расходный патрубок ставить чашку Петри.

6. Заменить чашку Петри тиглями. Включить питание вибробункера, одновременно включить секундомер, и в течение 30 секунд заполнять порошком тигль, после чего вибробункер выключить.

7. Взвесить массу наполненного порошком тигля. Результаты взвешивания записать и произвести расчет скорости выдачи порошка кремния вибропитателем.

8. Удалить из бункера оставшийся порошок кремния и протереть внутреннюю его поверхность бязевой салфеткой смоченной бензином.

9. Повторить переходы с 3 по 7 включительно, заменив порошок кремния порошком сплава марки Cr38Ta15Si47EU

10. Провести сравнительный анализ работы вибробункера при загрузке порошковыми материалами с различной удельной плотностью вещества. Результаты анализа изложить в отчете.

11. Со всеми вопросами, возникающими в процессе проведения лабораторной работы сразу же обращаться к преподавателю или лаборанту.

4.6 Содержание отчета о выполненной работе

1. Кинематическая схема стенда «Автоматизированное бункерное загрузочное устройство» и краткое описание принципа его работы.

2. Описание методики подготовки к работе вибрационного загрузочного устройства.

В качестве электропривода в стенде использован двигатель последовательного возбуждения. Неразъемное соединение вала двигателя с исполнительным механизмом обеспечивает работу электродвигателя всегда только под нагрузкой. Поэтому исключается холостой ход и соответственно исключается вероятность его перехода в режим, приводящий к «разносу» двигателя.

Стенд работает следующим образом. Включив двигатель, платформу перемещают в одно из крайних положений, до срабатывания концевого микропереключателя. Загружают в чашку бункера порошковый материал. Поместив под расходный патрубок чашку Петри, включают вибробункер и производят настройку колебательной системы на резонансную частоту, контроль ведут по максимальному показанию индикатора резонанса. Затем задав скорость выдачи бункером порошкового материала, выключают вибробункер. Чашку Петри убирают и на ее место ставят тигли, рис. 4.7. Включают подачу порошка в тигель, после его заполнения отключают вибробункер и включив электропривод перемещают платформу к следующему тиглю. После заполнения последнего тигля, платформа воздействует на концевой микропереключатель, он включает реле, которое сработав, обеспечивает двигателю реверсивный ход. Достигнув противоположного конца направляющих, вся система управления, переходит в режим ожидания. Заменяв загруженные тигли пустыми, можно начинать загрузку следующей партии тиглей.

Для проведения работы используются также осциллограф С-1-90, весы лабораторные марки ВЛР-200, секундомер, тигли емкостью 30—40 мл — 6шт, чашки Петри Ø110 мм — 4шт. А так же материалы: порошок кремния; порошок сплава марки Cr38Ta15Si47EU — обозначение марки сплава приведено по нормам ЕС, бязевая салфетка, бензин марки «Галоша» ГОСТ 1012-82.

4.5 Последовательность выполнения работ

1. С помощью преподавателя или лаборанта ознакомиться с конструкцией и принципом работы стенда «Автоматизированное бункерное загрузочное устройство».

2. Составить кинематическую схему стенда «Автоматизированное бункерное загрузочное устройство»

3. Подготовить к работе осциллограф, весы, инструменты, порошковый материал и рабочий дневник. Дневник оформить на ком-

Введение

Технические средства автоматизации, как учебная дисциплина, связана с изучением конструкции и принципов работы автоматических устройств функционирующих в комплекте единичного оборудования или в составе автоматических линий. Механизмы автоматического управления технологическим оборудованием строятся на основе гидравлических, пневматических, механических, электрических и электронных систем.

Автоматизация любого процесса начинается с систем программного управления. Они осуществляют управление технологическим оборудованием и включают в себя комплекс всех его элементов: рабочие операции, загрузку—выгрузку заготовок и изделий, их базирование и закрепление, контроль, межоперационное хранение и другие процессы. Поэтому для успешного проектирования автоматических систем необходимы практические навыки работы с различными видами технических средств автоматизации.

Лабораторные работы по техническим средствам автоматизации технологических процессов выполняются с целью закрепления полученных на теоретических занятиях знаний, а также изучения конструкций, кинематических схем и способов регулирования параметров наиболее часто встречающихся средств автоматизации. Выполнение лабораторных работ предполагает получение практических навыков обращения с конкретными конструкциями средств автоматизации. Некоторые работы требуют элементов творческого подхода и умения анализировать полученные экспериментальные данные, а также умения делать выводы по результатам конкретного проведенного исследования.

Проведение Лабораторных работ в Высших учебных заведениях осуществляется согласно традиционно установившемуся порядку. Его суть, заключается в том, что используют стандартное специализированное технологическое оборудование. Которое, как правило, энергоемкое, требует особых мер безопасности при эксплуатации, сложно в обслуживании и поддержании в рабочем состоянии, занимает много места.

Кроме этого, выполнение основного задания лабораторной работы сопряжено со значительными затратами времени на побочные, вспомогательные действия и манипуляции с механизмами обес-

печивающими функционирование оборудования. В большинстве случаев они не имеют прямого отношения к содержанию задания. В условиях ограниченного учебной программой времени это снижает эффективность учебного процесса.

В связи с этим нами реализован инновационный подход, суть которого заключается в том, что предлагается использовать специально разработанные конструкции учебных стендов состоящих только из узлов и механизмов, имеющих непосредственное отношение к выполнению задания лабораторной работы. Низкое напряжение питания электроприводов (24 В) и не большие их мощности обеспечивают полную безопасность выполнения работ. Отсутствие вспомогательных устройств позволяет минимизировать непроизводительные затраты времени.

При этом содержание лабораторных работ полностью соответствует учебным программам дисциплины «Технические средства автоматизации». Это позволяет укладываться в регламент, определяемый учебными программами в рамках изучаемой дисциплины, и способствует повышению качества обучения.

Одной из дополнительных задач, которые решаются в процессе проведения лабораторных работ, является обучение студентов правильно вести Рабочий журнал. Профессионализм инженера заключается не только в принятии грамотных научно-технических решений, но и в умении считывания, хранения и обработки информации.

Результаты измерений любого эксперимента являются первичными данными и представляют особую ценность. Следует твердо запомнить, что эти данные не должны исправляться, их необходимо фиксировать, так как они есть, потому, что не всегда можно воспроизвести условия эксперимента заново. Если возникли сомнения в правильности эксперимента, его следует повторить и получить новые данные, но не исправлять старые результаты.

Студентам при выполнении лабораторных работ необходимо быть внимательным и аккуратным, не отвлекаться самому и не отвлекать других посторонними разговорами. После окончания работы убрать рабочее место, сдать инструмент, инструкции и методические пособия.

Выдавая задание студенту, преподаватель, по своему усмотрению, выбирает варианты из списка заданий предваряющего каждую

зом, положение резонанса является результатом одновременного воздействия сигналов от датчика вибрации и от задатчика резонанса на времязадающую ячейку генератора импульсов. Установившийся режим обеспечивает стабильную работу вибробункера без последующих ручных регулировок.

4.4 Оборудование

Лабораторная работа проводится на стенде «Автоматизированное бункерное загрузочное устройство» рис.4.7. Принцип его работы следующий. Вращающий момент с якоря электродвигателя 1 через муфту Кардана 2 передается на вход червячного редуктора 3, выходной вал которого, представляет собой ходовой винт 4, изготовленный из стали марки 40ХГ, на котором находится гайка 5, изготовленная из бронзы марки БрО10Ф1. Гайка жестко соединена с тягой 6 закрепленной на платформе 7. Платформа перемещается в горизонтальной плоскости по направляющим линейного шарикоподшипника 8. Расстояние при движении платформы ограничивается концевыми микропереключателями 9, которые управляют работой реле 10. Тигли 11, предназначенные для заполнения сыпучим материалом, располагают на поверхности одной из направляющих, в которых перемещается платформа с установленным на ней бункерным загрузочным устройством 12. Управление движением платформы осуществляют включателем 13.

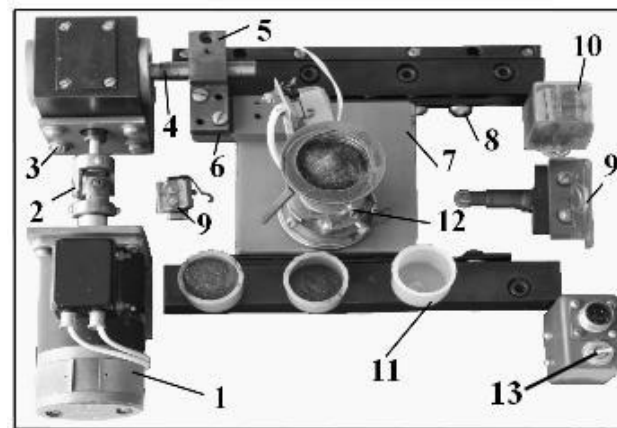


Рис. 4.7. Стенд «Автоматизированное бункерное загрузочное устройство»

Электровибрационное устройство работает следующим образом. В момент его включения колебательная система вибробункера 1 с чашкой, загруженной расходуемым сыпучим материалом, находится в состоянии покоя. На выходе датчика вибрации 3 в это время сигнал отсутствует и, соответственно, его нет на выходах усилителя 4 и сглаживающего фильтра 5. Режим работы регулирующего элемента 6, который представляет собой усилитель тока, задан таким, что при отсутствии сигнала на входе ток на его выходе имеет наибольшую величину.

В этом случае частота следования импульсов, вырабатываемых управляемым генератором импульсов 8, задается параметрами его внутренней ячейки и величиной тока, поступающего на вход управления частотой. Чем больше ток, тем больше частота, и наоборот.

С выхода генератора импульсы подаются на вход коммутирующего элемента 10, выполненного на транзисторе, в коллекторную цепь которого последовательно включен задатчик амплитуды вибрации 11, и катушка вибрационного электромагнита 2. Под воздействием импульсов колебательная система приходит в движение. На выходе датчика 3 появляется сигнал, который поступает на усилитель 4, а затем сглаживающим фильтром 5 преобразуется в постоянный ток, который подается на вход регулирующего элемента 6, и с его выхода поступает на вход управления частотой генератора импульсов. В результате частота генерируемых импульсов изменяется. Момент резонанса определяют по показанию индикатора резонанса 7. Таким образом, положение резонанса является результатом одновременного воздействия сигналов от датчика вибрации и от задатчика резонанса на времязадающую ячейку генератора импульсов.

База транзистора 11 подключена к интерфейсу. В него же подается сигнал из задатчика резонанса. Программа ЭВМ сравнивает запрограммированную величину сигнала, с сигналом, поступающим из задатчика резонанса. В результате вырабатывается сигнал, управляющий транзистором 11, который открывается или закрывается, изменяя тем самым амплитуду колебания чашки вибробункера. Таким образом, осуществляется автоматическое управление процессом подачи порошкового материала.

Настройка генератора в резонанс с колебательной системой вибробункера производится с помощью задатчика резонанса 9, который включен во времязадающую ячейку этого генератора. Момент резонанса определяют по показанию индикатора резонанса 7. таким обра-

бот. Лабораторную работу. Учитывая сложность заданий, каждая работа выполняется бригадой в составе 3—4 человек.

Основные термины и определения

Технические средства автоматизации могут быть встроенными в технологическое оборудование и составлять с ним единое целое либо представляют собой самостоятельную конструкцию в виде легко сменяемого узла или блока. Это могут быть устройства, автоматизирующие технологическую настройку станка, автоматизирующие закрепление заготовок и съем обработанных деталей, приборы и механизмы активного контроля в процессе обработки, устройства, автоматизирующие технологические циклы обработки — механического, электромеханического, пневматического, гидравлического и комбинированного действия.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, полезно освежить в памяти некоторые термины и определения основных компонентов систем автоматизации

Машина — устройство, преобразующее один вид энергии в другой, либо один вид движения в другой, или один вид информации преобразует в другой вид информации.

Рабочий цикл машины — интервал времени, через который повторяется одна и та же операция.

Рабочий ход — движение, которое производит непосредственное технологическое действие на обрабатываемую заготовку.

Вспомогательный ход — движения механизмов, которые служат для подготовки условий, необходимых для выполнения рабочего хода.

Мягкая характеристика электродвигателя — такой режим работы двигателя, когда он под нагрузкой сильно снижает свои обороты.

Жесткая характеристика электродвигателя — когда двигатель незначительно снижает свои обороты под нагрузкой.

Механическая передача — механизм, служащий для передачи механической энергии от двигателя до исполнительного механизма.

Редуктор (демультипликатор) — устройство понижающее частоту вращения.

Ускоритель (мультипликатор) — устройство повышающее частоту вращения.

Вариатор — механизм, обеспечивающий бесступенчатое изменение частоты вращения ведомого вала.

Ток возбуждения — ток в статорной обмотке электродвигателя, причем изменение магнитного потока статора, пропорционального току статора, что обеспечивает возможность плавно изменять частоту вращения ротора электродвигателя.

Автоматический регулятор — устройство, предназначенное для автоматического регулирования каких либо величин в технологических объектах.

Датчик — это устройство, воспринимающее измеряемый физический параметр и преобразующее его в форму электрического сигнала удобного для дальнейшей обработки и использования.

Параметрический датчик — изменяет какой-либо из своих параметров под воздействием измеряемой величины и требует подключения к какому-либо внешнему источнику энергии — резистивные; индуктивные; емкостные, трансформаторные датчики.

Генераторный датчик — сам генерирует выходной сигнал и не требует подключения к внешнему источнику энергии — термоэлектрические, пьезоэлектрические датчики, тахогенераторные датчики частоты вращения.

Электроконтактные датчики — преобразуют механическое перемещение в замкнутое или разомкнутое состояние контактов, управляющих электрической цепью — микропереключатели, герконы.

Реостатный (потенциометрический) датчик — представляет собой реостат, движок которого движется под действием измеряемой неэлектрической величины. Входной величиной является механическое перемещение движка, а выходной величиной — изменение электрического сопротивления.

Тензодатчик — принцип работы основан на явлении тензоэффекта, заключающегося в изменении сопротивления проводников, проволочных или фольговых, при их механической деформации или электрической емкости у полупроводниковых датчиков. Тензодатчики способны измерять деформации порядка одного микрометра.

Датчик Холла — бесконтактный датчик магнитного поля, генерирующий на выходе разность потенциалов, пропорциональную величине магнитной индукции. Применяется в электронных реле, измерителях скорости движения объектов, преобразователях угла поворота, в системах промышленной электроники.

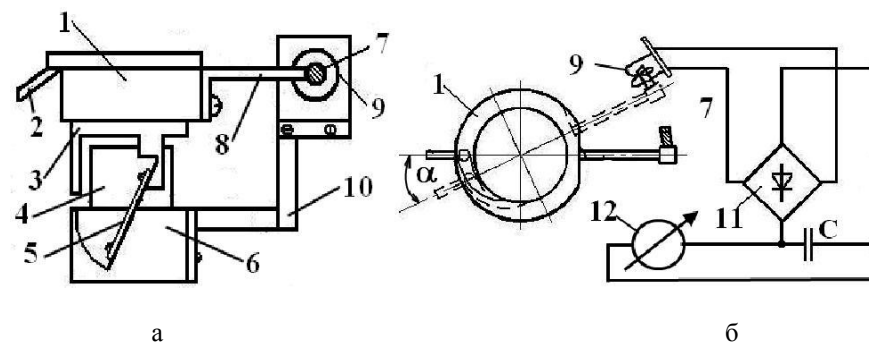


Рис. 4.5. Магнитоэлектрический расходомер

4.3.5 Электровибрационный питатель для сыпучих материалов

Электровибрационный питатель для сыпучих материалов состоит из электромагнитного вибратора, датчика вибрации бункера и электронной системы автоматического регулирования скорости выдачи сыпучих материалов.

Блок-схема электровибрационного устройства показана на рис.4.6 и содержит вибробункер 1, вибрационный электромагнит 2, датчик вибрации 3, усилитель 4, сглаживающий фильтр 5, регулирующий элемент 6, индикатор резонанса 7, управляемый генератор импульсов 8, задатчик резонанса 9, коммутирующий элемент 10, задатчик амплитуды вибрации 11, гнездо 12 для подключения электронного осциллографа.

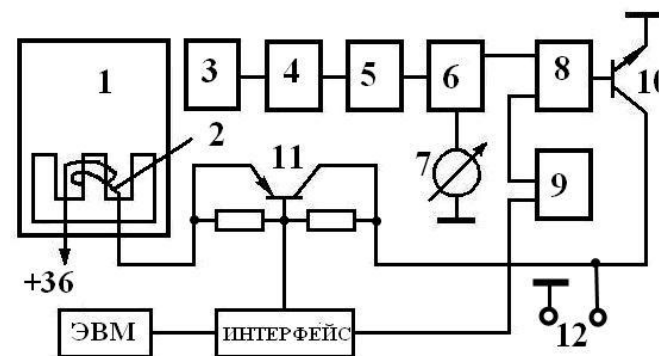


Рис. 4.6. Блок-схема электровибрационного устройства

Электрическая схема при этом не меняется, упрощается только конструкция датчика. Статорные пластины конденсатора — 1 устанавливаются неподвижно на основании устройства, а роторные пластины — 2 крепятся на чашке вибропитателя — 3. При колебательном движении чашки, роторная пластина совершает колебательные движения между статорными, изменяя тем самым емкость конденсатора. Конденсатор является частью колебательного контура — 2 генератора высокой частоты — 1, рис. 4.4, поэтому изменение индуктивности влечет за собой изменение частоты. Таким образом, происходит частотная модуляция несущей частоты — 6 МГц. Схема расходомера при этом не меняется.

Магнитоэлектрический расходомер сыпучих материалов. Расходомер содержит чашку 1 с расходным патрубком 2, которая закреплена на якоре 3, удерживаемом над электромагнитом 4 при помощи трех смещенных относительно друг друга на 120° плоских пружин 5, закрепленных на основании 6 наклонно относительно якоря 3. Постоянный магнит 7 установлен с помощью кронштейна 8 на чашке. Катушка индуктивности 9 на кронштейне 10 закреплена на основании виброустройства.

Расходомер работает следующим образом. При колебательном движении чашки 1 вибробункера постоянный магнит 7, закрепленный посредством штанги на этой чашке, погружается в катушку индуктивности 9, которая неподвижно установлена на основании вибробункера. Скорость расхода порошка зависит от амплитуды колебаний, т. е. от угла α . Чем больше амплитуда колебаний, тем больше глубина погружения магнита в катушку, тем большее число витков пересекается магнитным полем и тем больше величина электродвижущей силы, наводимой в катушке, и соответственно больше расход порошка и наоборот.

При обратном ходе постоянного магнита ЭДС на выходе катушки меняет свою полярность. Таким образом, на выходах катушки возникает переменное напряжение, которое передается на полупроводниковый выпрямитель 11.

Выпрямленное напряжение подается на измерительный прибор 12, проградуированный в единицах скорости подачи порошка г/сек. Величина измеряемого напряжения пропорциональна амплитуде колебаний чашки и поэтому является показателем скорости расхода сыпучего материала из чашки.

Оптоэлектронные датчики — преобразуют световой поток в электрический сигнал удобный для дальнейшей обработки и использования.

Тепловое реле — предназначено для защиты электрических цепей от перегрузок недопустимой длительности.

Автоматический контроль — это контроль изделия и (или) технологического процесса, при котором управление процессом осуществляется без непосредственного участия человека. Контроль может осуществляться путем оценки каждого в отдельности элемента контролируемого объекта (элементный контроль) или одновременной оценки комплекса элементов, определяющих его качество (комплексный контроль).

Цикловое программное управление (ЦПУ) — аналоговая система управления замкнутого типа, то есть состояние и положения механизмов объекта управления в начале рабочего цикла и в конце совпадают. Станки с ЦПУ применяют в условиях серийного, крупносерийного и массового производства деталей простых геометрических форм.

Числовое программное управление (ЧПУ) — это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами.

Бункерное загрузочное устройство — устройство для загрузки—выгрузки штучных заготовок, состоит из бункерно-ориентирующего механизма и автооператора, между которыми расположен накопитель.

Вибрационные машины — устройства, рабочим движением которых является вибрация, то есть колебания малой амплитуды и большой частоты. К вибрационным машинам относятся вибрационные конвейеры, вибрационные питатели, питатели-грохоты, вибрационные подъемники, вибрационные бункеры — дозаторы.

Вибрационное загрузочное устройство — в бункере загрузочного устройства, заготовки перемещаются и ориентируются за счет сил трения и инерции, возникающих благодаря направленным колебаниям бункера с высокой частотой и малой амплитудой.

Бункерные вибропитатели — по типу привода делятся на электромагнитные, пневматические, инерционные и эксцентриковые.

Ременная передача — передача трением с гибкой связью. Состоит из ведущего, ведомого шкивов и ремня, надетого на шкивы с пред-

варительным натяжением. В зависимости от формы поперечного сечения ремня передачи бывают: круглым ремнем, плоским ремнем, клиновым ремнем, поликлиновым ремнем и зубчатым ремнем.

Муфта — устройство, предназначенное для соединения двух валов, расположенных на одной оси или под углом друг к другу и передачи крутящего момента. Муфта передает механическую энергию без изменения ее величины.

Муфты электромагнитные — предназначены для дистанционного и автоматического управления приводами металлорежущих станков и других машин.

Лабораторная работа № 1. Ременные передачи в автоматизированных системах

1.1 Цель работы

Цель работы — формирование у студентов конструкторского подхода к особенностям использования ременных передач в контрольно-измерительных системах автоматизированного оборудования и робототехнических устройствах.

Освоение студентами практических навыков в работе с ременными передачами в автоматизированных технологических установках машиностроительного производства.

1.2 Задание

1. Провести классификацию ременных передач по форме поперечного сечения приводных ремней, описать области их применения.
2. Пользуясь измерительными инструментами и приборами измерить параметры элементов ременных передач и подготовить исходные данные необходимые для расчетов параметров ременной зубчатой передачи.

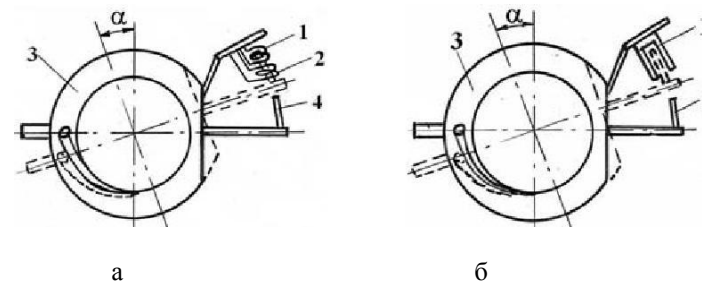


Рис. 4.3. Принцип частотного модулирования

При колебательном движении чашки, сердечник совершает колебательные движения в катушке, изменяя тем самым ее индуктивность. Катушка является частью колебательного контура — 2 генератора высокой частоты — 1, рис.4.4, поэтому изменение индуктивности влечет за собой изменение частоты. Таким образом, происходит частотная модуляция несущей частоты — 6 МГц. Чем больше угол, α тем больше девиация частоты, а, следовательно, больше скорость расхода порошка из вибрационного питателя.

Через катушку связи L 2, модулированный сигнал поступает в частотный детектор — 3, к выходу которого подключен усилитель тока — 4 и измерительный прибор. Прокалибровав его шкалу в единицах измерения массы можно контролировать скорость выдачи порошка из бункера.

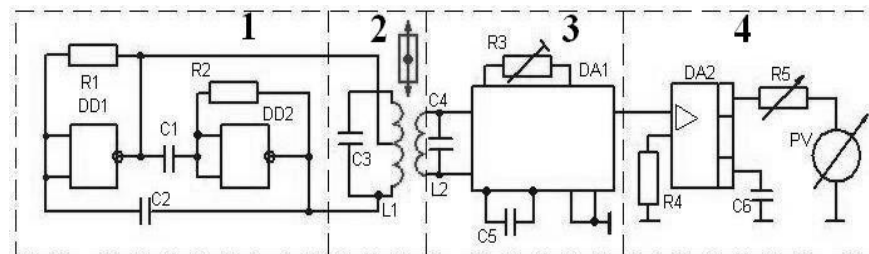


Рис. 4.4. Блок-схема расходомера с частотным модулированием

Другой способ частотной модуляции заключается в том, что вместо переменной индуктивности колебательного контура генератора можно использовать конденсатор переменной емкости, рис. 4.3 б.

ческий сигнал удобный для последующей обработки, в ЭВМ, используемой для управления технологическим процессом.

После подачи импульсов ток на обмотку электромагнита якорь начинает совершать колебательные движения. Под воздействием колебаний чашки порошковый материал по лотку, спирально расположенному на ее внутренней боковой поверхности, поднимается от дна к верхней кромке и через разгрузочный патрубок подается непосредственно в пресс-форму или в промежуточную технологическую тару.

Настройку колебательной системы в резонанс производят при изготовлении вибропитателя регулированием зазора между электромагнитом и якорем. Скорость расхода порошка оценивают по величине амплитуды напряжения, которое подают на электромагнит. Больше амплитуда — больше расход и наоборот. Максимальная амплитуда колебаний чашки получается в момент совпадения частоты собственных колебаний подвижной части вибробункера с частотой пульсирующего тока.

Однако при заполнении чашки расходуемым материалом ее масса увеличивается. Поэтому частота собственных колебаний вибропитателя уменьшается, в то время как частота импульсов тока остается всегда неизменной. В результате колебательная система выходит из резонанса, амплитуда колебаний чашки уменьшается и, как следствие, скорость подачи порошка падает. По мере освобождения чашки от порошка частота колебательной системы приближается к резонансу и расход порошка бесконтрольно увеличивается. Дальнейшее снижение массы приводит к тому, механическая система вновь выходит из режима резонанса. Вследствие чего расход порошка бесконтрольно уменьшается. Таким образом, в течение всего интервала времени работы питателя, его производительность постоянно изменяется. Поэтому необходимо этот параметр непрерывно измерять и осуществлять его регулирование. Для этого используются различные датчики расхода сыпучих материалов. Рассмотрим их устройство и принцип работы.

Датчик на основе частотного модулирования. Датчик расходомера, рис.4.3 а, состоит из катушек индуктивности 1,2 установленных на основании загрузочного устройства, неподвижно относительно колеблющейся чашки 3, и сердечника 4 закрепленного на чашке бункера.

3. Произвести расчеты модуля зубчатого ремня, рассчитать длину ремня, вычислить число зубьев ремня, рассчитать ресурс работы ремня при переменном режиме нагрузки передачи.

1.3 Теоретические сведения

1.3.1 Ременные передачи для машиностроения

Ременная передача относится к передачам трением с гибкой связью и может применяться для передачи движения между валами, находящимися на значительном расстоянии один от другого. Она состоит из двух шкивов, ведущего и ведомого, и охватывающего их ремня. Ведущий шкив, за счет сил трения возникающих на поверхности контакта шкива с ремнем вследствие его натяжения, приводит ремень в движение. Ремень, в свою очередь, заставляет вращаться ведомый шкив. Таким образом, мощность передается с ведущего на ведомый шкив.

Применение в ременных передачах эластичных ремней обеспечивает плавность и бесшумность работы этих передач. Благодаря возможности проскальзывания ремня ременные передачи одновременно защищают механизмы от динамических перегрузок. Исключение составляют ременные передачи зубчатыми ремнями, при использовании которых проскальзывание отсутствует. Приводные ремни могут передавать значительные нагрузки на относительно высоких скоростях. Они не требовательны в плане технического обслуживания, при этом коэффициент полезного действия ременной передачи может достигать 98 %.

Кинематические схемы ременных передач делятся на следующие виды: открытые передачи, перекрестные передачи, передачи со скрещивающимися валами, угловые передачи с направляющим роликом, передачи с нажимным роликом, передачи со ступенчатым шкивом.

По форме поперечного сечения ремня различают круглоременные, плоскоременные, клиноременные, поликлиновые передачи, а также передачи зубчатыми ремнями, которые занимают промежуточное положение между ременными и зубчатыми передачами, объединяя преимущества тех и других.

Таким образом, достоинствами ременных передач трением являются — простота конструкции и относительно малая стоимость. Отсутствие необходимости смазочной системы, плавность и бесшум-

ность работы; способность передавать мощность на значительные расстояния; возможность работы с высокими скоростями. Кроме этого, способность передачи предохранять механизм от резких изменений динамических и ударных нагрузок, за счет упругих свойств ремня и его способности пробуксовывать по шкивам.

К недостаткам ременной передачи трением следует отнести короткий срок службы ремней и относительно большие размеры конструкции передачи. Высокая радиальная нагрузка на валы и подшипники, нестабильность передаточного отношения, вызванная неизбежным проскальзыванием ремня, необходимость защиты элементов передачи от попадания на них масла.

Круглоременные передачи применяются в небольших машинах, как, например, в машинах швейной и пищевой промышленности, в настольных станках. Кроме этого в автоматическом измерительном оборудовании, в робототехнике, для передачи вращательного момента на тахогенератор. В этих передачах ставится один ремень. Круглоременная передача применяется для передачи небольших мощностей. Ремни изготавливают из резины, хлопчатобумажные, тканые прорезиненные или из кожи.

Плоскоременные передачи просты по конструкции и являются одним из старейших типов механических передач, работающих на принципе использования сил трения. Имеют самую продолжительную историю применения, по сравнению с другими типами ременных передач. На рис. 1.1 показан фрагмент станда, в конструкцию которого входят — ведущий шкив 1, установленный на валу электродвигателя 2, ведомый шкив 3, насаженный на червяке червячного редуктора с управляемой муфтой 4 и плоский ремень 5. Плоскоременные передачи широко применяются в механизмах и узлах различного рода техники — от небольших бытовых приборов до крупногабаритных сельскохозяйственных машин, в приводах ленточных конвейеров автоматических линий. Расчет плоскоременной передачи базируется на показателях тяговой способности.

где k — коэффициент трения скольжения материала поверхности перемещаемого объекта по поверхности лотка вибропитателя; a — ускорение получаемое перемещаемым объектом; g — ускорение свободного падения, которое при движении лотка вверх сила инерции заготовки $F_{ин}$ будет действовать в направлении противоположном движению. В результате силы трения превышают силы инерции $F_{тр} > F_{ин}$ и заготовка перемещается в пространстве вместе с лотком.

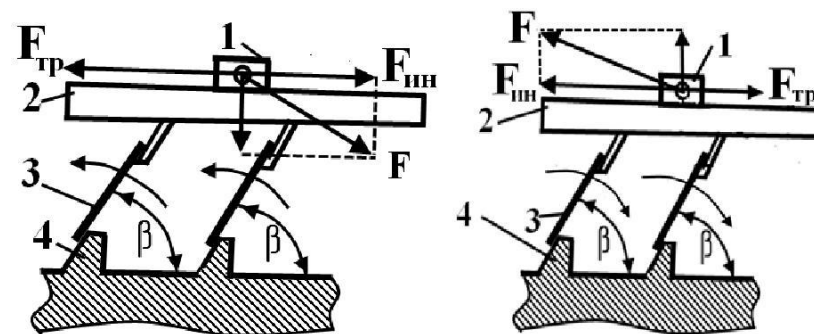


Рис. 4.2. Схема перемещения объекта в лотке вибропитателя

При ходе лотка вниз и назад сила инерции будет уменьшать давление заготовки на лоток и тем самым уменьшать силу трения, создавая условия для скольжения заготовки по лотку вперед, в результате $F_{ин} > F_{тр}$ и транспортируемый объект перемещается вверх по лотку. При этом способе движения в зависимости от ускорений лотка может существовать большое количество режимов движения заготовки как безотрывных, так и отрывных

$$F_{ин} = masin\beta.$$

4.3.4 Датчики вибрации колебательных движений

Стабильность эксплуатационных параметров загрузочных устройств, в процессе работы автоматизированных систем, способствует ритмичной работе производственных участков. Поэтому важным фактором является информация о потоке деталей или материалов перемещаемых этими загрузочными механизмами. Рассмотрим взаимосвязь работы вибрационных питателей с конструкцией датчиков, преобразующих механические колебания бункера, рис. 4.1 б, в электри-

якорь и расположены на основании относительно друг друга под углом 120° . Посредством винтов 5, они закреплены наклонно относительно вертикальной оси якоря.

При подаче на обмотку электромагнита импульса тока, якорь, под воздействием силы магнитного поля начинает двигаться вертикально вниз. Плоские пружины, на которых он закреплен, упруго деформируясь, поворачивают якорь в горизонтальной плоскости. Таким образом, результирующее движение от сложения этих двух сил представляет собой винтовое движение. После окончания действия импульса тока, магнитное поле исчезает, пружины возвращают якорь в исходное положение, который совершает вращательное движение, направленное в противоположном направлении. Таким образом, в системе электромагнит — упругие элементы — якорь, возникают колебательные движения с частотой соответствующей частоте следования импульсов тока.

На якорь закрепляется чашка — бункер 6 с расходным патрубком 7, на внутренней поверхности бункера выполнен спиральный лоток. Его угол подъема относительно горизонта составляет 8° . Заготовки или сыпучие материалы засыпаются в бункер и под действием вибрации, по лотку, поднимаются вверх и через расходный патрубок подаются в рабочую зону технологического оборудования.

4.3.3 Принцип работы вибрационного питателя

Существует несколько способов транспортирования заготовок по колеблющемуся лотку, которые бывают с несимметричным и с симметричным гармоничным законом колебательного движения лотка. В свою очередь, режимы движения заготовки по поверхности колеблющегося лотка можно разделить на две группы. Безотрывные, когда заготовка все время находится в контакте с лотком, и отрывные движения, при которых заготовка, часть каждого цикла, перемещается, не касаясь поверхности транспортирующего лотка. При несимметричном законе колебаний заготовка перемещается по лотку, как правило, в безотрывных режимах.

При симметричном законе колебательного движения лотка, ему сообщается гармоничное движение под углом β (рис. 4.2. а). Из формулы видно,

$$F_{\text{тр}} = km (g + a \cos \beta),$$

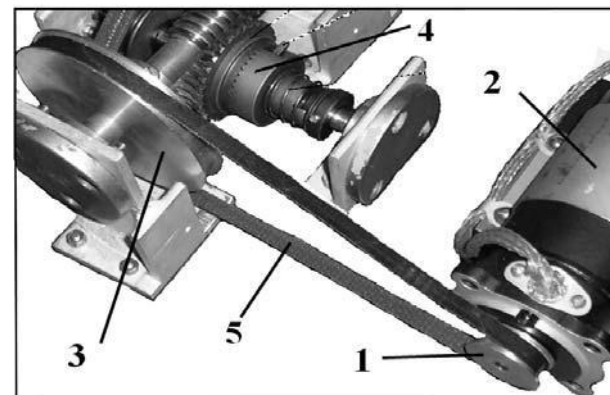


Рис. 1.1. Фрагмент стенда «Плоскоременная передача с управляемой муфтой»

Шкив состоит из ступицы и обода, причем плоскоременные шкивы имеют гладкую рабочую поверхность обода с шероховатостью $R_z = 10$ мкм. Рабочую поверхность шкивов быстроходных передач полируют. При окружной скорости более 5 м/с шкивы подвергаются статической балансировке, шкивы быстроходных передач — динамической. Шкивы обычно изготавливают из чугуна литьем, стальными, сварными или сборными, литыми из легких сплавов и пластмасс. Диаметры шкивов определяют из расчета ременной передачи, а потом округляют до ближайшего значения по ГОСТ 17383–73. Чугунные шкивы применяют при скоростях до 45 м/с. Шкивы малых диаметров до 350 мм имеют сплошные диски, шкивы больших диаметров — ступицы эллиптического переменного сечения. Стальные сварные шкивы применяют при скоростях 60—80 м/с. Для быстроходных передач, до 100 м/с, используют шкивы из легких сплавов.

В зависимости от скорости ремня плоскоременные передачи условно делят на три вида среднескоростные до 30 м/с, быстроходные до 50 м/с и сверхбыстроходные до 100 м/с. Поэтому для разных скоростей, при изготовлении ремней, используют различные материалы. В качестве тягового элемента среднескоростных плоскоременных передач применяют плоские приводные резинотканевые ремни по ГОСТ 23831–79 «Ремни плоские приводные резинотканевые. Технические условия». Ремни изготавливаются двух видов: общего назна-

чения и морозостойкие. Для быстроходных передач применяются синтетические бесконечные ремни по ТУ 17-1245-74 «Ремни приводные плоские бесконечные из синтетических материалов».

Кордовые шнуровые прорезиненные ремни состоят из крученых кордшнуров, расположенных в слое резины. Для обеспечения прочности конструкции снаружи они покрыты тканью. Эти прочные, эластичные ремни применяются при передаче больших мощностей со скоростью движения ремня до 35 м/с. Выпускаются в виде бесконечных лент. При толщине ремня от 6 до 2,8 мм и ширине от 6 до 60 мм, расчетная длина ремня выбирается из стандартного ряда чисел в диапазоне от 500 до 5000 мм.

Синтетические тканые ремни изготавливают из капроновой ткани просвечивающего переплетения, которую пропитывают полиамидным раствором и покрывают специальной фрикционной полиамидной пленкой, обеспечивающей высокий коэффициент трения с шкивом. Имея малую массу, эти ремни допускают работу со скоростями до 100 м/с. Выпускается в виде замкнутой ленты. Применяются в быстроходных и сверхбыстроходных передачах, таких как в приводах внутришлифовальных станков и других.

Резинотканевые ремни состоят из нескольких слоев технической ткани, связанных вулканизированной резиной. Ткань передает основную часть нагрузки, а резина предохраняет ее от повреждений и повышает коэффициент трения. Резинотканевые ремни требуют больших габаритов передачи.

Текстильные ремни, хлопчатобумажные и шерстяные, обладают низкой тяговой способностью и долговечностью. Имеют ограниченное применение.

Кожанные ремни изготавливают из кожи, выработанной из шкур крупного рогатого скота. Обладают высокой тяговой способностью и долговечностью. Рекомендуются для передачи переменных и ударных нагрузок. Из-за дефицитности и дороговизны имеют ограниченное применение. Концы ремней плоскоремненных передач соединяют путем склеивания, сшивания, скрепления.

Долговечность ремня зависит не только от материала ремня, но и от значений максимального напряжения, которое действует в поперечном сечении ремня в месте его набегания на малый шкив и сохраняет свою величину на всей дуге покоя. Ресурс работы ремня зависит и от характера их изменения за один цикл, а также от числа таких

4.3.2 Вибрационные бункерные загрузочные устройства

В работе вибрационных питателей, в большинстве случаев, используется гармонический закон колебательного движения, так как его довольно просто можно получить путем возбуждения колебаний в упругой системе. Этот способ позволяет работать устройству при резонансной и околорезонансной настройках, поэтому требует минимальных возмущающих усилий вибратора. Колебательная система питателя довольно проста по конструкции и надежна в эксплуатации.

Приводом вибрационного питателя является вибратор одной из его частей, которая служит для возбуждения колебаний в его упругой системе. По типу привода вибрационные питатели делятся на инерционные и электромагнитные. К инерционным питателям относятся такие вибраторы, в которых возмущающая сила создается вследствие вращения одной или нескольких неуравновешенных масс. Создаваемая вибратором сила, рассматривается как вектор и может быть вращающейся, то есть непрерывно периодически изменять свое направление.

В машиностроении применяются бункерные вибрационные питатели с электромагнитным приводом. По своему принципиальному устройству электромагнитные вибраторы являются наиболее совершенным видом привода. Если в ряде типов привода происходит преобразование вращательного движения двигателя в возвратно-поступательное движение вибратора, то в электромагнитных вибраторах необходимое возвратно-поступательное движение получается непосредственно без каких-либо промежуточных механизмов. Электромагнитные вибраторы не имеют трущихся деталей, подверженных износу. Они допускают удобное регулирование режима работы. Конструкции бункерных устройств отличаются широким диапазоном размеров чаш и потребляемой питателями мощности. Диаметры чаш в этих конструкциях колеблются от 40 до 1000 мм, а потребляемая мощность от 3 до 500 Вт. Максимальная скорость движения заготовок и материалов, достигает 25 м/мин.

К электромагнитным относятся вибраторы, в которых возмущающая сила создается магнитным полем, образующимся при прохождении через обмотку вибратора переменного или пульсирующего тока. Электромагнитный вибратор, общий вид рис. 4.1. б, состоит из основания 1, электромагнита 2, якоря 3 и упругой системы, в виде трех плоских пружин 4, которые удерживают над электромагнитом

бункерных вибрационных питателях со спиральным лотком можно предотвратить падение и удары заготовок друг о друга, нарушающие шероховатость поверхности точных деталей, поступающих на сборку и контроль.

Постоянная равномерная скорость движения заготовок по лотку создает благоприятные условия для осуществления ориентации сложных заготовок внутри бункера. В ряде случаев вибрационные питатели являются единственно возможным средством автоматизации загрузки заготовок, например деталей часового и радиотехнического производства, где заготовки весьма малы, обладают малой прочностью и имеют склонность к взаимному сцеплению. В машиностроительной промышленности заготовки с крупными заусенцами, например, поковки колец подшипников, могут эффективно загружаться в автоматы только при помощи вибропитателей.

При автоматизации металлорежущих станков и объединении их в автоматические линии необходимо осуществлять транспортирование заготовок от станка к станку. Наиболее простым способом транспортирования является движение заготовок под действием собственного веса по гравитационным лоткам, однако при этом способе теряется высота. Чтобы загрузить деталь в следующий станок, ее необходимо поднять на определенный уровень. К тому же, для повышения коэффициента использования автоматической линии между станками необходимо иметь промежуточные накопители — бункера.

Решение вопросов подъема и накопления заготовок эффективно осуществляется при помощи вибрационных питателей-подъемников. На спиральном лотке подъемника, установленного между станками в автоматической линии, может накапливаться значительный запас заготовок, что дает возможность последующим станкам линии работать при остановке предыдущих, получая заготовки из подъемника, а при остановке последующего станка предыдущим работать на задел, пополняя запас заготовок в подъемнике. Благодаря своей простоте и компактности вибропитатели оказались весьма удобными при дозированной выдаче сыпучих материалов, для заполнения пресс-форм в порошковой металлургии и в других технологических процессах. Бункерные вибропитатели с электромагнитным приводом работают, по принципу направленной резонансной подвески чашки бункера.

циклов. Поскольку напряжения изгиба превышают все другие составляющие суммарного напряжения в ремне, то долговечность в большей степени зависит от числа изгибов ремня на шкивах.

Под влиянием циклического деформирования в ремне возникают усталостные разрушения — трещины, надрывы, расслаивание ремня. Снижению сопротивления усталости способствует также нагрев ремня от внутреннего трения и от скольжения его по шкивам. Полный цикл напряжений соответствует одному пробегу ремня по шкивам, при котором уровень напряжений в поперечном сечении ремня меняется в соответствии с прохождением им каждого из четырех характерных участков: ведущий и ведомый шкивы, ведомая и ведущая ветви. Число циклов нагружения за весь срок работы передачи пропорционально частоте пробегов:

$$\nu = \frac{V}{L_p} \leq [\nu],$$

где V — скорость ремня, м/с; L_p — длина ремня, м; $[\nu]$ — допускаемая частота пробегов, с⁻¹.

Частота пробегов является показателем долговечности ремня, чем больше ν , тем больше число циклов притом же времени работы или тем меньше долговечность притом же уровне напряжений.

Когда КПД или надежность плоского ремня недостаточна, применяют приводные ремни клинового исполнения. Клиновой ремень в поперечном сечении имеет форму перевернутой трапеции, а в качестве рабочих поверхностей используются боковые грани, именно по ним осуществляется контакт со шкивом. Клиновые ремни приводные передают больший вращающий момент, нежели плоские, способны работать на высоких скоростях при малых диаметрах шкивов. В ряде случаев клиновая ременная передача заменяется поликлиновой, где в работе участвуют группа клиновых ремней. В этом случае, если из строя выходит один, замене подлежит весь комплект гибкой связи.

Поликлиновые ременные передачи используются в составе тяжело нагруженного оборудования: в сельскохозяйственной технике, в горнодобывающих машинах, прокатных станах, в силовых приводах и так далее. Ремни приводные клиновые имеют более сложную конструкцию, чем плоские и усложняют конструкцию самого шкива. Клиновые ремни в свою очередь делятся на типы:

- ремни нормального сечения, изготавливаемые по ГОСТ 5813-93 «Ремни вентиляторные клиновые и шкивы для двигателей автомобилей, тракторов и комбайнов. Технические условия», выпускаемые для автомобилестроения и сельскохозяйственной техники;

- ремни приводные узкого исполнения в сечении;
- ремни вариаторные — наиболее широкие, предназначены для работы в составе вариаторов (бесступенчатых коробках скоростей). Увеличенная ширина вариаторного ремня обусловлена периодическим возникновением осевой силы, действующей на ремень, в связи, с чем ремень вариатора должен иметь повышенную жесткость в поперечном сечении. Они могут иметь как клиновое, так и зубчатое исполнение.

1.3.2 Зубчатые ременные передачи

Зубчатые ременные передачи, в отличие от цепных передач, не требуют смазки, могут работать 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 трапециевидный 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 до 80 м/с, передаточные числа до 12, обладают большим КПД до 0,98.

ческого оборудования производительность автомата должна быть на 10...15 % больше производительности станка. Конструкция автомата питания должна быть такой, чтобы в случае переполнения лотка и магазина заготовками, вновь захваченные заготовки сбрасывались в бункер или он выключался.

Схема подобного бункера приведена на рис. 4.1. Механизм ориентации и захвата деталей, выполненный в виде вращающегося диска с крючками по периферии, предназначен для втулок, трубок и колпачков, у которых высота больше диаметра. Засыпанные в бункер 1 заготовки, скатываясь по наклонному дну в корпус 2, встречаются на своем пути крючки 3, установленные на вращающемся диске 4. Захваченные крючками заготовки передаются в приемник 5, а затем попадают в магазин, выполненный в виде трубки 6. Если трубка заполнена до отказа или заготовка заняла на крючке неправильное положение и не может попасть в приемник 5, то вращение диска 4 автоматически прекращается.

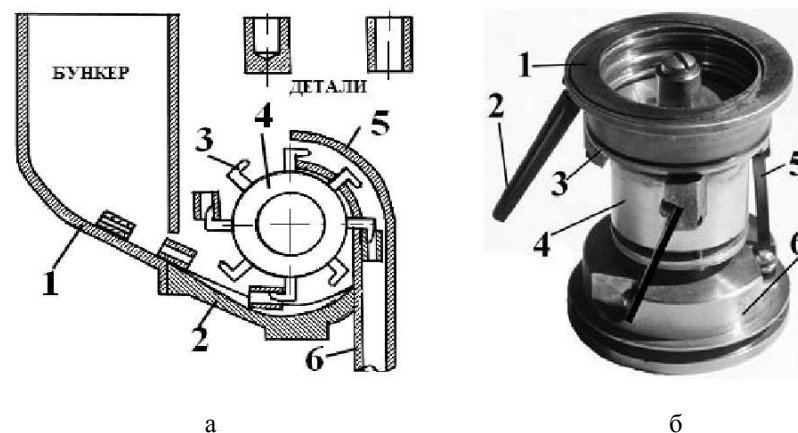


Рис. 4.1. Бункерные загрузочные устройства

К другому виду загрузочных устройств, получивших широкое распространение в машиностроительной промышленности, относятся вибрационные машины. Эти устройства просты по конструкции. Отсутствие в них движущихся захватных и ориентирующих органов исключает возможность заклинивания заготовок, в связи, с чем отпадает необходимость в специальных предохранительных механизмах. В

вибропитателя при его работе с порошками из веществ различного химического состава.

3. Произвести сравнительный анализ полученных результатов экспериментов с веществами, обладающими различной плотностью. Объяснить влияние плотности вещества на режим работы вибрационного бункера.

4.3 Теоретические сведения

4.3.1 Бункерные загрузочные устройства

Устройства автоматической загрузки технологического оборудования предназначены для накопления и выдачи заготовок или материалов. Устройства оказывают существенное влияние на структуру и конструкцию технологического оборудования, уровень его автоматизации.

В зависимости от конкретных условий применения используют различные загрузочные устройства. В первую группу входят устройства, предназначенные для непрерывной подачи материалов в виде — проволоки, ленты, полос, порошка. Ко второй группе относятся — магазинные и лотковые загрузочные устройства штучных заготовок в виде дисков, втулок, стаканов, колец, шариков. Третью группу составляют универсальные средства автоматизации — бункерные загрузочные устройства. Они состоят из магазинного загрузочного приспособления с добавлением емкости — бункера, и автомата питания — механизма для ориентации и захвата заготовок. В магазинных загрузочных приспособлениях каждую заготовку перед загрузкой, ориентируют в пространстве и загружают в магазин вручную. В бункерных загрузочных устройствах загружают не ориентированные заготовки, высыпая их из транспортной тары в бункер в навал.

Ориентировка и захват заготовок осуществляется автоматом питания при возвратно — поступательном, маятниковом, колебательном или вращательном движениях захватывающего устройства. Захват заготовки может произойти не при каждом движении этого устройства, но в среднем за единицу времени (мин, час, смену) число захватов одинаковое, т.е. производительность автомата питания получается равномерной. Из автомата питания правильно ориентированные заготовки поступают через лоток в магазин или непосредственно в питатель. Для обеспечения бесперебойной работы технологи-

Тянущий слой зубчатого ремня, например, из металлического троса, 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, рис. 1.2.в. Материал ремней стойк 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.

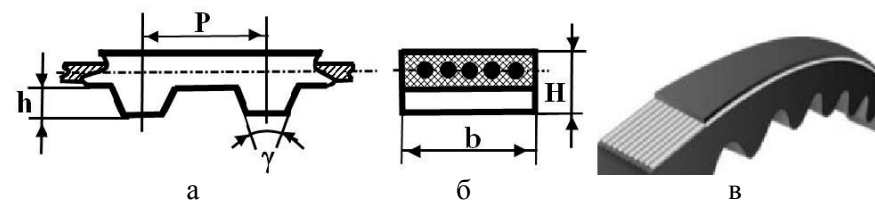


Рис. 1.2. Конструкция зубчатого ремня

Зубчатые ремни сложны в конструктивном плане. Однако имеют наибольший КПД из всей группы ременных передач, передают значительные нагрузки на высоких скоростях, применяются в наиболее ответственных и нагруженных механизмах, а также в ременных передачах, где требуется точное позиционирование рабочего органа. Например, в конвейерных линиях, стеклоподъемниках, в автоматически открываемых дверях, при изготовлении бытовой техники, горнорудных машин и других устройств. Ремни способны работать при температуре окружающего воздуха от - 30 до + 60°C.

Принцип условного обозначения ремня заключается в следующем, например, ремень марки 1-100-6. Первое число «1» обозначает модуль ремня (шаг ремня, деленный на число π); второе число «100» — количество зубьев (шт.); заключительное число «6» — ширина ремня в мм.

1.3.3 Расчет передачи зубчатым ремнем

Размеры ремня и параметры передачи зависят от модуля m — основного конструктивного параметра передачи: $m = \frac{p}{\pi}$, где p — шаг ремня, мм, рис. 3.1 а,б.

Требуемое значение модуля вычисляют исходя из усталостной прочности зубьев ремня

$$m = \frac{kVP_1 C_p}{n_1},$$

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^{-1} — частота вращения малого шкива, мин⁻¹; $k = 35$ — для ремней с трапецидальной 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. 1.2. 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 $z_2 = z_1 u$, 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

3.8 Библиографический список

1. Харченко, А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: учеб. пособие для студентов вузов / А.О. Харченко. — К. : ИД «Профессионал», 2004. — 304 с. : ил.
2. ГОСТ 27697-88 Промышленные роботы. Устройства циклового, позиционного и контурного программного управления. Технические требования и методы испытаний.
3. Срибнер, Л.А. Цикловое программное управление оборудованием / Л.А. Срибнер. — М. : Машиностроение, 1980. — 152 с. : ил.
4. Шишмарев, В.Ю. Машиностроительное производство / В.Ю. Шишмарев. — М. : Издательский центр «Академия», 2004. — 352 с. : ил.

Лабораторная работа № 4.

Автоматизированные бункерные загрузочные устройства

4.1 Цель работы

Цель работы — освоение студентами практических навыков в работе с загрузочными устройствами автоматизированного технологического оборудования.

Закрепление знаний в области конструкции бункерных загрузочных устройств функционирующих в составе технологического оборудования и принципов их работы, на примере автоматизированного вибрационного питателя для выдачи сыпучих материалов с высокой точностью дозировки.

4.2 Задание

1. Составить кинематическую схему станда «Автоматизированное бункерное загрузочное устройство», описать принцип его работы.
2. Освоить практические приемы наладки вибрационного бункерного устройства. Измерить эксплуатационные характеристики

10. С помощью отвертки, ослабив затяжку винтов крепления микропереключателей, изменить величину углов взаимного расположения всех микропереключателей программатора.

11. Включить стенд и привод программатора, измерить продолжительность каждого этапа цикла. На основе полученных результатов построить циклограмму в полярной системе координат.

12. Выключить привод программатора и отключить стенд.

13. Со всеми вопросами, возникающими в процессе проведения лабораторной работы сразу же обращаться к преподавателю или лаборанту.

14. Оформить дневник проведения лабораторной работы и сдать его на проверку.

3.6 Содержание отчета о выполненной работе

1. Кинематическая схема стенда «Электромеханическое устройство ЦПУ».

2. Расчеты передаточного числа ременных передач.

3. Циклограмма операции сверления, построенная в Декартовой системе координат.

4. Циклограмма операции сверления, построенная в полярной системе координат.

3.7 Контрольные вопросы

1. В чем заключается принципиальное отличие ЦПУ от ЧПУ?

2. В каких видах машиностроительного технологического оборудования применяют ЦПУ?

3. Из каких основных элементов состоит механическая координатная система металлообрабатывающего станка?

4. Каким способом можно изменять продолжительность цикла стенда «Электромеханическое устройство ЦПУ»?

5. Какими способами можно изменять продолжительность этапов цикла стенда «Электромеханическое устройство ЦПУ»?

6. В чем заключается физическая сущность выражения — «двигатель идет в разнос»?

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, H :

$$F_p = \frac{2 \cdot 10^3 C T}{d^p}.$$

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

$$b = \frac{\psi F_p}{z_0 h p},$$

где ψ — коэффициент неравномерности распределения окружной силы между зубьями по дуге обхвата ($\psi = 1,1 \dots 1,2$); $z_0 = z_1 \alpha / 360^\circ$ — число зубьев ремня, находящихся в зацеплении с малым шкивом; α — угол обхвата на малом шкиве; h — высота зуба, мм; $[p]$ — допустимое среднее давление на зубьях ремня, МПа:

$$[p] = \frac{k_m \sigma_B}{\phi_t \sqrt{N_k}}$$

где $k_m = 1,7$ при значениях модуля $m \leq 3$ мм и $k_m = 2,1$ при $m \geq 4$ мм; σ_B — временное сопротивление связи материала зубьев с каркасом, МПа: при стальном металлоторсе (стеклокорде) $\sigma_B = 3 \dots 4$ МПа, при латунированном — $\sigma_B = 5 \dots 7$ МПа.

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

$$N_k = 60 z_1 z_p^{-1} \sum_i t_i \frac{n_{1i}}{F_p} F_{pi},$$

где z_1 — число зубьев меньшего шкива; z_p — число зубьев ремня; F_{pi} , t_i , n_{1i} — соответственно расчетная сила (Н), время работы (ч) и частота вращения (мин⁻¹) меньшего шкива на i -м режиме; F_p — максимальная из длительно действующих расчетных сил (Н).

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

$$\phi_t = \sqrt{\frac{n_1}{1000}} \phi, \text{ при условии } \phi_t \geq 1.$$

Рассчитанную 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.

1.4 Оборудование

Лабораторная работа проводится на стенде «Электромеханическое ЦПУ», его фрагмент показан рис. 1.3. Стенд имеет электропривод, который оснащен устройством для регулирования частоты вращения электродвигателя 1 постоянного тока. Передача вращающего момента к исполнительному механизму производится посредством трех ступенчатой ременной передачи. Первые две ступени 2, 3 представляют собой круглоременные передачи, а на третьей ступени 4 реализована, зубчатая ременная передача. Для регулировки натяжения ремня, в конструкции стенда, предусмотрен прижимной ролик 5. Он имеет два фиксированных положения. В верхнем положении ролика ремень свободно провисает, образуя при этом зазоры между зубьями ремня и шкива. В нижнем положении ролика происходит увеличение угла обхвата ремнем шкива, вследствие чего зазоры между зубьями элементов передачи минимизируются.

На валу ведомого зубчатого шкива 6 закреплен кулачек 7, который управляет работой микропереключателей 8. Ведомый шкив, соединяется с валом через электромагнитную управляемую муфту 9. При подаче напряжения на электродвигатель, ременные передачи приходят в движение, и ведомый шкив начинает свободно вращаться на неподвижном валу. Кулачек, в режиме ожидания ЦПУ команды «Пуск», остается неподвижным. При нажатии кнопки «Пуск» напря-

Этапы длительности цикла в данном ЦПУ определяются положением микропереключателей 4, 5, 6, относительно друг друга. Конструкция узлов их крепления, посредством радиальных пазов и винтов 11, рис. 3.3 а обеспечивает возможность в определенных пределах изменять координаты их взаимоположения. Это позволяет изменять время продолжительности этапа цикла.

Для измерения частоты вращения валов стенда применять тахометр ИО-10, измерение диаметров шкивов производить штангенциркулем.

3.5 Последовательность выполнения работ

1. С помощью преподавателя или лаборанта ознакомиться с конструкцией и принципом работы стенда «Электромеханическое ЦПУ».

2. Подготовить к работе измерительные инструменты и рабочий дневник. Дневник оформить на компьютере и распечатать к началу эксперимента в соответствии с полученным заданием.

3. На лабораторном столе во время работы не должны находиться посторонние предметы.

4. Измерить, с помощью штангенциркуля, геометрические размеры шкивов. Результаты измерений записать в рабочий журнал и рассчитать передаточное число трехступенчатой ременной передачи стенда.

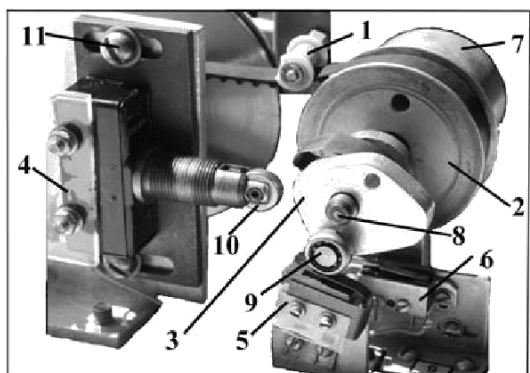
5. Включить источник питания стенда «Электромеханическое ЦПУ» и подать напряжение на электродвигатель стенда.

6. В соответствии с полученным заданием, с помощью реостата, управляющего частотой вращения, задать величину тока обмотки возбуждения двигателя.

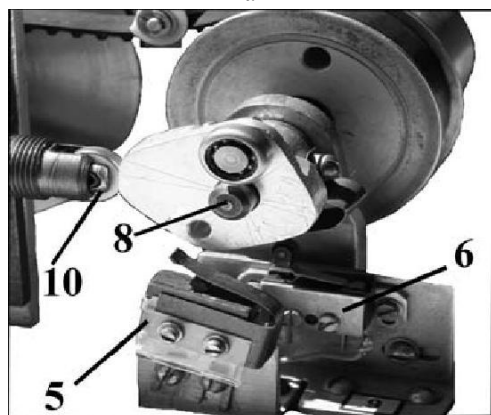
7. Пользуясь тахометром произвести измерение частоты вращения вала и вычислить продолжительность цикла для заданного режима работы.

8. Нажав кнопку «Пуск» включить привод программатора и секундомером измерить продолжительность каждого этапа цикла. На основе полученных результатов построить циклограмму в Декартовой системе координат.

9. Выключить привод программатора и обесточить стенд.



а



б

Рис. 3.3. Конструкция программатора «Электромеханического устройства ЦПУ»

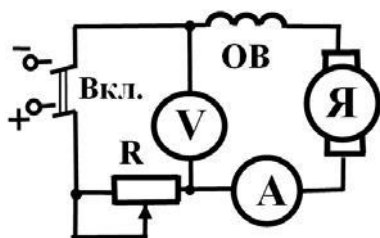


Рис. 3.4. Схема включения электродвигателя стенда

жение подается на обмотку электромагнита управляемой муфты, шкив входит в зацепление с валом, кулачек начинает вращаться и ЦПУ начинает работать.

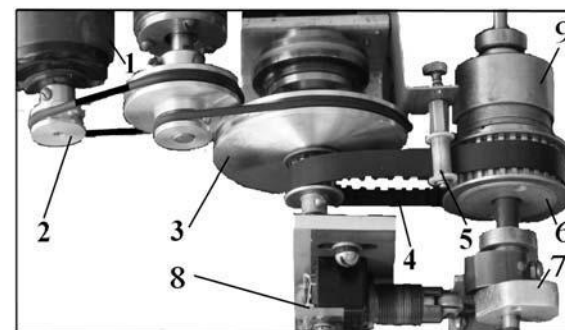


Рис. 1.3. Фрагмент стенда «Электромеханическое ЦПУ»

Наличие управляемой электромагнитной муфты 6 позволяет задавать два режима работы электродвигателя — на холостом ходу или под нагрузкой. В зависимости от этого изменяется нагрузка и на зубчатый ремень, создавая переменный режим нагрузки. Конструкция стенда предусматривает возможность изменения нагрузки также путем изменения частоты вращения ротора электродвигателя. Частоту вращения двигателя последовательного возбуждения, рис. 1.4, можно регулировать изменением магнитного потока возбуждения за счет шунтирования обмотки возбуждения. Параллельно к обмотке возбуждения подключен реостат R. Уменьшение сопротивления этого реостата ведет к снижению тока возбуждения, следовательно, к увеличению частоты вращения.

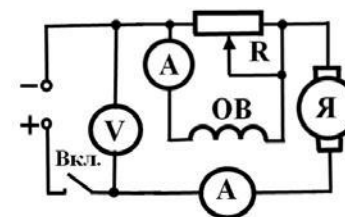


Рис. 1.4. Схема включения электродвигателя стенда.

1.5 Последовательность выполнения работ

1. С помощью преподавателя или лаборанта ознакомиться с конструкцией и принципом работы стенда «Электромеханическое ЦПУ».

2. Подготовить к работе измерительные инструменты и рабочий дневник. Дневник оформить на компьютере и распечатать к началу эксперимента в соответствии с полученным заданием.

3. На лабораторном столе во время работы не должны находиться посторонние предметы.

4. Измерить, с помощью штангенциркуля, геометрические размеры шкивов и других конструктивных элементов ременных передач. Результаты измерений записать в рабочий журнал.

5. Включить источник питания стенда «Электромеханическое ЦПУ» и подать напряжение на электродвигатель стенда.

6. В соответствии с полученным заданием, с помощью управляющего частотой вращения реостата, задать величину тока обмотки возбуждения двигателя на холостом ходу.

7. Присоединить зонд тахометра ИО-10 к торцевой части вала двигателя и измерить частоту вращения ротора. Результаты измерений записать в рабочий журнал.

8. Подать команду «Пуск» на ЦПУ путем включения управляемой электромагнитной муфты и произвести измерение частоты вращения ротора электродвигателя под нагрузкой. Результаты записать в журнал.

9. Измерить величины токов якоря и обмотки возбуждения при различных режимах работы электродвигателя. Результаты измерений записать в рабочий журнал.

10. На основе результатов измерения геометрических размеров деталей ременно-зубчатой передачи произвести расчеты ее эксплуатационных параметров.

11. Используя результаты, полученные при измерении частоты вращения ротора электродвигателя при различных режимах нагрузки, рассчитать ресурс работы плоского ремня в плоскоременной передаче.

12. Используя электрическую схему, приведенную на рис. 4, в письменной форме объяснить взаимосвязи и влияние изменения токов проходящих через якорь и обмотку возбуждения электродвигателя на частоту вращения якоря.

зубчатый шкив, который начинает свободно вращаться, в это время, на пока неподвижном валу 8. Поэтому кулачек, в режиме ожидания ЦПУ команды «Пуск», также остается неподвижным. При нажатии кнопки «Пуск» напряжение подается на обмотку электромагнита управляемой муфты, шкив входит в зацепление с валом, кулачек начинает вращаться и включает микропереключатель 5, выдавая команду БП. Поворачиваясь против часовой стрелки на 180° , кулачек воздействует на ролик 10 подвижного штока микропереключателя 4. При этом движении микропереключатель 5 отключается, а микропереключатель 4 выдает следующую команду и так продолжается до окончания цикла, то есть до завершения полного поворота кулачка. Прохождение команд контролируется световыми индикаторами, которые включаются в момент выдачи команды и отключаются в момент окончания ее действия.

Продолжительность цикла в данном ЦПУ регулируют за счет изменения частоты вращения электродвигателя. В электрической схеме работы двигателя, рис. 3.4, обмотка возбуждения соединяется последовательно с обмоткой якоря, поэтому магнитный поток полюсов статора зависит от тока нагрузки. При небольших нагрузках магнитная система двигателя ненасыщенна и зависимость магнитного потока пропорциональна току нагрузки. Поэтому вращающий момент якоря при ненасыщенной магнитной системе пропорционален квадрату тока, а частота вращения, наоборот, пропорциональна току нагрузки. Величина тока, следовательно, и частота вращения якоря, регулируется реостатом R . С увеличением сопротивления частота вращения якоря снижается. Часть энергии идет на нагрев регулировочного реостата. Для небольших электродвигателей, работающих в составе систем управления исполнительными механизмами, такой режим вполне приемлем.

Для двигателей большой мощности, при работе в длительном режиме, такое регулирование не целесообразно применять из-за больших потерь в реостате. К тому же, при уменьшении нагрузки двигателя последовательного возбуждения, частота вращения якоря резко увеличивается. При нагрузке меньше 25 % от номинального значения вращающегося момента, она может достигнуть опасных для двигателя значений, жаргонное выражение — «двигатель идет в разнос». Поэтому работа электродвигателя большой мощности последовательного возбуждения или его пуск при нагрузке на валу менее 25 % номинальной мощности, недопустимы.

программы, набранной на носителе программ. После отработки команд, заданных в кадре, происходит остановка устройства. Для дальнейшей работы установки, необходимо подать одну из следующих команд. В режиме АВТОМАТ устройство обеспечивает, многократную отработку рабочего цикла работы.

Блок управления при отработке кадров, в соответствии с их содержанием формирует управляющие команды, для манипулятора и технологического оборудования. Ответные реакции в виде сигналов от датчиков манипулятора и технологического оборудования, поступающие в блок управления, являются условиями перехода работы устройства к выполнению очередного кадра программы. Носитель программ выполнен в виде двух наборных полей из многопозиционных переключателей, размещается в верхней части устройства. Пульт управления встроен в устройство. Связь устройства с манипулятором и технологическим оборудованием — кабельная.

3.4 Оборудование

Лабораторная работа проводится на стенде «Электромеханическое ЦПУ», конструкция его программатора показана на рис.3.3а. Стенд имеет электропривод, который оснащен устройством для регулирования частоты вращения электродвигателя постоянного тока. Передача вращающего момента к исполнительному механизму производится посредством трех ступенчатой ременной передачи. Первые две ступени представляют собой круглоременные передачи, а на третьей ступени реализована зубчатая ременная передача. Для регулировки натяжения ремня, в конструкции стенда, предусмотрен прижимной ролик 1. Его можно перемещать в одно из двух фиксированных положений. В верхнем положении ролика ремень свободно провисает, образуя при этом зазоры между зубьями ремня и шкива. В нижнем положении ролика происходит натяжение ремня и увеличение угла обхвата ремнем шкива.

На вал ведомого зубчатого шкива 2 насажен кулачек 3, посредством которого происходит управление работой микропереключателей 4, 5, 6. На внешней торцевой поверхности кулачка закреплен на оси ролик 9 и такой же ролик закреплен на внутреннем его торце.

Ведомый шкив, соединяется с валом через электромагнитную управляемую муфту 7. При подаче напряжения на электродвигатель, вращение его якоря через ременные передачи передается на ведомый

13. Со всеми вопросами, возникающими в процессе проведения лабораторной работы сразу же обращаться к преподавателю или лаборанту.

1.6 Содержание отчета о выполненной работе

1. Отчет о выполненной работе должен содержать в письменном виде задание на проведение лабораторной работы, а также фамилию, имя и отчество студента, номер группы, дата проведения лабораторной работы, подпись студента и преподавателя.

2. Заполненный результатами измерений Рабочий журнал установленной формы для проведения лабораторной работы.

3. Расчеты эксплуатационных параметров ременно-зубчатой передачи.

4. Расчеты ресурса работы плоского ремня в плоскоременной передаче при различных режимах нагрузки электродвигателя.

5. Теоретическое объяснение взаимосвязи и влияния изменения токов, проходящих через якорь и обмотку возбуждения электродвигателя на частоту вращения якоря.

1.7 Контрольные вопросы

1. Какие виды ременных передач различают по форме поперечного сечения?

2. Какими достоинствами и недостатками обладают ременные передачи в сравнении с другими типами передач?

3. Как определяют передаточное отношение ременной передачи?

4. На каком участке передачи создаются максимальное напряжение в ремне?

5. По каким критериям работоспособности рассчитывается ременная передача?

6. Какие потери мощности имеют место в ременных передачах?

7. Что такое тяговая способность ременной передачи?

8. Как повысить тяговую способность ременной передачи?

9. В чем сущность упругого скольжения ремня на шкивах, почему оно возникает и можно ли его устранить?

10. В чем разница между упругим скольжением и буксованием ремня?

11. Для чего в ременной передаче создают предварительное натяжение ремня?
12. В чем сущность усталостного разрушения ремней?
13. Как осуществляется предварительное натяжение ремня в передачах?
14. Принцип работы передачи зубчатым ремнем. Ее достоинства и недостатки.
15. Как устроен зубчатый ремень, какие бывают ремни по способу изготовления?
16. Каковы критерии расчета передачи зубчатым ремнем?
17. Каково устройство и назначение коллектора у двигателей постоянного тока?
18. Какими способами регулируют частоту вращения двигателя постоянного тока?

1.8 Библиографический список

1. Рачков, М.Ю. Технические средства автоматизации: учебник / М.Ю. Рачков. — 2-е изд., стереотип. — М. : МГИУ, 2007. — 185 с. : ил.
2. Основы автоматизации машиностроительного производства: учеб. пособ. для машиностроит. спец. / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др. / под ред. Ю.М. Соломенцева. — 3-е изд. — М. : Высш. Шк., 2001. — 312 с. : ил.
3. Кестельман, В.Н. Пластмассовые шкивы и клиноременные передачи / В.Н. Кестельман, А.Д. Короб. — М. : Машиностроение, 1998. — 317 с. : ил.
4. Воробьев, И.И. Ременные передачи / И.И. Воробьев. — М. : Машиностроение, 1999. — 275 с. : ил.
5. Бабкин, А.И. Проектирование клиноременных передач: учеб.-метод. пособие для курсового проектирования / А.И. Бабкин. — Северодвинск : РИО Севмашвуза, 2006. — 43 с. : ил.

Системами ЦПУ оснащают токарно-револьверные, токарно-копировальные, копировально-фрезерные, вертикально-сверлильные станки, агрегатные станки, промышленные роботы и другие. Наладка и обслуживание станков не требует такой высокой квалификации исполнителей, как для станков с ЧПУ. Применять станки с ЦПУ наиболее целесообразно в условиях серийного производства для обработки заготовок относительно простой формы при длительности обработки партии не менее одной-двух смен.

ЦПУ могут быть выполнены на базе программируемого контроллера с соответствующим программным обеспечением, в котором управляющая программа задается в цифровом виде. Промышленностью серийно выпускается специализированное электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ-6030. Оно предназначено для управления манипуляторами и автоматизированным оборудованием при автоматизации технологических операций в условиях мелкосерийного и серийного производства.

ЭЦПУ-6030 построено по принципу синхронного программного автомата с жестким циклом управления, состоит из следующих основных узлов и блоков:

- блок управления, предназначенный для обработки информации по заданной программе и выдаче управляющих команд манипулятору и технологическому оборудованию;
- пульт управления, обеспечивающий задание режимов работы устройства, выполнение операций включения-выключения питания, запуска в работу, а также ручное управление звеньями манипулятора;
- носитель программ, предназначен для набора и хранения требуемой программы работы робота;
- блок усилителей, обеспечивает выдачу управляющих команд манипулятору и технологическому оборудованию;
- блок питания, обеспечивает питание электронного оборудования датчиков манипулятора и технологического оборудования.

Основные режимы работы устройства: — РУЧНОЙ; — КОМАНДА; — АВТОМАТ. В режиме РУЧНОЙ, команды манипулятору, задаются с пульта управления, поступают на блок усилителей и далее манипулятору для управления его подвижными органами. Контроль положения рабочих органов манипулятора оператор осуществляет с помощью табло индикации состояния звеньев манипулятора. В режиме КОМАНДА устройство обеспечивает отработку одного кадра

- служебных команд, которые обеспечивают правильность обработки станком вышеназванных команд.

Устройство ЦПУ состоит из программатора циклов и системы автоматики, рис 3.2. Программатор циклов содержит блок задания программы и блок поэтапного ее ввода. Из блока задания информация поступает в схему автоматики, состоящую из блока управления циклом работы станка и блока преобразования сигналов о контроле окончания цикла. Схема автоматики согласует действие программатора циклов с исполнительными органами станка и датчиком обратной связи (датчик контроля окончания цикла) усиливает и размножает команды, обеспечивает выполнение стандартных циклов.

Из блока управления циклом сигнал поступает в исполнительное устройство, обеспечивающее обработку заданных программой команд и включающее в себя исполнительные элементы (приводы исполнительных органов станка, электромагниты, муфты и другие). Эти исполнительные элементы обрабатывают этап программы. Датчик контроля окончания цикла контролирует окончание обработки и через блок преобразования сигналов дает команду блоку поэтапного ввода программы на включение следующего этапа программы. Для контроля окончания этапа программы используют также путевые переключатели или реле времени.

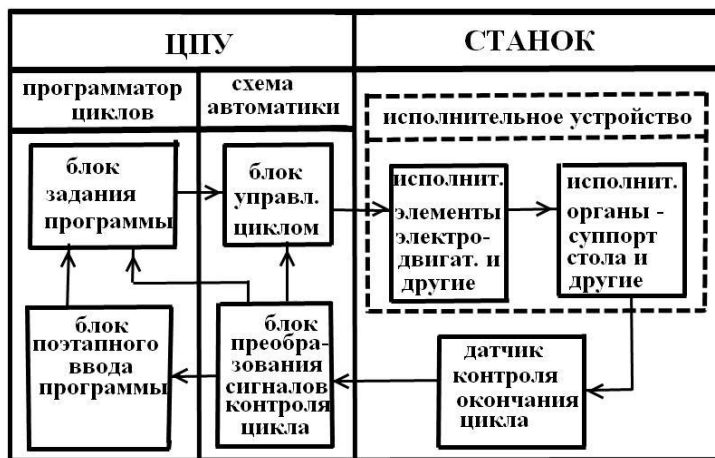


Рис. 3.2. Функциональная схема системы управления станком ЦПУ

Лабораторная работа № 2.

Приводные муфты для автоматизированного оборудования

2.1 Цель работы

Цель работы — освоение студентами практических навыков расчета и выбора приводных муфт технологического оборудования машиностроительной отрасли.

Формирование у студентов конструкторского подхода к использованию неуправляемых втулочных и управляемых фрикционных и зубчатых муфт в автоматизированных системах, робототехнических устройствах и манипуляторах, принципов их работы, правила эксплуатации.

2.2 Задание

1. Произвести расчет предохранительных муфт со срезаемым штифтом.
2. Произвести расчет упругих элементов на смятие и на изгиб муфты упругой втулочно-пальцевой.
3. Составить кинематическую схему станка с фрикционной муфтой.
4. Рассчитать эксплуатационные параметры управляемой электромагнитной фрикционной муфты.

2.3 Теоретические сведения

2.3.1 Машиностроительные приводные муфты

Приводными муфтами называют устройства, служащие для кинематической и силовой связи валов в приводах машин и механизмов. Муфты передают с одного вала на другой вращающий момент без изменения его величины и направления. Компенсируют монтажные неточности и деформации геометрических осей валов, разъединяют и соединяют валы без остановки двигателя, предохраняют машину от поломок в аварийных режимах, в некоторых случаях поглощают толчки и вибрации, ограничивают частоту вращения.

Применение муфт в машиностроении вызвано необходимостью: - получения длинных валов, изготавливаемых из отдельных частей, компенсации небольших неточностей монтажа в относительном расположении соединяемых валов;

- придания валам некоторой относительной подвижности во время работы (малые смещения и перекося геометрии осей валов);

- включения и выключения отдельных узлов;
- автоматического соединения и разъединения валов в зависимости от пройденного пути, направления передачи вращения, угловой скорости, то есть выполнения функций автоматического управления;
- уменьшение динамических нагрузок.

Основная характеристика муфты — передаваемый вращающий момент. Существенные показатели — габариты, масса, момент инерции. Муфты рассчитывают по их критериям работоспособности: прочности при циклических и ударных нагрузках, износостойкости, жесткости. На практике муфты подбираются из каталога по величине передаваемого вращающего момента. Работа муфт сопровождается потерями энергии. По опытным данным при расчетах механических устройств, КПД муфт обычно принимают $\eta = 0,985 \dots 0,995$.

По видам управления муфты классифицируют как неуправляемые — постоянно действующие и автоматические, управляемые — сцепные. К неуправляемым муфтам относятся фланцевые и жесткие, или иначе глухие, втулочные муфты, представляющие собой втулку 1, насаживаемую на цилиндрические концы валов 2, рис. 2.1 а. Соединение втулки с валами осуществляется посредством штифтов 3. Помимо исполнения со штифтами, втулки изготавливают с пазом для призматической или сегментной шпонки, или со шлицевым посадочным отверстием.

Втулочные муфты применяют для передачи вращающего момента от 1 до 4500 Нм для валов диаметром от 6 до 100 мм. Муфту характеризуют простота конструкции и изготовления, низкая стоимость, особо малый габарит по диаметру, небольшой маховой момент. Недостатком муфты является сложность монтажа, связанная со значительным осевым смещением соединяемых узлов, что не позволяет применять в сопряжении вал-втулка посадку натягом. Поэтому невозможно обеспечить высокую изгибную жесткость соединения валов. Материал втулки — сталь марки 45. Прочность втулочного

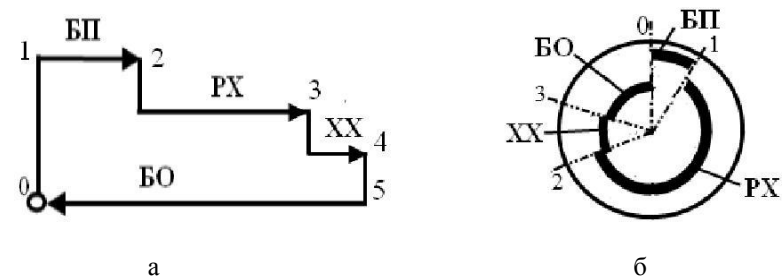


Рис. 3.1. Циклы операции сверления

График цикла операции сверления отверстия показан на рис. 3.1. Этапы циклов обозначены следующей аббревиатурой: быстрый под-вод — БП, после этой команды, шпиндель с режущим инструментом, совмещается с координатами места будущего отверстия. Рабочий ход — РХ, команда, которая обеспечивает вертикальное перемещение инструмента, вниз осуществляя резание материала. Холостой ход — ХХ, на этом этапе цикла инструмент перемещается вверх, выходя из отверстия. После этого следует этап быстрый отвод — БО, после его выполнения, режущий инструмент возвращается в начальную позицию 0, и станок переходит в режим ожидания начала следующего цикла.

В копировальных ЦПУ — носителем программы служит ко-пир — представляющий собой прототип изготавливаемой детали. Копировальные ЦПУ применяют в станках для массового производства. Механические копировальные системы обеспечивают максимальную скорость резания материалов. Так при обработке стали скорость доходит до 1000 мм в минуту, а сплавов на основе алюминия до 4000 мм/мин.

Цикл работы оборудования представляет собой совокупность перемещений рабочих органов, осуществляемых в заданной последовательности. Этап цикла — его неделимая часть, когда не происходит изменений в состоянии рабочих органов оборудования, то есть включений и выключений. Управляющая программа, представляющая собой последовательность команд, состоит из следующих команд:

- технологических команд, которые обеспечивают управление перемещением рабочих органов станка;
- цикловых команд, которые переключают скорости, выбор и смену инструмента, подачу СОЖ и других;

При автоматизации технологических процессов возможны три основных типа циклов работы машин: последовательный, совмещенный и комбинированный. Последовательный цикл характеризуется тем, что в нем все движения механизмов средств автоматизации и основные движения станка происходят последовательно. Станки в этом случае работают в режиме одиночных ходов, в перерыве между которыми совершают последовательно (друг за другом) необходимые движения средства автоматизации.

Совмещенный цикл характеризуется тем, что в нем все основные движения вспомогательных механизмов совмещены по времени с рабочими движениями главного рабочего механизма. Станок в этом случае работает на непрерывных автоматических ходах. Комбинированный цикл представляет собой разновидность последовательного цикла и отличается тем, что часть движений, выполняемых средствами автоматизации, совмещена с движениями основных органов станка и самих средств автоматизации.

Построение цикловой диаграммы начинается с выбора основного циклового механизма. В качестве основного циклового механизма, выбирается исполнительный механизм рассматриваемого технологического оборудования. Это может быть ползун прессы или вертикально перемещающийся вращающийся шпиндель сверлильного или фрезерного станка и другие. При построении циклограммы необходимо пользоваться кинематической схемой механизмов с действительными размерами перемещений. За начало цикла принимается одно из крайних положений циклового механизма. В процессе построения циклограммы необходимо определить направление и величину перемещения всех звеньев средств автоматизации в зависимости от движения основного механизма.

По способу задания информации ЦПУ бывают с распределительным валом, где управляющая программа задается в аналоговом виде. В них рабочие и командные кулачки устанавливаются на распределительном валу согласно разработанной циклограмме. Для каждого станка строится циклограмма. За начало цикла принимают положение распределительного вала, при котором все механизмы закончили перемещение, т. е. начало второго цикла совпадает с концом первого, на рис. 3.1 эта точка обозначена 0. Циклограмма строится в координатах «время-перемещение». Перемещение может быть выражено в линейных величинах, рис. 3.1 а или в угловых, рис. 3.1 б.

соединения определяют: прочность штифтового, шпоночного или шлицевого соединения, а также прочность втулки. Втулочные муфты стандартизированы, ГОСТ 24246-80.

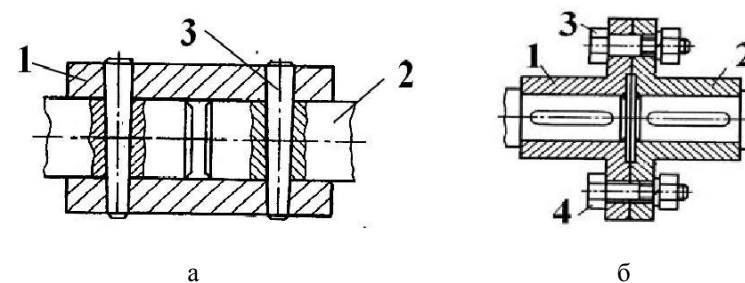


Рис. 2.1. Глухие приводные муфты

Фланцевая муфта, рис. 2.1 б, состоит из двух полумуфт 1 и 2 с фланцами, стягиваемыми болтами. Два болта 3, обеспечивающие соосность полумуфт и восприятие поперечных сил, установлены без зазора в отверстия из-под развертки, а вторая пара болтов 4 — с зазором. Сборка приводного соединения требует строгой соосности соединяемых валов и перпендикулярности торцовых поверхностей полумуфт осям валов. В противном случае неизбежны изгибы вала, его биение и появление дополнительных нагрузок на опоры. Полумуфты имеют два исполнения: для соединения цилиндрических и конических концов валов.

Фланцевые муфты просты по конструкции, упрощают монтаж узлов, обеспечивают соединение валов без зазоров, могут передавать вращающие моменты от 16 до 40000 Нм при диаметре вала от 11 до 250 мм. Материал полумуфт — стали марок 40Л или 35Л. Если фланцы полумуфт стянуты только болтами 4, поставленными с зазором, то вращающий момент передают силы трения, возникающие в стыке полумуфт от затяжки болтов. Расчет сводится к определению диаметра болта по потребной силе затяжки. При установке болтов 3 без зазора, «под развертку», расчет ведут в предположении, что весь передаваемый момент воспринимают эти болты, работающие на срез. Фланцевые муфты регламентированы, ГОСТ 20761-96.

Муфта упругая втулочно-пальцевая предназначена для соосного соединения валов при передаче крутящего момента от 6,3 до 16000 Нм и уменьшения динамических нагрузок. Как конструкционный

элемент, благодаря простоте и невысокой стоимости изготовления, она широко применяется в машиностроении. Муфта упругая втулочно-пальцевая компенсирует угловое, до 1° , и осевое смещение валов. Стандартная муфта втулочно-пальцевая, рис. 2.2.а, состоит из двух полумуфт 1, пальцев 2, распорных втулок 3 и упругих втулок 4. Муфты упругие втулочно-пальцевые стандартизированы, ГОСТ 21424-93. Пример обозначения: Муфта упругая втулочно-пальцевая МУВП-7-500-40-1-45-4 У3, что означает: муфта втулочно-пальцевая с номинальным крутящим моментом 500 Нм, одна втулка с диаметром посадочного отверстия 40 мм, исполнения 1, другая — диаметром 45 мм, исполнения 4, климатическим исполнением У и категорией размещения 3.

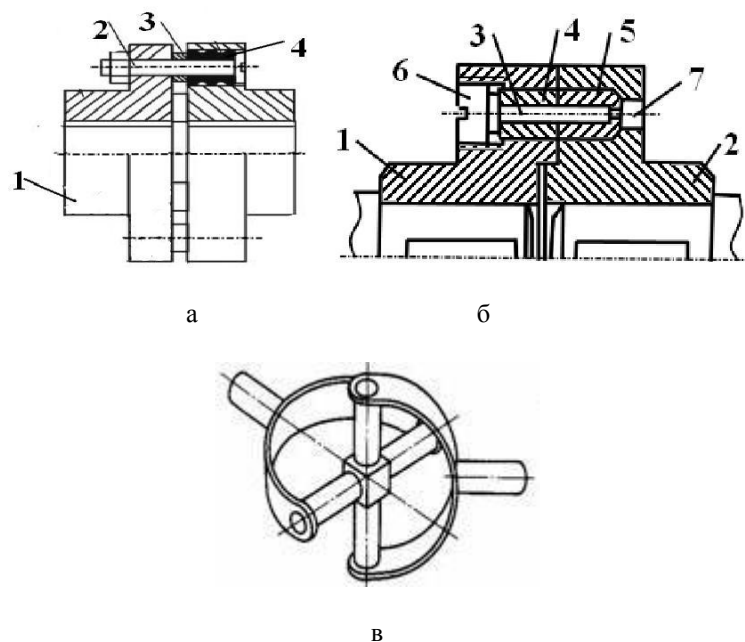


Рис. 2.2. Конструкции неуправляемых муфт

Предохранительные муфты с разрушающимся элементом выполняют со специальным предохранительным элементом в форме штифта или шпонки, работающим на срез. Эти муфты просты по конструкции, имеют малые размеры и высокую несущую способность.

ческое устройство ЦПУ». Произвести измерение частоты вращения кулачкового вала при заданном токе обмотки возбуждения электродвигателя. Измерить центральные углы между геометрическими осями микропереключателей. На основе полученных результатов произвести расчет продолжительности этапов цикла при заданном режиме работы ЦПУ.

В соответствии с полученным от преподавателя заданием, изменить продолжительность этапов цикла, за счет изменения углов взаимного положения микропереключателей и одновременно, изменением величины тока в обмотке возбуждения электродвигателя. Произвести измерения вновь полученных параметров работы ЦПУ, рассчитать продолжительность циклов новой программы и в реальном масштабе времени построить вторую циклограмму. Результаты расчетов циклограмм контролировать, путем измерения интервалов времени выдачи команд ЦПУ, по световым индикаторам контроля прохождения команд.

3.3 Теоретические сведения

3.3.1 Принцип работы цикловых программных устройств

В состав технических средств автоматизации входят агрегаты и вспомогательные механизмы различного технологического назначения, связанные между собой транспортными устройствами и элементами, обеспечивающими выполнение заданного технологического процесса. Обеспечение выбора их определенного места и времени взаимодействия осуществляют программные устройства. Наиболее распространенными и простыми в обслуживании являются цикловые программные устройства. Для них разрабатываются специальные управляющие программы — циклограммы работы оборудования.

Циклограмма представляет собой условное изображение периодов «срабатывания» отдельных механизмов или машин системы и их взаимной связи друг с другом. При составлении циклограммы необходимо проанализировать работу всех механизмов для того, чтобы точно выбрать последовательность их движения. От того, как согласована работа агрегатов и вспомогательных механизмов, в конечном счете, будет зависеть производительность станка, надежность работы его основных узлов, величина нагрузок.

В.Г. Митрофанов и др. / под ред. Ю.М.Соломенцева. — 3-е изд. — М. : Высш. Шк., 2001. — 312 с. : ил.

2. Капустин, Н.М. Комплексная автоматизация в машиностроении: учебн. для студ. ВУЗов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, Н.П. Дьяконова. — М. : Академия, 2005. — 368 с. : ил.

3. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебн. для ВТУЗов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др. — М. : ВШ, 2004. — 415 с. : ил.

4. Юревич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. — 2-е изд. перераб. и дополн. — СПб. : БХВ Петербург, 2005. — 416 с. : ил.

5. ГОСТ Р 50371-92: Муфты механические общемашиностроительного применения. Термины и определения.

6. ГОСТ 15622-96: Муфты предохранительные фрикционные. Параметры, конструкция и размеры.

Лабораторная работа № 3.

Цикловое программное управление технологическим оборудованием

3.1 Цель работы

Цель работы — освоение студентами практических навыков программирования электромеханических устройств циклового программного управления (ЦПУ).

Закрепление знаний в области конструирования цикловых программных устройств технологического оборудования машиностроительной отрасли, принципов их работы и программирования.

3.2 Задание

Вычислить продолжительность каждого этапа технологического цикла в процессе автоматизированной операции сверления одного отверстия и построить циклограмму в реальном масштабе времени. Для этого составить кинематическую схему станда «Электромехани-

Применяются в тех случаях, когда перегрузка является редким случаем и возникает только в аварийных условиях, при непредусмотренном резком повышении нагрузки.

Муфта со срезным штифтом, рис.2.2 б, состоит из двух фланцевых полумуфт 1 и 2, соединенных цилиндрическим штифтом 3, расположенным во втулках 4 и 5. Закаленные втулки предотвращают смятие штифтом менее прочного материала полумуфт. При перегрузке штифт срезается, и муфта выключается. Для замены штифта заглушка 6 вывинчивается, и обломки штифта, через технологическое отверстие 7, выталкиваются. Материал штифта — стали марок У8А, 45; материал втулок — сталь марки 40Х с закалкой до твердости 50...60HRC.

Включение привода возможно только после замены разрушенного элемента. Выбор предохранительной муфты со срезным штифтом производится в зависимости от диаметров соединяемых валов и расчетного передаваемого крутящего момента. Недостатком их является остановка машины для замены разрушившегося элемента после срабатывания муфты.

Шарнирные муфты, рис. 2.2. в, допускают соединение валов с повышенным взаимным смещением осей, вызванными неточностями, или специально заданными конструктором. Идея муфты была предложена Джироламо Кардано и доведена до инженерного решения Робертом Гуком. Поэтому иногда в технической литературе они называются карданными муфтами, а иногда — шарнирами Гука.

Шарнирные муфты могут соединять валы под углом до 45° и позволяют создавать передачу вращающего момента в труднодоступные места. Все это возможно потому, что крестовина является не одним шарниром, а сразу двумя с перпендикулярными осями. Они компенсируют радиальные, осевые и угловые смещения валов.

Прочность карданной муфты ограничена прочностью крестовины, и в особенности мест крепления пальцев крестовины в отверстиях вилок. Муфты выбирают по каталогу. Проверочный расчет ведется для рабочих поверхностей шарниров на смятие, проверяется прочность вилок и крестовины.

Малогобаритные шарнирные муфты унифицированы в диапазоне диаметров от 8 до 40 мм и передаче крутящего момента от 12,5 до 1300 Нм. Крестовина выполняется в виде параллелепипеда. Шарнир

образуется с помощью вставных осей. Шарнирные муфты стандартизованы, ГОСТ 5147-97.

Сцепные управляемые муфты предназначены для соединения и разъединения валов. Некоторые типы сцепных муфт позволяют это делать на ходу, без остановки электродвигателя. Они применяются для управления потоком энергии в трансмиссиях приводов и передачах силовых установок, в манипуляторах и роботах, для включения и отключения механизмов. По принципу работы различают муфты с профильным замыканием и фрикционные. Основными элементами муфты с профильным замыканием являются кулачки (зубцы). Они могут иметь профиль прямоугольный, трапецеидальный или треугольный, соответственно для больших, средних и малых нагрузок. Эти муфты применяют для передачи значительных моментов при нечастых включениях, необходимости жесткой кинематической связи и необязательной плавности включения.

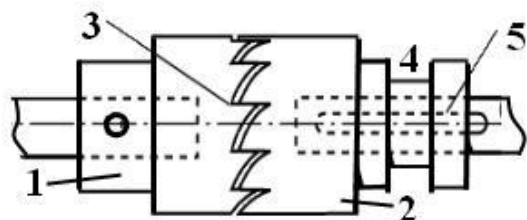


Рис. 2.3. Конструкция кулачковой муфты

Кулачковая муфта, рис. 2.3, состоит из двух полумуфт — неподвижной полумуфты 1, и подвижной 2. При включении, кулачки одной полумуфты входят во впадины другой 3, создавая жесткое сцепление. Для переключения муфты одну из полумуфт посредством вилки, размещаемой в пазу 4, перемещают вдоль вала по направляющей шпон-ке 5. Для уменьшения изнашивания деталей механизма управления подвижную полумуфту следует располагать на ведомом валу. Рекомендуемый материал кулачковых полумуфт — легированная сталь 20Х или 20ХН. Для повышения износостойкости рабочие поверхности кулачков цементируют и закаливают до твердости 54...60 HRC.

2.7 Контрольные вопросы

1. Каково назначение муфт приводов, какие различают муфты по управляемости?
2. Как устроена фланцевая муфта, где ее применяют и почему для соединения валов фланцевой муфтой требуется их соосность?
3. Каковы достоинства упругих компенсирующих муфт?
4. Какую из сцепных муфт следует применить для соединения, вращающегося с большой частотой вала с неподвижным валом?
5. Передают ли жесткие и упругие муфты вибрации, толчки и удары?
6. Что является основной характеристикой кулачковой муфты, назначение и принцип работы.
7. Описать устройство предохранительной муфты с разрушающимся элементом, недостаток этой муфты.
8. Каковы принципы конструкции и работы шарнирных муфт?
9. Каковы принципы конструкции и работы упругих муфт?
10. Как устроена и как работает упруго втулочно-пальцевая муфта?
11. За счет каких сил работают фрикционные муфты?
12. Какие критерии прочности применяют для фрикционных муфт?
13. Назвать материалы, применяемые для изготовления кулачково-дисковых муфт
14. Изменяют ли с помощью муфты угловую скорость одного вала относительно другого?
15. Какие муфты можно включать на ходу при вращении ведущего вала с большой угловой скоростью?
16. Что общего и в чем отличие втулочных и фланцевых муфт?
17. С какой целью применяют муфты с разрушающимися элементами?
18. С какой целью увеличивают количество дисков фрикционных муфт?
19. Куда исчезает механическая энергия вала при срабатывании тормозной фрикционной муфты?

2.8 Библиографический список

1. Основы автоматизации машиностроительного производства: учеб. пособ. для машиностроит. спец. / Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов,

2. Подготовить к работе измерительные инструменты и рабочий дневник. Дневник оформить на компьютере и распечатать к началу эксперимента в соответствии с полученным заданием.

3. На лабораторном столе во время работы не должны находиться посторонние предметы.

4. Начертить эскизы роторных и статорных пластин электромагнитной муфты.

5. Произвести измерения внешних и внутренних диаметров пластин электромагнитных муфт и нанести их на эскизы и по полученным данным произвести расчет параметров фрикционных муфт.

6. В соответствии с полученным заданием начертить эскизы предохранительной муфты со срезаемым штифтом или муфты упруго втулочно-пальцевой, произвести измерения, полученные результаты нанести на эскизы и произвести расчет эксплуатационных параметров муфт.

7. Со всеми вопросами, возникающими в процессе проведения лабораторной работы сразу же обращаться к преподавателю или лаборанту.

8. Оформить надлежащим образом и сдать преподавателю или лаборанту отчет.

2.6 Содержание отчета о выполненной работе

1. Отчет о выполненной работе должен содержать в письменном виде задание на проведение лабораторной работы, а также фамилию, имя и отчество студента, номер группы, дата проведения лабораторной работы, подпись студента и преподавателя.

2. Заполненный результатами измерений Рабочий журнал установленной формы для проведения лабораторной работы.

3. Кинематическую схему станда «Электромеханическое устройство ЦПУ» с указанием характеристик и параметров кинематических элементов.

4. Расчет эксплуатационных параметров управляемой электромагнитной фрикционной муфты.

5. В соответствии с заданием: эскизы деталей предохранительной муфты со срезаемым штифтом и расчеты ее эксплуатационных параметров.

6. Эскизы упруго втулочно-пальцевой муфты с резиновыми и металлическими упругими элементами и расчеты ее эксплуатационных параметров

2.3.2 Расчетный крутящий момент муфты

Основной характеристикой стандартной муфты является расчетный крутящий момент. Муфты, тип которых назначается по условиям эксплуатации, подбирают из таблиц ГОСТов по величине расчетного крутящего момента

$$T_p = K T_n ,$$

где T_p — расчетный момент, Н×м; T_n — номинальный момент, Н×м; K — коэффициент режима (учитывающий род двигателя и режим работы).

Когда возможно достаточно точно определить крутящий момент, передаваемый муфтой в период неустановившегося движения и периода пуска, за расчетную величину принимают:

$$T_p = T_c + T_g^1 + T_g^4 ,$$

где T_c — момент, необходимый для преодоления статического сопротивления в период пуска, приведенный к валу, на котором стоит муфта, Н×м; T_g^1 — динамический момент в период пуска от сил инерции, Н×м; T_g^4 — динамический момент в период пуска от поступательных сил, Н×м.

При расчетах жестких муфт следует принимать значения K большие, чем при расчете упругих муфт, минимальное значение K — выбирают для предохранительных муфт. Промежуточные значения рекомендуют для фрикционных муфт. Более точное значение коэффициента K можно найти как сумму частных коэффициентов

$K = K_1 + K_2$, учитывающих ряд факторов: вид электродвигателя, характер работы машины и другие. Большинство муфт, применяемых в общем машиностроении, стандартизовано. Для приводов металлорежущих станков значения коэффициентов приводятся в справочниках. K_1 — коэффициент безопасности. Значения $K_1 = 1,0 \dots 1,8$ принимают в зависимости от последствий, к которым может привести поломка муфты. K_2 — коэффициент режима работы, при равномерной нагрузке $K_2 = 1,0$, при ударной и переменной нагрузке $K_2 = 1,3 \dots 1,5$.

2.3.3 Расчет муфт типа МУВП

Широко распространены муфты упругие втулочно-пальцевые, которые служат для уменьшения динамических нагрузок, передаваемых соединяемыми валами. Конструкция упругих муфт разнообразна. Они могут быть с неметаллическими и металлическими упругими

элементами. Основной материал не металлических упругих элементов — резина. Расчет МУВП состоит из проверочного расчета упругих элементов на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2T_p}{zD_1 l d_n} \leq [\sigma_{\text{см}}]$$

и проверочного расчета пальцев на изгиб:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{T_p l}{0,1 d_{\text{п}} z D_1},$$

где T_p — расчетный крутящий момент муфты, Н/м; D_1 — диаметр окружности расположения центров пальцев, мм; d_n — диаметр пальцев под резиновыми кольцами или втулками, мм; l — длина втулки или набора резиновых колец; z — число пальцев; $[\sigma_{\text{см}}]$ — допускаемые напряжения смятия для резины $[\sigma_{\text{см}}] = (2 \dots 4) \text{ Н/мм}^2$; $[\sigma_{\text{и}}]$ — допускаемые напряжения на изгиб для пальцев $[\sigma_{\text{и}}] = (60 \dots 80) \text{ Н/мм}^2$.

Муфта упругая втулочно-пальцевая применяется при смещении $= 1 \dots 5 \text{ мм}$

$$P = (0,3 \dots 0,6) \text{ мм}, \alpha = 1^\circ$$

2.3.4 Расчет муфт со срезаемым штифтом

Расчет предохранительных муфт со срезаемым штифтом заключается в определении диаметра штифта по уравнению:

$$d = \sqrt{\frac{4T_p}{\pi R_1 z \tau_{\text{ср}}}},$$

где T_p — расчетный крутящий момент муфты, Н/м; R_1 — радиус муфты до оси среднего штифта, мм; z — число штифтов $z = 1 \dots 2$; $\tau_{\text{ср}}$ — предел прочности на срез, для сплава Ст.4 $[\tau_{\text{ср}}] = 420 \text{ МПа}$.

При перегрузке штифт срезается и муфты разъединяются. На месте срезанного штифта устанавливают новый штифт.

2.3.5 Конструкция и расчет параметров фрикционных муфт

Фрикционные муфты применяют для плавного соединения и разъединения валов под нагрузкой на ходу в широком диапазоне скоростей при частых пусках и остановках, в прессах, станках, манипуляторах. По форме поверхности трения фрикционные муфты подразделяются на дисковые — с плоской поверхностью, конусные — с конической поверхностью и цилиндрические. Наибольшее распространение

находят муфты меньшего габарита допускаются монтировать на вертикальном валу с верхним расположением якоря. Так как при монтаже на вертикальном валу значение остаточного момента будет выше, чем при монтаже на горизонтальном валу, то во избежание перегрева предельная частота вращения должна быть не более 30 % (при верхнем расположении якоря) и не более 60 % (при нижнем расположении якоря) значения, указанного в табл. 2.

При монтаже втулка муфты жестко связывается с ведущим (ведомым) валом при помощи шлицев или шпонки (рис. 4). Рекомендуется выдерживать соосность в пределах 0,01—0,05 мм, в зависимости от габарита муфты. Чем выше частота вращения, тем меньше допустимое отклонение по соосности. Шейки валов, предназначенные для муфт, не должны иметь биение более 0,02 мм.

Меры безопасности при эксплуатации электромагнитных муфт должны быть следующими:

- отрицательный полюс источника питания контактных муфт следует соединить с корпусом муфты;
- в схеме питания необходимо предусмотреть защиту катушки от перенапряжения, возникающего при коммутации муфты;
- осмотр и ремонт следует производить при отключенной муфте.

2.4 Оборудование

Для проведения данной лабораторной работы используются стенды «Плоскоременная передача с управляемой муфтой», его фрагмент показан рис. 1.1, стенд «Электромеханическое устройство ЦПУ», рис. 3.3, и набор приводных муфт. В набор включены предохранительная муфта со срезаемым штифтом, муфта упруго втулочно-пальцевая, а также комплекты дисков от фрикционных муфт различного типоразмера. Измерение размеров конструктивных элементов муфт, необходимых для расчетов при выполнении задания, производить штангенциркулем.

2.5 Последовательность выполнения работ

1. С помощью преподавателя или лаборанта ознакомиться с конструкцией и принципом работы стендов «Электромеханическое устройство ЦПУ» и «Плоскоременная передача с управляемой муфтой».

дует иметь в виду, что установившаяся температура катушки не должна превышать 110 °С.

Электромагнитные муфты серии ЭТМ рассчитаны для работы в условиях, обеспечивающих, смазку их минеральным маслом. Его подача к муфте должна осуществляться по каналам вала или поливом, при особо легких тепловых режимах допускается погружение части муфты в масляную ванну. Для смазки и охлаждения электромагнитных муфт должны применяться минеральные масла, не содержащие металлических и других включений, а также заметных примесей, влияющих на изоляционные свойства масел. Рекомендуется индустриальное масло 20 ГОСТ 1707-51. Катушка муфты должна быть защищена от перенапряжений, возникающих при коммутации муфты. В процессе эксплуатации муфты не требуют никакой регулировки. Следует периодически контролировать износ дисков, а также чистоту масла. Износ дисков не должен превышать 20 % их первоначального веса. При большем износе диски необходимо заменить новыми.

Табл. 2.1. Характеристики электромагнитных муфт, ГОСТ 15150-69

Тип муфты	Габарит	Момент, кгс×м	Напр., В	Ток, А	Частота вращения, мин ⁻¹	D ₁ , мм	D ₂ , мм
ЭТМ056	05	1,6	24	0,60	5000	80	30
ЭТМ066	06	2,5	24	0,70	4500	90	33
ЭТМ076	07	4,0	24	0,85	4000	100	38
ЭТМ086	08	6,3	24	1,10	3500	110	46
ЭТМ096	09	10,0	24	1,40	3000	120	51
ЭТМ106	10	16,0	24	1,50	2800	135	57
ЭТМ156	15	160,0	24	4,00	1600	235	115

Муфты серии ЭТМ можно устанавливать как на горизонтальных, так и на вертикальных валах. При монтаже на вертикальном валу электромагнитная муфта, начиная с 10-го габарита, ставится якорем

ние имеют дисковые муфты. В дисковых муфтах рабочими поверхностями служат плоские торцы дисков. При перегрузке фрикционная муфта буксует, предохраняя машину от поломок. Фрикционные муфты не допускают несоосности соединяемых валов. Для уменьшения силы прижатия дисков и габаритов муфты применяют конструкции не с одной, а со многими парами поверхностей трения — многодисковые муфты.

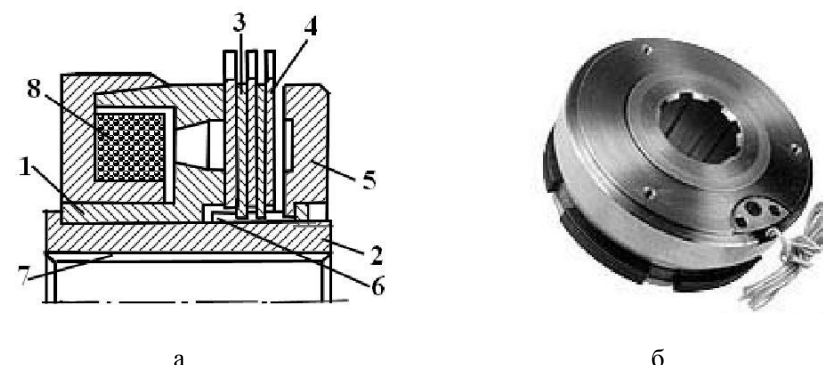


Рис. 2.4. Конструкция фрикционной электромагнитной муфты

Электромагнитные муфты серийно выпускаются промышленностью следующих типов: фрикционная электромагнитная муфта с контактным токоподводом — контактная электромагнитная муфта, фрикционная бесконтактная электромагнитная муфта, муфта с вынесенным токоподводом — тормозная фрикционная электромагнитная муфта. Схема конструкции и общий вид тормозной фрикционной электромагнитной муфты приведен на рис. 2.4. Она состоит из двух полумуфт — неподвижной 1 и вращающейся 2. Пакета фрикционных дисков — внутренних 3 и наружных 4, и якоря 5, который вращаясь вместе с полумуфтой 2, может совершать осевое перемещение по шлицу 6. В пазы внутренних дисков 3 входит шлиц 6 расположенный на внешней поверхности полумуфты 2, а в пазы на наружной поверхности дисков 4 — входят шлицы, расположенные по месту установки муфты. Это может быть корпус технологического оборудования или шарнирное соединение манипулятора или робота. Муфта сопрягается с вращающимся валом посредством шлицов 7.

Катушка электромагнита 8 закреплена в полумуфте 1. При подаче напряжения на катушку муфты якорь притягивается к корпусу и сжимает пакет фрикционных дисков. Между дисками под действием нажимной силы F_a возникают силы трения, обеспечивающие передачу вращающего момента. Чтобы давление сжатия равномерно распределялось по всей поверхности дисков, крайние внутренние диски делают большей толщины. Выводные концы катушек тормозной муфты выведены наружу через специальное отверстие в корпусе, рис. 2.4 б.

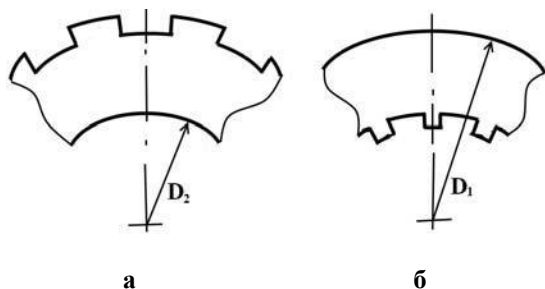


Рис. 2.5. Конструкция дисков фрикционной муфты

В многодисковых муфтах общее число дисков ограничивают, так как с их увеличением растет доля нажимной силы, затрачиваемая на преодоление сил трения в шлицах (пазах) при осевом движении дисков. Число наружных дисков масляных муфт — не более 11, сухих — не более 4.

Момент сил трения для многодисковой муфты

$$T_{тр} = 10^{-3} F_a f R z k_z,$$

где $Z = (z_H + z_B - 1)$ — число пар трущихся поверхностей, при $z = 4$ ($z_H = 2, z_B = 3$); z_H и z_B — число наружных и внутренних дисков; k_z — коэффициент, учитывающий влияние числа дисков (при $z_H = 3$; $k_z = 1$; при $z_H = 6$; $k_z = 0,91$; при $z_H = 11$; $k_z = 0,75$); f — коэффициент трения; R — средний радиус поверхности трения дисков $R = (D_H + D_B)/4$.

Необходимую силу сжатия дисков F_a , вычисляют по формуле

$$F_a = \frac{10^3 \beta T_p}{f R z k_z}.$$

Давление на трущихся поверхностях

$$\frac{F}{a} \quad \frac{4F}{a}$$

Многодисковые муфты имеют малые габариты, что особенно важно для быстроходных приводов. Муфты с механическим управлением применяют для передачи малых и средних вращающих моментов (25...2500 Нм при диаметрах валов $d = 22...100$ мм.). При передаче больших моментов многодисковые муфты снабжают пневматическим, гидравлическим или электромагнитным дистанционным управлением.

Фрикционные муфты могут работать без смазочного материала — сухие муфты или в жидкой масляной среде. Смазывание уменьшает изнашивание рабочих поверхностей, но усложняет конструкцию муфты. Материалы для изготовления фрикционных муфт — конструкционные стали, чугун СЧ30. Фрикционные материалы: асбесто-проволочная ткань, порошковые композиты и фрикционная пластмасса, которые применяют в виде накладок.

2.3.6 Эксплуатация фрикционных муфт серии ЭТМ

Муфты электромагнитные фрикционные многодисковые серии ЭТМ, предназначены для автоматического и дистанционного управления приводами различных машин и механизмов. Пример условных обозначений муфт согласно ГОСТ 15150-69: ЭТМ 136-3-04: — муфта 13-го габарита, тормозная, со шлицевым посадочным отверстием третьего ряда, исполнение нулевое, категория четвертая 4. Питание муфт осуществляется от сети постоянного тока или от сети переменного тока через двухполупериодный выпрямитель. Для муфт пятого — седьмого габаритов необходимо фильтровать пульсации на выходе выпрямителя. Величина фильтрующей емкости должна быть 1500—2000 мкФ. Основные эксплуатационные характеристики муфт приведены в табл. 2.1.

Предохранение якоря муфты ЭМ от залипания, снижение вероятности схватывания осуществляется за счет охлаждения и смазки трущихся поверхностей

Электромагнитные муфты должны работать в релейном режиме (включено-отключено), использование муфт в режиме длительного скольжения не допускается. При выборе режима работы муфты сле-

