

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Автоматизация машиностроительного производства»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1	Лабораторная работа №1 Изучение конструкции и принципа действия токарного автомата	4
2	Лабораторная работа №2 Изучение устройства и принципа действия оборудования с ЧПУ (ТМС-450)	19
3	Лабораторная работа №3 Изучение конструкций промышленных роботов	28
4	Лабораторная работа №4 Изучение конструкции блокировочных устройств и элементов тепловой защиты электрооборудования	39
5	Лабораторная работа №5 Изучение типовых элементов и систем пневмоавтоматики	58
6	Лабораторная работа №6 Изучение устройства и принципа действия автоматизированного склада СТАС – 50, 25	76
7	Лабораторная работа №7 Изучение и наладка релейной системы управления трехфазным электродвигателем	86
8	Лабораторная работа №8 Изучение устройства технологической оснастки с пневматическим приводом	99

Введение

С появлением новых компьютерных технологий произошел интеллектуальный скачок, позволяющий архитекторам-художникам работать в новом виртуальном мире. Анализ тенденции развития современного промышленного производства показывает, что проблемы достижения высокого качества и конкурентоспособности продукции невозможно решить без применения современных информационных технологий на основе широкого использования компьютерной техники, локальных и глобальных сетей, позволяющих организовать надежный, происходящий в режиме реального времени, обмен информацией. Внедрение и широкое использование компьютерных технологий позволяет создавать высококачественные изделия в кратчайшие сроки.

Выполнение лабораторных работ необходимо для освоения профессиональных компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 - Способен разрабатывать технологии и программы изготовления деталей средней сложности типа тел вращения на токарных станках с ЧПУ с многопозиционной револьверной головкой	ИД-1 _{ПК-1} Анализирует основные технологические возможности станков с ЧПУ	Знать конструктивные особенности и основные технологические возможности оборудования с ЧПУ и его инструментального обеспечения
ПК-5 - Способен выполнять работу в области автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства.	ИД-1 _{ПК-5} Анализирует технологические процессы механосборочного производства с целью выявления операций, подлежащих автоматизации и механизации	Знать особенности технологических процессов для автоматизированного производства, выявлять операции, подлежащие автоматизации и механизации
	ИД-2 _{ПК-5} Проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	Выполнять выбор и определять конструктивные параметры средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства
	ИД-3 _{ПК-5} Внедряет средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	Внедрять элементы автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ТОКАРНОГО АВТОМАТА

Цель: получение и закрепление знаний о конструкции одношпиндельного токарно-револьверного автомата.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение, устройство токарно-револьверного автомата мод. 1Б136, принцип работы станка, основные узлы станка.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: изучение кинематических схем автоматического оборудования

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками выбора и эксплуатации автоматического оборудования

Актуальность темы: Станки токарной группы, работающие в автоматическом и полуавтоматическом режимах, предназначены для обработки разнообразных поверхностей тел вращения из штучных или прутковых заготовок. Здесь широко используются высокоэффективные технологические способы обработки элементарных поверхностей: обработка широкими резцами с поперечной подачей, обтачивание фасонными резцами наружных и внутренних поверхностей, применение резьбонарезных головок и т.д. Применяется концентрация обработки заготовки несколькими инструментами одновременно: двумя и более резцами, резцами и сверлом и т.п. Сочетание указанных и других приемов позволяет быстро и точно вести обработку. Вместе с тем все эти инструменты должны вступать в работу в нужный момент, а одновременно работающие инструменты должны быть определенным образом расположены. Для обеспечения этого требуются дополнительные затраты времени и материальных средств, что делает рациональным использование подобного оборудования лишь при достаточно большой программе выпуска, т.е. в условиях массового, крупносерийного и серийного производства. В этих случаях сокращение времени обработки заготовок по сравнению с временем обработки на универсальных станках вполне

компенсирует затраты на наладку автомата или полуавтомата и сокращает трудовые затраты на изготовление партии деталей.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Автоматом называется самоуправляющаяся рабочая машина, которая самостоятельно, без вмешательства человека осуществляет все действия рабочего цикла и нуждается лишь в наладке для выполнения заданного технологического процесса и периодическом контроле. Если для повторения рабочего автоматического цикла требуется вмешательство рабочего (чаще всего для загрузки-выгрузки заготовок, деталей), то такой станок называется полуавтоматом.

Одношпиндельные токарно-револьверные автоматы предназначены для токарной обработки деталей из пруткового материала различных сечений (круглого, шестигранного, квадратного и др.). Пруток, выдвинутый на длину обрабатываемой детали из цанги и зажатый ею, вращается в шпинделе, имеющем различные частоты вращения в одном цикле. Обработка осуществляется режущими инструментами, закрепленными в резцедержателях (державках), устанавливаемых в револьверную головку или на поперечных суппортах. Револьверная головка имеет шесть позиций (гнезд) для установки оправки, в каждой из которых может быть закреплено до трех инструментов (рисунок 1).

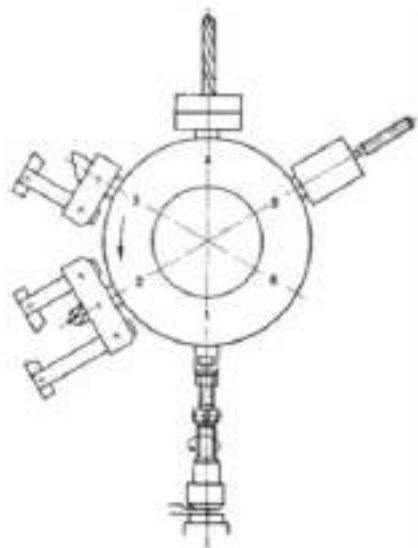


Рисунок 1

Все движения режущие инструменты получают от кулачков, установленных на распределительном валу автомата, через систему рычагов. Плечо рычага, контактирующего с кулачком, оканчивается роликом, свободно обкатывающем поверхность кулачка. Деталь обрабатывается за один оборот распределительного вала. Токарно-револьверный автомат мод. 1Б136 предназначен для обработки деталей сложных форм с применением нескольких последовательно или параллельно работающих инструментов в условиях крупносерийного и массового производства.

Характеристика станка. Наибольший диаметр обрабатываемого прутка 36 мм; наибольшая длина подачи прутка 90 мм; наибольшая длина проточки 80 мм. Число скоростей шпинделя: при правом вращении 13, при левом вращении 13. Число оборотов шпинделя при левом вращении 160 — 2500 в минуту, при правом вращении 64 — 1000. Мощность электродвигателя 5,5 кВт.

На рисунке 2 представлен общий вид автомата. На тумбе 7 установлена станина 1. С левой ее стороны располагается шпиндельная бабка 2, с правой — револьверный суппорт с шестипозиционной револьверной головкой 5, имеющей горизонтальную ось вращения.

На центральной части станины установлены поперечные суппорты: один вертикальный 3 и два горизонтальных 4 (передний и задний). В тумбе размещен привод движений автомата.

Распределительный вал 6, смонтированный в подшипниках на передней стенке станины, несет группу кулачков поперечных суппортов 8, кулачек револьверного суппорта 10 и барабаны управления 9. Кулачки осуществляют подачу суппортов, а барабаны дают команды на вспомогательные движения исполнительных механизмов.

Принцип работы станка. Обрабатываемый пруток пропускается через направляющую трубу и закрепляется в шпинделе станка цанговым зажимом. Инструмент крепится в револьверной головке и на поперечных суппортах. Инструментом револьверной головки, имеющей продольное перемещение, производится обтачивание, обработка отверстий и нарезание резьбы, а инструментом поперечных суппортов —

обработка фасонных поверхностей, подрезка, снятие фасок и отрезка готовой детали, накатывание рифлений.

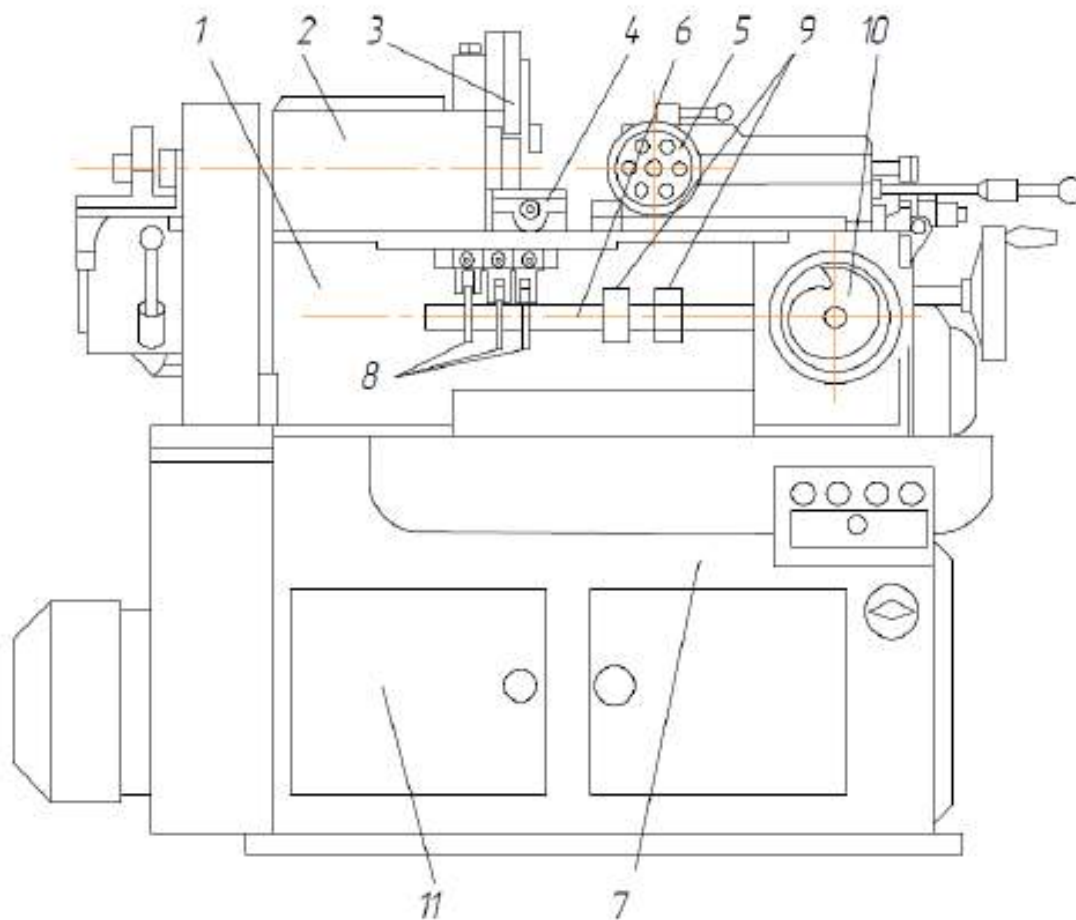


Рисунок 2

Привод автомата. На рисунке 3 дана кинематическая схема станка. Автомат имеет следующие основные элементы привода: коробку скоростей, распределительный вал, состоящий из двух участков XIII и XIV, и вспомогательный вал VII. Коробка скоростей предназначена для установления заданной скорости вращения шпинделя и автоматического изменения ее в процессе обработки детали. Распределительный вал служит для привода рабочих движений суппортов и подачи команд управления, а вспомогательный вал сообщает движение исполнительным механизмам (механизм подачи МП и зажима МЗ заготовки, механизм поворота револьверной головки).

Привод главного движения. Шпиндель получает вращение от электродвигателя М1 через коробку скоростей. С вала I коробки скоростей, соединенного с электродвигателем, через зубчатые колеса 58—37 или 42—53, или 27—68 с помощью электромагнитных муфт ЭМ₁, ЭМ₂ и муфты обгона М₁, передается три скорости валу II. От вала II парой сменных колес А — В вращение передается валу III. Далее, через реверсивное устройство с зубчатыми колесами 47—47 или 24—40—60 и электромагнитными муфтами М₃ и М₄ получает вращение вал IV, а затем через ременную передачу вращение сообщается шпинделю. Таким образом, при одной установленной паре сменных колес шпиндель может иметь три правые и три левые скорости.

В соответствии с режимами резания шпинделю для каждой позиции револьверной головки автоматически сообщается необходимое число оборотов. Это происходит одновременно с поворотом револьверной головки. Кривошип, закрепленный на валу IX, через мальтийский механизм МК1 поворачивает на 1/6 оборота кулачковый вал переключателя скоростей, который, включая попеременно электромагнитные муфты ЭМ₁ или ЭМ₂ в коробке скоростей (или выключая их обе), изменяет число оборотов шпинделя для каждой позиции револьверной головки.

Реверсирование вращения шпинделя для нарезания резьбы осуществляется при помощи кулачков К₅, закрепленных на поперечном участке распределительного вала XIII. Кулачки, воздействуя на конечный выключатель ВК, переключают электромагнитные муфты реверса ЭМ₃ и ЭМ₄ в коробке скоростей.

Привод вспомогательного и распределительного валов. Вспомогательный вал VII получает вращение от электродвигателя М2 через червячную пару 2—24. Вращение вспомогательного вала при настройке станка можно также осуществлять вручную — маховиком МХ при выключенной зубчатой муфте М₂.

От вспомогательного вала вращение передается на промежуточный вал VIII, на вал IX поворота револьверной головки и привода переключения скоростей, а также на распределительный вал XIII и XIV. Вспомогательный вал имеет постоянное число оборотов, равное 120 в минуту.

Промежуточный вал VIII несет закрепленные на нем барабаны К6 для подачи и К5 для зажима заготовки. Число оборотов промежуточного вала 60 в минуту. Время подачи и зажима материала $t = 1$ сек.

На распределительном валу устанавливаются сменные дисковые кулачки К1 К2 К3 К4. Первый служит для подачи револьверного суппорта, остальные — для поперечных суппортов. Барабаны Б2 и Б1 подают команды: первый — на поворот револьверной головки, второй — на подачу и зажим материала. Скорость вращения его устанавливается в зависимости от времени, необходимого для изготовления одной детали сменными колесами а—b, с—d.

Валы XIII и XIV вращаются с одинаковой угловой скоростью.

В процессе изготовления детали выполняются рабочие движения суппортов и вспомогательные операции: подача и зажим материала, поворот револьверной головки. Необходимо, чтобы все движения исполнительных механизмов осуществлялись в определенной последовательности.

Это достигается с помощью барабанов управления Б1 и Б2, установленных на распределительном валу XIV (см. рис.3). На барабанах закреплены кулачки которые, воздействуя на рычаги Р1 и Р2, подают команду на включение однооборотных муфт М3 и М4, которые после выполнения заданного цикла движения автоматически отключаются.

2. Узлы станка

2.1 Барабаны управления и самовыключающиеся однооборотные муфты

Для работы автомата необходимо, чтобы все движения исполнительных механизмов осуществлялись в определенной последовательности. Это достигается с помощью барабанов управления, установленных на распределительном валу XIV. На барабанах закреплены специальные кулачки, включающие исполнительные механизмы, которые после выполнения заданного цикла движения автоматически отключаются с помощью самовыключающихся однооборотных муфт. Ведущая часть 9 кулачковой муфты (рисунок 4,а) вращается вместе с валом VII. На нем же свободно сидит подвижная полумуфта 3, которая справа имеет два удлиненных

торцовых кулачках 4, входящих в вырезы ступицы зубчатого колеса 10. Пружина 11 стремится переместить полумуфту 3 влево, но палец 2, установленный на рычаге 8, находится в пазу муфты, не давая ей включаться.

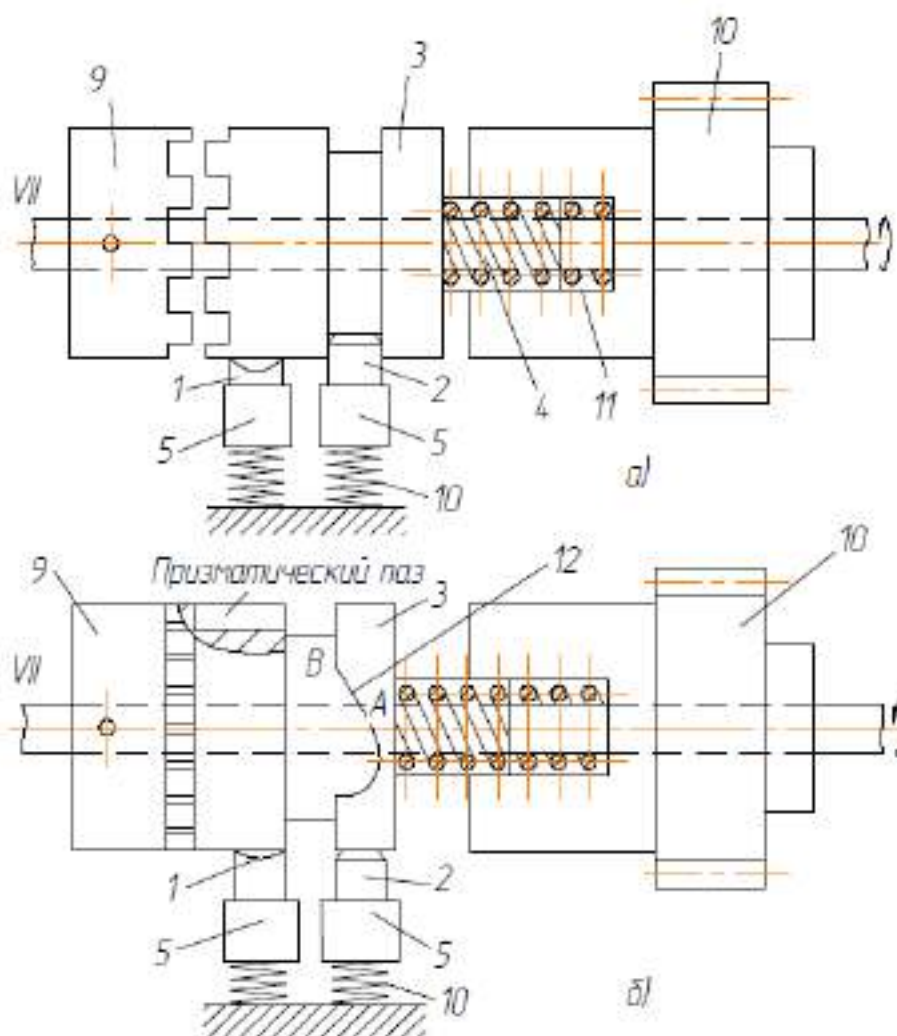


Рисунок 4. Однооборотные самовыключающиеся муфты.

Команда на включение муфты (на примере револьверной головки) подается от распределительного вала XIV (рисунок 3) сухарика установленного на барабане Б₂. При вращении барабана кулачок поднимает правый конец рычага 5, и палец освобождает подвижную полумуфту 3. Под действием пружины 11 (рисунок 4,а) она смещается влево и входит в зацепление с ведущей полумуфтой 9. Одновременно призматический фиксатор 1, сидящий на рычаге 5, выжимается из паза

В новом положении (рисунок 4,б) детали 9 и 3 начинают вращаться вместе с валом VII, а палец 2 и фиксатор 1 скользят по цилиндрическим поверхностям полу-

муфты 3. Когда фигурный паз 12 с рабочим скосом АВ подойдет к пальцу 2, последний под действием пружины 10 западает в него, и при дальнейшем повороте полумуфты 3 палец, перемещаясь по скосу АВ, выжимает эту полумуфту вправо и выводит ее из зацепления с полумуфтой 9. Одновременно фиксатор 1 западает в призматический паз полумуфты 3 и фиксирует ее.

2.2 Шпиндельная бабка

На рисунке 5 представлен продольный разрез шпиндельного узла автомата. Шкив 3, установленный на подшипниках на втулке 4, связан со шпинделем 2 посредством фланца 18. Внутри шпинделя расположен механизм подачи и зажима прутка. Он состоит из подающей цанги 10, ввернутой в правый конец трубы 6, зажимной цанги 12, стакана 11, втулки 13, трубы 9 и механизма перемещения этой трубы. Левый конец подающей трубы 6 закреплен в подшипнике 1, установленном на салазках 17, и перемещается с ними в направляющих вдоль оси шпинделя.

Муфта 5 с левого конца имеет коническую поверхность. При перемещении муфты 5 влево длинные плечи рычагов 8 сближаются. Это приводит к повороту рычагов вокруг точек их опоры у неподвижного кольца 7, закрепленного на шпинделе. В результате этого короткие плечи рычагов смещают вправо зажимную трубу 9 и стакан 11, который своим внутренним конусом сжимает зажимную цангу 12. Пока муфта 5 находится в показанном на рисунке положении, самопроизвольное освобождение зажимной цанги невозможно.

Цикл зажимной операции протекает следующим образом. Подающая цанга находится в правом положении. Кулачок, установленный на барабане Б₁ (рисунок 2), поднимает один конец рычага, противоположный конец которого, опускаясь, освобождает однооборотную муфту М₃. Под действием пружины она перемещается влево, входит в зацепление с полумуфтой, жестко закрепленной на вспомогательном валу, и начинает поворачиваться, передавая вращение через зубчатые колеса 36-72 на кулачки К₅ и К₆.

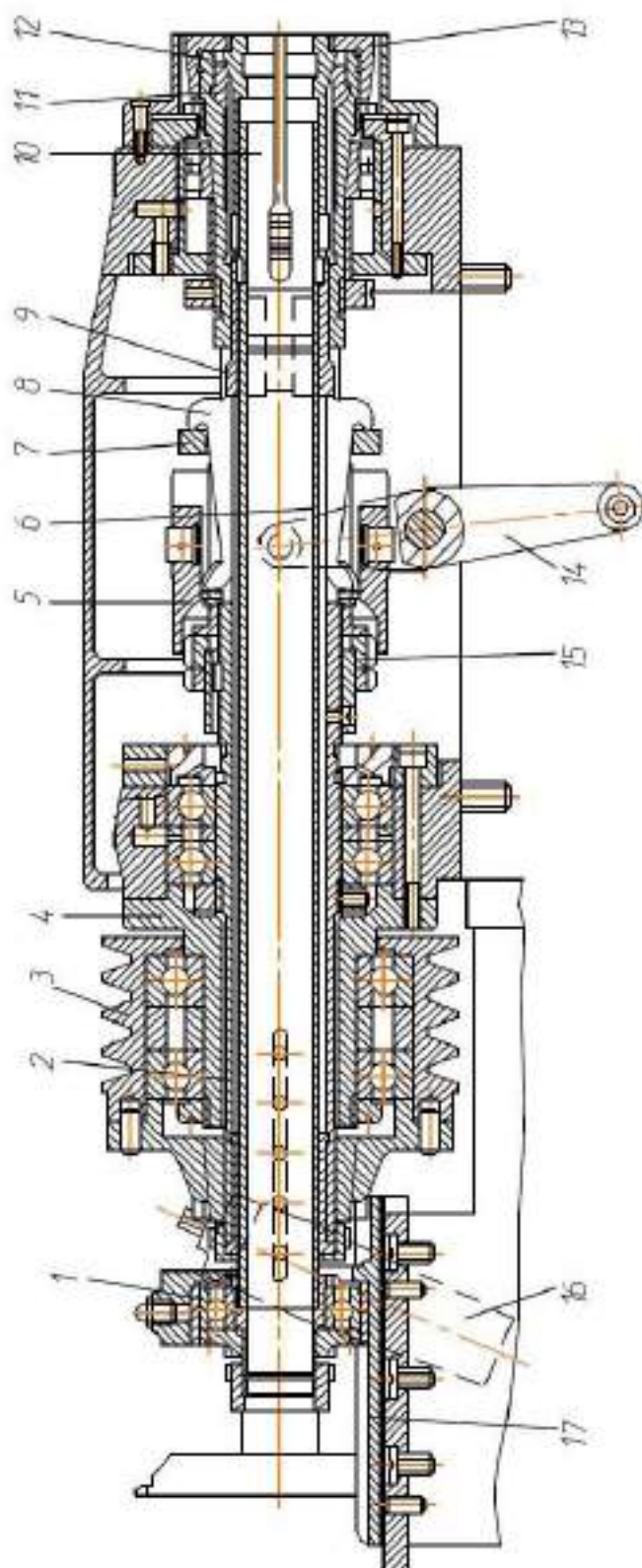


Рисунок 5. Шпиндельный узел

Рабочие участки этих кулачков спрофилированы таким образом, что, повернувшись на один оборот, они с помощью рычагов 14 и 16 (рисунок 4) перемещают:

первый – муфту 5, второй – салазки 17. Салазки отходят влево на заданную длину подачи прутка. Лепестки цанги при этом скользят по зажатому прутку. После этого муфта 5 отходит вправо, освобождая зажимную цангу 2 и пруток. Затем салазки 17 с трубой 6, подающей цангой и прутком перемещаются вправо, и пруток доходит до упора, который устанавливается в этот момент против торца шпинделя в одном из гнезд револьверной головки.

После этого муфта 5 перемещается влево, цанга 12 зажимает пруток. Сила зажима прутка регулируется гайками 15. На подачу и зажим прутка требуется один оборот вала VIII с кулачками K_5 и K_6 (рисунок 2).

2.3 Револьверный суппорт

В корпусе суппорта (рисунок 6) размещен горизонтальный вал с шестипозиционной револьверной головкой 13. Водило 2 находится на ведущем диске 3.

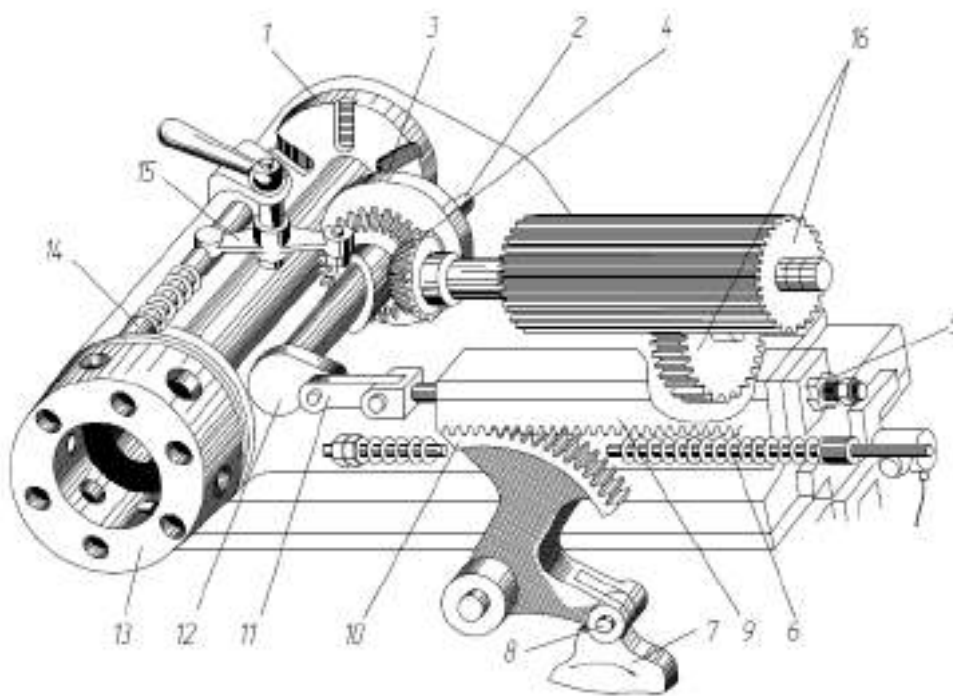


Рисунок 6. Револьверный суппорт

Диск имеет торцовый кулачок 4, находящийся в контакте через двуплечий рычаг 15 с фиксатором 14 револьверной головки. Кривошип 12, связан через шатун 11 с рейкой 9, которая может перемещаться в продольном пазу корпуса суппорта. Ролик

8 опирается на дисковый кулачок револьверного суппорта 7, закрепленный на распределительном валу станка. Пружина 6 стремится переместить суппорт вместе с револьверной головкой, кривошипом 12, шатуном 11 и рейкой 9 вправо, однако этому препятствует рейка, удерживаемая зубчатым сектором 10 и кулачком 7.

Револьверный суппорт имеет два независимых движения: медленную рабочую подачу от кулачка 7 и быстрый отвод, поворот и подвод через колеса 16.

После быстрого отвода суппорта в крайнее правое положение револьверная головка поворачивается.

При рабочей подаче кулачок 7, вращаясь по часовой стрелке, через зубчатый сектор 10 перемещает влево рейку 9, а вместе с ней и весь суппорт, так как кривошип 12, и шатун 11 при этом находятся в мертвом положении. Пружина 6 в это время сжата. При нисходящем профиле кулачка 7 она возвращает суппорт в исходное положение.

Холостой ход револьверного суппорта с поворотом револьверной головки осуществляется вспомогательным валом с помощью однооборотной самовыключающейся муфты M_4 (рисунок 3). Команда на эту операцию подается кулачком барабана B_2 . В нужный момент кулачок, воздействуя на самовыключающуюся муфту M_4 , освобождает ее. Муфта, включаясь, вращает зубчатые колеса 57-76-38, 23-46 и кривошипный диск Кр. Торцовый кулачок 4 (рисунок 6), воздействуя на рычаг 15, выводит фиксатор 14 из гнезда и освобождает револьверную головку. Вслед за этим водило 2 заходит в паз мальтийского механизма и поворачивает его на $1/6$ оборота, после чего фиксатор под действием пружины западает в очередное гнездо головки и фиксирует ее. Перед поворотом головки кривошип 12, вращаясь по часовой стрелке, выходит из мертвого положения с шатуном 11, благодаря чему суппорт теряет неподвижную опору (рейку 9) и пружина 6 быстро перемещает его вправо. После поворота кривошипа 12 на 180° он, отталкиваясь от неподвижной рейки 9, сообщает револьверному суппорту быстрое движение вперед в исходное положение и оказавшись снова в мертвом положении, останавливается, так как в этот момент размыкается одно-оборотная самовыключающаяся муфта M_4 (рисунок 2).

2.4 Поперечные суппорты

Поперечные суппорты получают поступательное движение в сторону оси шпинделя от рычагов с зубчатыми секторами 4 (рисунок 7), связанными с зубчатыми рейками 3, а установочное перемещение при настройке – от винтов 5 и 6. Рабочее движение суппорты получают от кулачков 7 и 8, установленных на распределительном валу автомата 9.

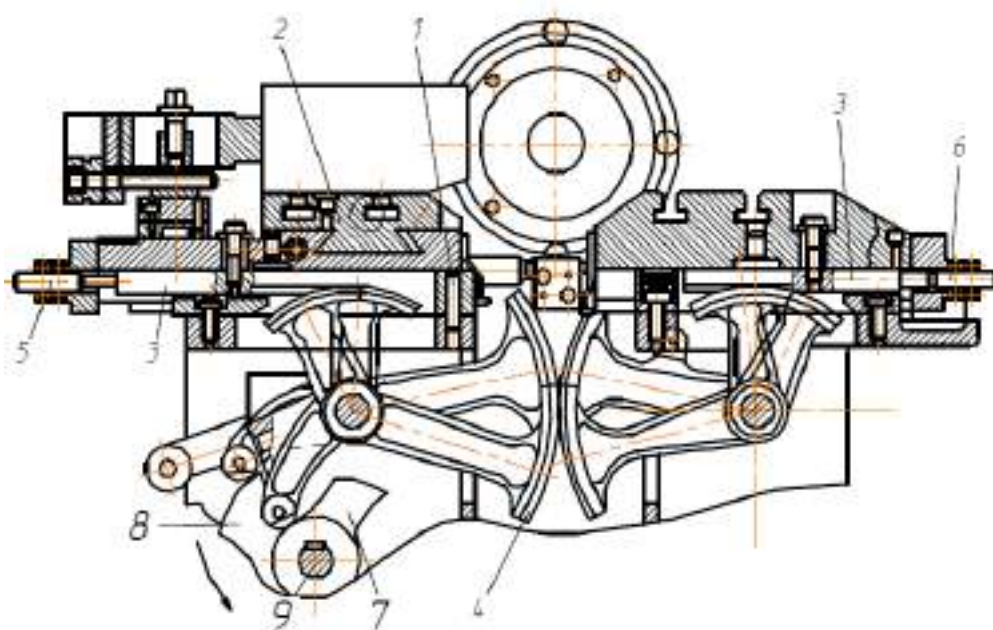


Рисунок 7. Поперечные суппорты

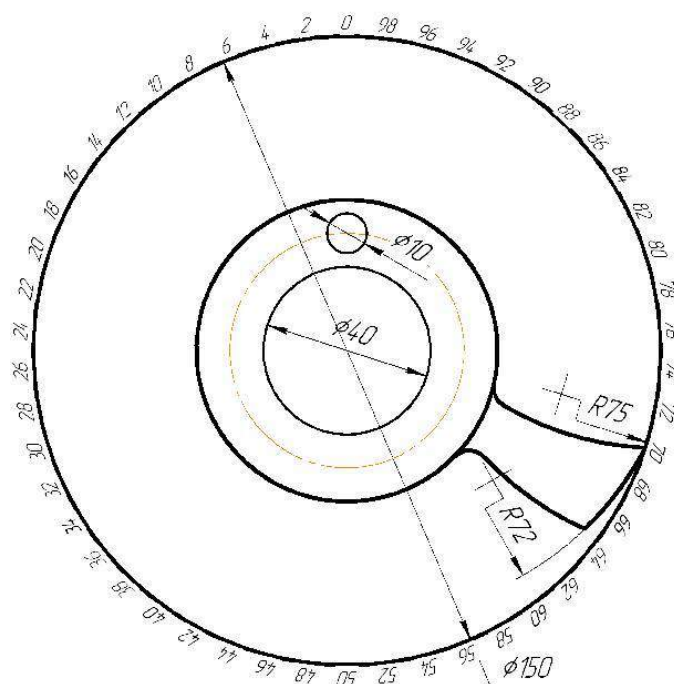


Рис. 8 Кулачек переднего суппорта

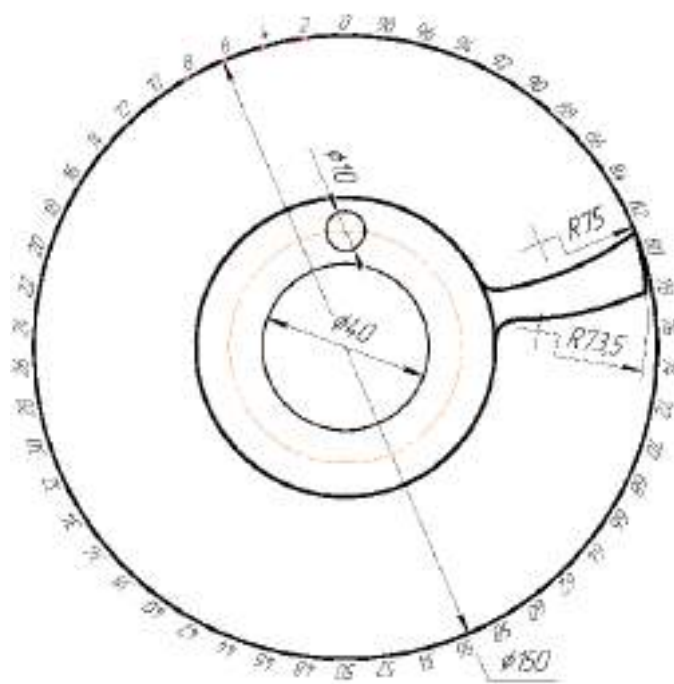


Рис 9 Кулачек верхнего суппорта

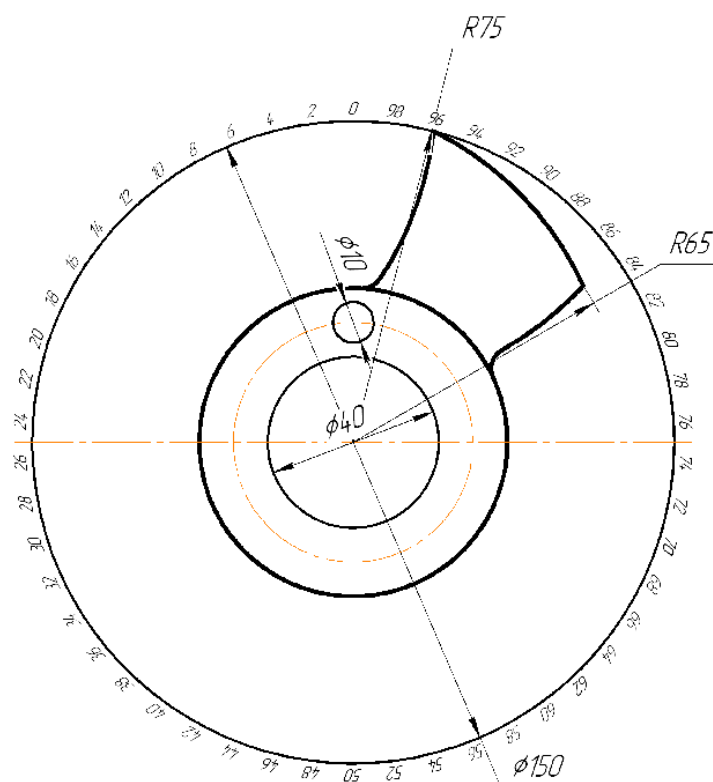


Рис. 10 Кулачек заднего суппорта

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Токарно-револьверный автомат мод. 1Б136.

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории.

Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки. Без заземления работа запрещена.

Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

- 1 Изучить теоретическую часть.
2. Законспектировать, зарисовать схемы (рис. 1...10), можно вклеить.
3. Ответить на вопросы при защите работы

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы студент представляет преподавателю полностью оформленный бланк отчета, кинематическую схему оборудования и должен быть готов ответить на любой из контрольных вопросов.

1. Название работы и цель работы.
2. Теоретический материал (объем определяется студентом самостоятельно).
3. Индивидуальное задание.
4. Тип и назначение оборудования.
5. Принцип работы оборудования.
6. Кинематическая схема станка.
7. Область применения оборудования.

8. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип работы автомата.
2. Токарно-револьверный автомат мод. 1Б136. Характеристика, устройство, принцип работы.
3. Пояснить кинематическую схему станка 1Б136.
4. Узлы станка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Расчет наладки токарного автомата old.rim.mrsu.ru/.../.
- 2 Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / под общ. Ред. Проф. Ю.З. Житенкова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 420 с. – ил. Доп. УМО. – ISBN 975-5-94178-217-8.

Лабораторная работа №2

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ (ТМС-450)

Цель: Изучение устройства и принципа действия обрабатывающего центра с ЧПУ модель: ТМС-450

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение и область применения современных обрабатывающих центров с ЧПУ, технические характеристики оборудования с ЧПУ.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбирать современное оборудование с ЧПУ.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

навыками работы на обрабатывающем центре с ЧПУ ТМС-450.

Актуальность темы: Современные центры с ЧПУ (числовое программное управление) обеспечивают полную обработку заготовок (сверление, растачивание, фрезерование, развертывание контуров). Выделяют горизонтальные и вертикальные обрабатывающие центры в зависимости от компоновки.

Обрабатывающие станки, в которых предусмотрено перемещение суппортов, оснащенных инструментами, сразу по разным осям, позволяют расширить спектр возможностей по обработке деталей. Все оборудование отличается высокой степенью производительности и широко распространено в машиностроительном производстве.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Под обрабатывающими центрами (ОЦ) понимаются многооперационные станки с числовым программным управлением (ЧПУ), которые могут проводить комплексную механическую обработку 3-хмерных заготовок при помощи различных инструментов. Обрабатывающие центры оснащаются инструментальными магазинами и устройствами для автоматической смены инструмента, что существенно повышает их производительность. На многооперационных станках производят черновую, получистовую и чистовую обработку заготовок, содержащих множество обрабатываемых поверхностей, а также выполняют разнообразные технологические переходы: фрезерование плоскостей, уступов, канавок, окон, колодцев; сверление, зенкерование, развёртывание, растачивание различных отверстий; специальное растачивание отверстий инструментом с тонким регулированием на размер и др.

Для осуществления всех этих операций обрабатывающему центру необходимо иметь большой запас металлорежущих инструментов. У станков с ЧПУ и автоматической сменой инструмента запас инструмента обычно находится в revolverных головках. Наиболее "простые" фрезерно-сверлильные станки предназначены для обработки деталей с использованием 5-12 инструментов. Более сложные мно-

гооперационные станки (обрабатывающие центры) имеют в своём составе инструментальные магазины с запасом в 15-30, а при необходимости в 50-100 и даже более инструментов.

Следующая особенность обрабатывающих центров заключается в наличии у некоторых из них рабочего стола или делительного приспособления с определённым угловым шагом деления. Поворот детали позволяет обработать её с нескольких сторон без переустановки.

Иногда обрабатывающие центры (многооперационные станки) оснащаются дополнительными столами (паллетами) и устройствами для автоматической смены заготовок. Смену заготовки на паллете-спутнике проводят во время работы станка (не останавливая обработку детали, которая в этот момент стоит на другой паллете), что помогает увеличить производительность.

Точность перемещений по осям в обрабатывающих центрах обеспечивается с помощью сервоприводов и управляющей системы ЧПУ. В добавок к этим «встроенным функциям» станков имеются дополнительные системы измерения/калибровки как инструмента, так и детали (например, фирмы Renishaw). Применение таких контактных и бесконтактных лазерных устройств экономит время, необходимое на установку детали и её привязку к системе координат станка. Подобные системы также дают возможность контролировать износ инструмента, взаимное положение детали и инструмента, геометрию обрабатываемой поверхности, что увеличивает точность, повторяемость и качество обработки.

По причине высокой стоимости обрабатывающих центров, их используют для обработки наиболее технологически сложных заготовок. В среднем, один обрабатывающий центр может заменить до трёх-пяти станков с ЧПУ или пять-десять универсальных станков.

В то время, как большинство обрабатывающих центров имеет 3-мерную систему перемещения инструмента относительно детали, для обработки изделий сложной формы зачастую требуется управление режущим инструментом или деталью (столом) ещё по одной или нескольким дополнительным координатам (осям). Для таких работ предназначены 4-, 5- и 6- координатные обрабатывающие центры.

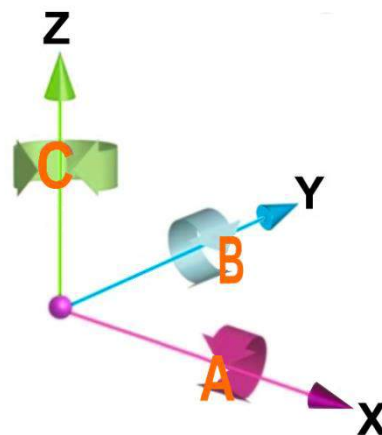
Многие 3-координатные станки по заказу могут быть изготовлены в 4- или 5-координатном исполнении.

Для всех видов станков с ЧПУ применяют единую систему обозначений координат, рекомендованную ISO (International Organisation for Standardisation – Международная организация по стандартизации).

Координатами обозначают:

- положение оси вращения шпинделя (на станках с вращающимся инструментом) или оси вращения заготовки (на станках с вращающейся заготовкой), при этом направление вращения инструмента/заготовки координатой не обозначается
- движение подачи инструмента или заготовки (прямолинейное или круговое).

Все прямолинейные перемещения рассматривают в 3-мерной Декартовой системе координат X, Y, Z. Вращение вокруг каждой из «основных» осей обозначают буквами A, B, C (A - вращение вокруг X, B - вокруг Y, C - вокруг Z). По умолчанию во всех станках положение оси Z совпадает с осью вращения инструмента (или заготовки – на станках с вращающимися заготовками).



Кроме перемещения по основным осям X,Y,Z, возможны перемещения по параллельным, или «вторичным», осям (U,V,W) и третичным (P,Q,R) осям.

В отдельных случаях для того, чтобы на схеме расположения координат станка показать, каким образом осуществляется движение подачи – перемещением инструмента (совместно со шпиндельной бабкой, ползуном, стойкой станка и т.п.) или заготовки (совместно со столом станка) – принято следующее:

- перемещение инструмента обозначают буквами X,Y,Z, и A,B,C
- для перемещения заготовки используют те же буквы, но со штрихом - X',Y',Z' и A',B',C'.

Например, перемещение инструмента вокруг оси X при обходе криволинейного контура обозначают A, поворот заготовки при обработке в поворотном приспособлении - A'. Соответственно, для перемещений вокруг оси Y используются обозначения B и B', вокруг оси Z – C и C'.

ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ МОДЕЛЬ: TMC-450

TMC-450 (металлообрабатывающий станок) специально разработан как для производства, так и для образовательных целей. Это многоцелевой 3-осевой обрабатывающий центр с ЧПУ, подходящий для повышения квалификации технического персонала, применения в опытных производствах и создания опытных образцов.



**Контроллер с кодами GM
схожий с Fanuc**

Мощный промышленный контроллер ЧПУ SYNTEC с различными



Двигатель шпинделя

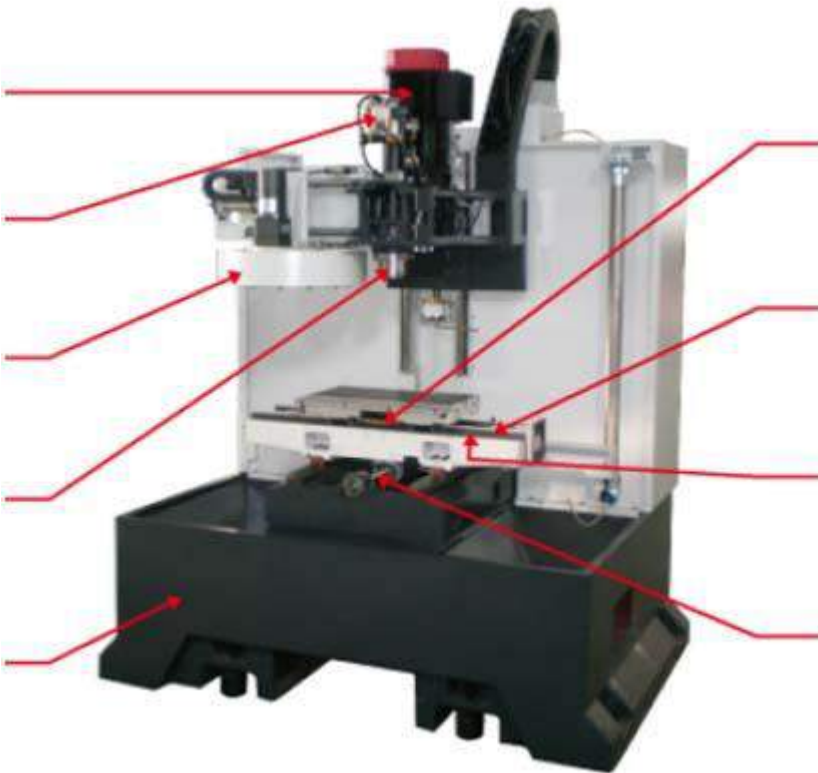
3,7 кВт, привод с помощью инвертора Delta



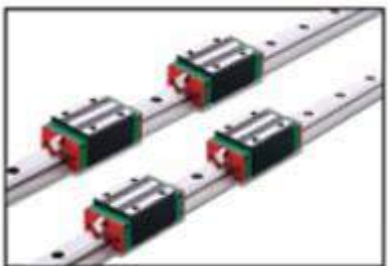
**Быстрый выталкиватель
инструмента**

Высокая производительность и быстрая, плавная работа

функциями, такими как программирование в G/M кодах, диалоговое программирование, дисплей графического моделирования, многоязыковой		
CF карты/ Сеть/ Функция RS-232 Программу в G/M кодах можно передавать с помощью карты CF. Программу CAM можно передавать по сети Ethernet и сохранять программу на жестком диске, либо через интерфейс RS-232 для выполнения DNC.	Насос Иммерсионный насос высокого давления	Автоматическая смазка Система смазки с индикаторным поршневым распределителем Т типа (управляется ПЛК)

Двигатель шпинделя		Автоматическая смазка
Выталкиватель инструмента		Подшипники
Устройство автоматической смены инструментов		Линейные направляющие ШВП Super S
Шпиндель		
Основание станка		

		
Устройство автоматической смены инструмента	Прецизионный шпиндель	Основание станка
Устройство автоматической смены инструментов безманипуляторного	Установлен на прецизионных радиально-упорных	Широкое основание станка, жесткость и стабильность

типа на 12 инструментов. Простая конструкция магазина, безопасное простое техобслуживание и безотказная работа	подшипниках для обеспечения плавного, точного резания	
		
Подшипники Прецизионные подшипни- ки NSK (Япония)	Линейные направляющие Прецизионные линейные направ- ляющие HIWIN	ШВП Прецизионные ШВП С3 класса HIWIN

Технические характеристики:

Характеристики	Модель	ТМС-450
Стол		
Размер стола		250 x 500 мм
Т-образные пазы (Ш x к-во x Ш)		14 x 3 x 77,5 мм
Макс. нагрузка стола		150 кг
Перемещение		
Перемещение по осям X/Y/Z		450/260/350 мм
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола		100-450 мм
Расстояние от центра шпинделя до поверхности колонны		275 мм
Подача		
Шариковая винтовая пара		Ø25 мм шаг 5 мм
Быстрое перемещение по осям X/Y/Z		20 м/мин
Скорость подачи осей X/Y/Z		1-5000 мм/мин
Шпиндель		
Скорость шпинделя		10000 об/мин
Двигатель шпинделя		3,75 кВт
Конус шпинделя		ISO 30
Тип привода шпинделя		Зубчатый ремень привода
Инструментальный магазин		
Емкость магазина		12 шт.
Тип автоматического устройства смены инструмента		Карусельный
Хвостовик инструмента		BT30/CAT30/SK30
Макс. диаметр инструмента		100 мм
Макс. длина инструмента		200 мм
Макс. вес инструмента		4 кг
Время смены инструмента		6 сек.
Двигатель		
Серво двигатель оси X/ Y/ Z		1 кВт/1 кВт/2 кВт
Насос СОЖ		0,5 кВт
Насос смазки		150 Вт
Требуемая электрическая мощность		6кВА
Требуемое давление воздуха		6 кг/см ² (6-7 бар)
Станок		
Размеры станка		1720x1440x2250 мм

Размеры станка в упаковке	1870x1660x2260 мм
Вес нетто/брутто	1800/2000 кг

Характеристики подлежат изменению без предупреждения.

Стандартные принадлежности:

1. Контроллер SYNTEC 220B.
2. Полная кабинетная защита.
3. Автоматическое устройство смены безманипуляторного типа.
4. Система СОЖ.
5. Воздушный обдув шпинделя.
6. Автоматическая смазка.
7. Рабочая лампа.
8. Лампа аварийной сигнализации.
9. Интерфейс RS-232.
10. Теплообменник.
11. Выравнивающие опоры и болты.
12. Ящик с инструментом для наладки.

Дополнительные принадлежности:

1. Трансформатор источника питания.
2. Конвейер для стружки и тележка.
3. 4-осевой интерфейс.
4. 4-осевой поворотный стол с управлением NC.
5. Контроллер ЧПУ FANUC.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Обрабатывающий центр модель – ТМС- 450
2. Инструментальный токарный станок с ЧПУ с наклонными направляющими KDCK-25
3. Обрабатывающий центр (фрезерный) JVC-3
4. 3D фрезерный станок с ЧПУ Роутер 3020BZ
5. Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУРоутер 4230
6. Вертикальный Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУ Роутер 6040
7. 3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND -MDX-40A
8. 3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND-MDX-540A

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории. Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки. Без заземления работа запрещена. Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

- 1 Изучить теоретическую часть.
2. Ответить на вопросы при защите работы

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы студент представляет преподавателю полностью оформленный бланк отчета и должен быть готов ответить на любой из контрольных вопросов.

1. Название работы и цель работы.
2. Теоретический материал (объем определяется студентом самостоятельно).
3. Индивидуальное задание.
4. Тип и назначение оборудования.
5. Принцип работы оборудования.
6. Основные узлы оборудования.
7. Область применения оборудования.
8. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип работы обрабатывающего центра с ЧПУ.
2. Обрабатывающий центр модель – ТМС- 450. Характеристика, устройство, принцип работы.
3. Обрабатывающий центр (фрезерный) JVC-3. Характеристика, устройство, принцип работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обуча-

ющихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / под общ. Ред. Проф. Ю.З. Житникова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019.

Лабораторная работа №3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Цель: Изучить конструкцию промышленных роботов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: перепрограммируемость, преимущества промышленных роботов, типы конструкций роботов, требования к ПР.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбирать конструкцию ПР для решения производственных задач.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками выбора ПР и определения рабочей зоны.

Актуальность темы: Широкое распространение в производственной деятельности человека получили сегодня промышленные роботы. Они служат одним из эффективнейших средств механизации и автоматизации транспортных и погрузочных работ, а также многих технологических процессов. Положительный эффект от внедрения промышленных роботов обычно замечен одновременно с нескольких сторон: растет производительность труда, улучшается качество конечного продукта, снижаются затраты на производство, улучшаются условия труда для человека, и наконец, переход предприятия с выпуска одного вида продукции на другой значительно облегчается.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Промышленный робот – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства про-

граммного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Перепрограммируемость – свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека. К перепрограммированию относится изменение последовательности и (или) значений перемещений по степеням подвижности и управляющих функций с помощью средства управления.

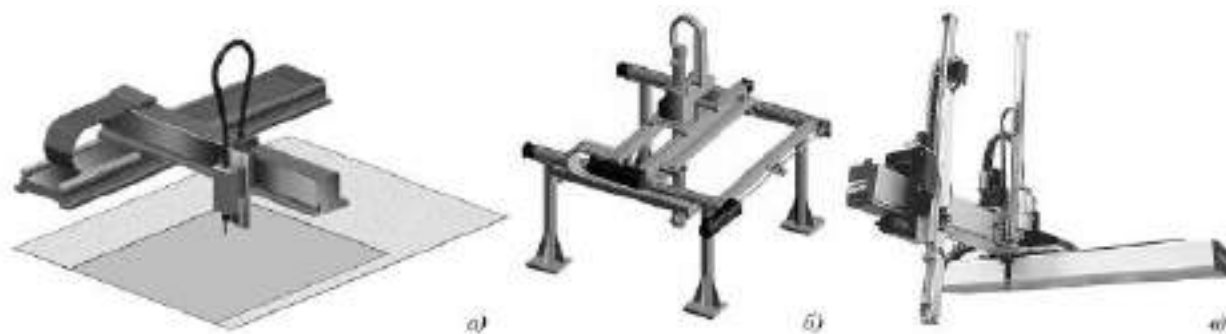
Основные преимущества промышленных роботов:

- повышение производительности выполнения операций по сравнению с использованием ручного труда рабочих;
- возможность многократно выполнять повторяющиеся операции с высокой точностью, что обеспечивает высокое качество изделия;
- способность работать в неблагоприятных для человека условиях (например, при выполнении тяжелых и монотонных работ, в запыленных и загрязненных средах), отсутствие ограничений, свойственных человеку: утомляемости, потребности в питании и сне.

По типу конструкции промышленные роботы можно разделить на несколько групп.

1 Декартовые (картезианские) роботы. Обычно имеют три взаимно перпендикулярные линейные оси перемещения. Рабочее пространство ПР в этом случае имеет форму параллелепипеда (рисунок 1). Эта группа роботов отличается простотой конструкции. Благодаря малому количеству шарниров достигается высокая жесткость конструкции и достаточно низкая стоимость. Так, декартовые роботы серии ZP (ZP1, ZP2 и другие), выпускаемые швейцарской фирмой Gudel, имеют диапазон перемещений по горизонтальной оси Y – 8-10 м (без стыков), а со стыками – 16-100 м, грузоподъемность – от 100 кг до 25 000 кг, линейную скорость – от 100 до 200 м/мин.

К недостаткам можно отнести низкое соотношение размеров обслуживаемого и занимаемого роботом пространств, ограниченные возможности ориентирования инструмента и сложность выполнения операций в ограниченном пространстве.



а) принципиальная схема, б) портального типа, в) типа XYZ

Рисунок 4.1 – Декартовые (картезианские) роботы

Ввиду малого числа управляемых осей (обычно их три) такие роботы нашли наибольшее применение при выполнении таких операций, как работа с листовым материалом (например, сверление, разрезание, склеивание), разливка жидкостей, укладка и фасовка изделий и т.п. Таким образом, для обслуживания металлообрабатывающих станков такие роботы практически не пригодны.

2 Роботы SCARA. Впервые представлены японскими компаниями SankyoSeiki, Pentel и NEC в 1981 году. Роботы получили название «сборочная роботизированная рука с избирательной гибкостью» (Selective Compliance Assembly Robot Arm), или сокращенно SCARA (рисунок 2). Достоинство роботов заключается в параллельном расположении осей соединений, обеспечивающем легкую подвижность руки. Другой особенностью роботов SCARA является двухзвенная конструкция соединения элементов манипулятора, позволяющая ему, подобно руке человека, вытягиваться, втягиваться или поворачиваться. Это особенно удобно для загрузки деталей в рабочую зону станка с ограниченными размерами.

Роботы SCARA обладают более высокой скоростью выполнения операций, чем декартовые манипуляторы равного класса. Так, монтируемый на потолке или стене робот TH 450 фирмы Toshiba Machine при длине руки 450 мм и допустимой нагрузке 5 кг выполняет единичный операционный цикл за 0,3 с с точностью повторения $\pm 0,01$ мм.

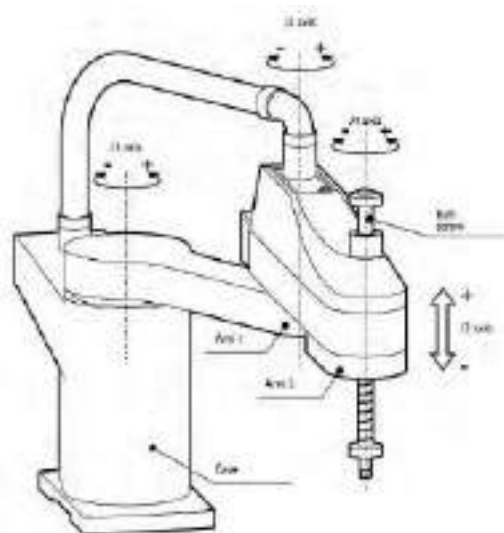


Рисунок 2 – Промышленный робот SCARA

3 Параллельные роботы. Основаны на использовании платформы Стюарта, позволяющей с помощью линейных приводов осуществлять перемещение платформы относительно основания по шести независимым координатам (рисунок 3). Такие механизмы позволяют параллельно управлять усилием, скоростью и перемещением по одной координате выходного звена. Благодаря особенностям конструкции они получили общее название «дельта-роботы».

Роботы этого типа выполняют перемещения со сверхвысокими скоростями. Так, они способны выполнять до 150 захватов изделий в минуту. Примером является робот Adept Quatro фирмы Adept Technology (США), который смонтирован на вращающейся платформе, рассчитанной на нагрузку до 2 кг и обслуживание зоны диаметром 1,3 м. Adept Quatro способен развивать максимальную скорость 10 м/с



Рисунок 3 – Параллельный робот (дельта-робот)

4 Шарнирные роботы. По возможностям перемещения напоминают действия руки человека. Конструкция робота содержит как минимум три поворотных соединения, образующих полярную систему координат. Три управляемые координаты обеспечивают поворот руки (J1), ее наклон в «плечевом» соединении (J2) и сгибание в «локтевом» звене (J3). Три дополнительные поворотные оси (J4, J5, J6) позволяют манипулятору перемещаться в любом направлении на требуемое расстояние (рисунок 4).

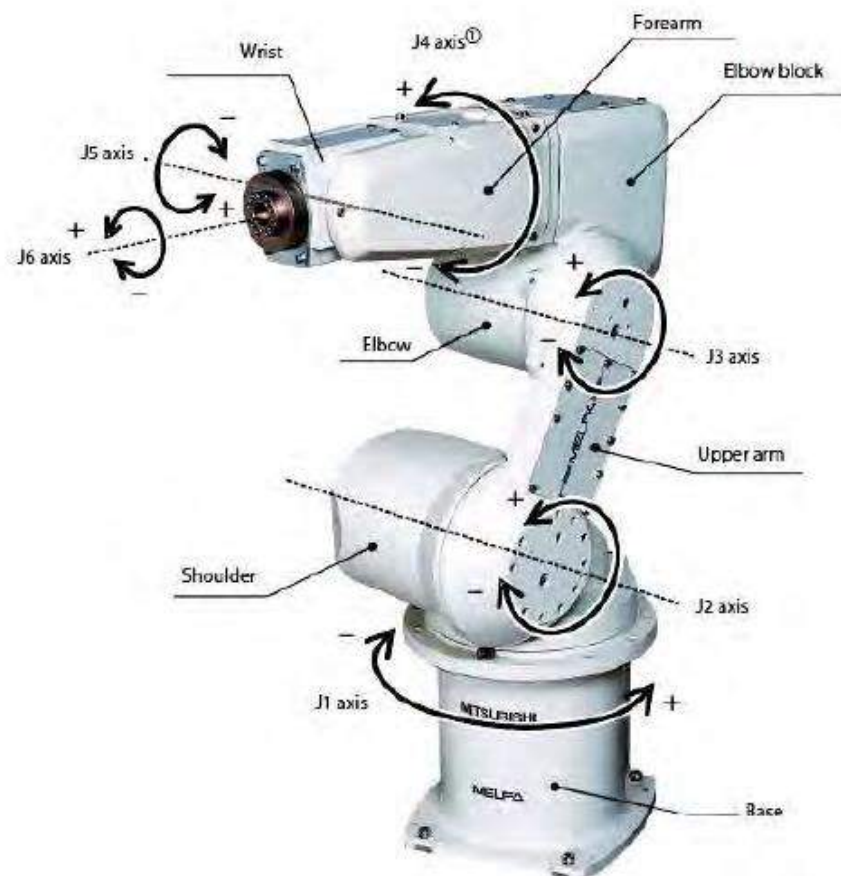


Рисунок 4.4 – Шарнирный робот

Подобная конструкция позволяет манипулятору обходить препятствия, занимать любое положение и направление внутри зоны обслуживания. Роботы с шарнирной рукой используются в самых различных целях. Например, робот с шарнирной рукой манипулирует сварочной головкой почти так же, как это делает человек. Шарнирные роботы компактны и обеспечивают повышенные размеры зоны обслуживания.

Определенный недостаток шарнирных роботов заключается в повышенной сложности управления, когда для перемещения каждого звена используется принцип минимального значения требуемого угла. Это означает, что траектория перемещения инструмента не является прямой линией.

Приведенная классификация роботов по типу их конструкции достаточно условна. Так, роботы с шарнирной рукой могут устанавливаться на платформе с декартовой системой перемещения, роботы SCARA часто дополняются шарнирными манипуляторами.

Технологические возможности ПР определяются рядом показателей: номинальной грузоподъемностью, типом системы управления, геометрическими, скоростными и точностными характеристиками.

Целесообразность применения того или иного ПР в производственных условиях определяется с учетом ряда требований:

1 Соответствие грузоподъемности ПР массе (весу) объекта манипулирования. При этом следует иметь в виду, что в грузоподъемность робота, кроме массы (веса) объекта, входит и масса (вес) захватного устройства.

В технических характеристиках робота часто указывается не только номинальная, но и максимальная нагрузка, которая может существенно превосходить номинальную. Так, отечественный робот модели TUR 15 имеет номинальную грузоподъемность 15 кг, а дополнительная нагрузка при номинальной грузоподъемности составляет 10 кг. Робот модели TX-40 фирмы Staubli допускает максимальную нагрузку 2,3 кг при номинальной 1,7 кг; промышленный робот Adept Cobra-i600 производства США при номинальной грузоподъемности 2 кг имеет максимальную грузоподъемность 5,5 кг. Но работа на максимальной нагрузке зачастую нецелесообразна, т.к. при этом не обеспечиваются другие паспортные характеристики, например: сокращаются размеры рабочей зоны, снижается скорость и точность перемещения и т.п.

2 Соответствие технологических возможностей ПР, определяемых во многом видом системы управления, содержанию необходимых манипуляций с объектом. Так, роботы с позиционной системой управления, которые преимущественно при-

меняются для автоматизированной загрузки металлорежущих станков, осуществляют перемещения рабочих органов по сложным траекториям с большим количеством точек программирования. Робот с адаптивной системой управления, оснащенный 3D-сенсорами, позволяет «видеть», распознавать и выполнять сложные манипуляции с объектами. Такой робот, например, может загружать станки заготовками, хаотично расположенными в обычной таре.

3 Соответствие числа степеней подвижности ПР минимально необходимому их числу для выполнения требуемых операций. Современные роботы имеют от четырех до шести и выше управляемых осей. Требуемое число степеней подвижности определяется содержанием манипуляционных действий, размерами и расположением рабочих зон обслуживаемого оборудования и его количеством, а также рядом других факторов.

4 Соответствие размеров рабочей зоны ПР размерам, форме и расположению рабочих зон обслуживаемого оборудования.

5 Соответствие скоростей перемещения рабочих органов ПР требуемой производительности; соответствие погрешности позиционирования ПР требованиям по точности выполнения основных или вспомогательных операций.

6 Простота и краткость цикла переналадки, конструктивной и программной стыковки с другими подсистемами автоматизированного производства, надежность, экономичность.

В настоящее время большое число зарубежных фирм выпускает разнообразную гамму промышленных роботов различной компоновки, с широким диапазоном характеристик. Наибольшую известность получили роботы производства Японии (Fanuc, Kawasaki, Toshiba, Nachi, Motoman), Германии (Kuka, Reis, Denso), Швейцарии (Gudel, Staubli) и многих других стран. В последнее время начинает осваиваться выпуск современных роботов в нашей стране (ООО «Волжский машиностроительный завод», ООО «Робокон»).

Для автоматизированной загрузки металлообрабатывающего оборудования наиболее эффективны шарнирные промышленные роботы, обладающие широкими технологическими возможностями. Промышленные роботы SCARA в основном

применимы для паллетирования (складирования, фасовки); для обслуживания станков используются довольно редко ввиду ограниченных манипуляционных возможностей (уменьшенное число степеней подвижности, малый диапазон перемещений, особенно по вертикальной оси). Дельта-роботы отличаются высоким быстродействием и также наиболее эффективны для выполнения операций расфасовки, перекладки, в меньшей степени пригодны для загрузки металлорежущих станков.

Робот Kuka KR-6 R900 sixx – скоростная высокоточная миниатюрная модель, созданная для работы в ограниченном пространстве в течении длительного времени. Он идеально подходит для лабораторий и производства мельчайших деталей, обладает поразительной точностью и почти не требует обслуживания. Манипулятор оснащен системой распознавания нового поколения. Это 6-ти осевой робот, который может быть закреплен практически на любой поверхности, в том числе на потолке или полу. Максимальный радиус 901 мм, а поднять можно грузы до 6 кг, при собственном весе – 52 кг.



Особенности модели KR-6 R900 sixx:

- высокая точность в работе;
- широкая область применения;
- простота в установке и обслуживании;
- возможность интеграции в конвейерные ленты;

- специализированное ПО;
- высокая скорость работы.

Полезная нагрузка 6 кг, Радиус действия 901 мм, Количество осей 6, Повторяемость 0,03, Система управления KR C4 compact

ВЫСОКАЯ СКОРОСТЬ. При выполнении манипуляционных задач, в частности захвата и переноса, малые роботы KUKA проявляют одну из своих сильных сторон: высочайшую скорость. Они достигают впечатляющих результатов при минимальной продолжительности цикла.

ТОЧНОСТЬ. Там, где требуется высокая воспроизводимость и точность, малым роботам KUKA нет равных. Они гарантируют качество изготовления на самом высоком уровне. Благодаря надежной конструкции они сохраняют постоянную точность во всей рабочей зоне.

ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ. Исключительная компактность конструкции малых роботов KUKA обеспечивается благодаря встроенной системе энергоснабжения, в которую входят шина EtherCAT/EtherNet, три 5-ходовых 2-позиционных клапана для подачи сжатого воздуха, прямая линия подачи воздуха, шесть входов и два выхода. Простота интеграции захватов при максимально короткой реакции — идеальное решение для стесненных условий работы.

САМЫЕ РАЗНЫЕ МОНТАЖНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ. Возможен монтаж на полу, потолке или стенах! Благодаря наличию тормозов на всех осях малые роботы KUKA демонстрируют впечатляющие результаты из любого положения.

МИНИМАЛЬНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В ОБСЛУЖИВАНИИ. Двигатели и редукторы малых роботов KUKA абсолютно не нуждаются в замене смазки (бессменная смазка). Таким образом, они отлично подходят задач непрерывного производства.

ОПТИМАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ ЗОНА. Благодаря способности дотягиваться до точек как вблизи базы, так и над ней, а также радиусу действия до 1100 мм, роботы серии KR AGILUS могут похвастаться оптимальной рабочей зоной. Дополнительное оборудование может устанавливаться в нескольких точках – на манипуляторе, кисти, балансире или карусели (например, клапаны и модули ввода/вывода). Это позволяет реализовывать компактные, экономичные концепции ячеек.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ KUKA KR C4. В семействе малых роботов KUKA, как и у их старших братьев, используется та же технология управления KUKA.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Промышленный робот KUKA KR6 R900

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории. Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки.

Без заземления работа запрещена. Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

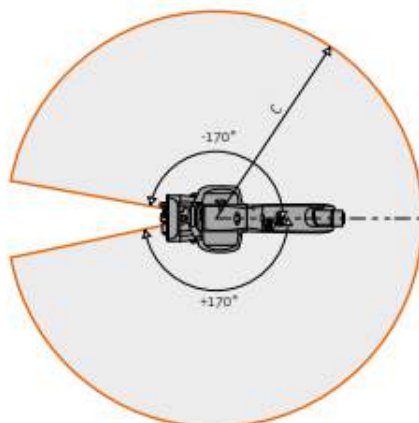
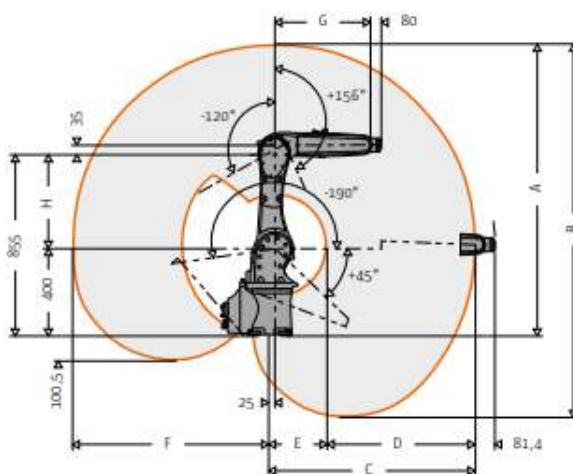
Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

1. Изучить и законспектировать теоретическую часть работы.
2. Обозначить в отчете преимущества робота KR-6 R900 sixx.
3. Определить и сделать эскиз опасной зоны робота.

Рабочая зона ¹⁾	Размеры A	Размеры B	Размеры C	Размеры D	Размеры E	Размеры F	Размеры G	Размеры H
KR 6 R900 sixx	1276 mm	1620 mm	901,5 mm	656 mm	245,5 mm	851,5 mm	420 mm	455



СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы студент представляет преподавателю полностью оформленный бланк отчета и должен быть готов ответить на любой из контрольных вопросов.

1. Название работы и цель работы.
2. Теоретический материал (объем определяется студентом самостоятельно).
3. Индивидуальное задание.
4. Тип и назначение оборудования.
5. Принцип работы оборудования.
6. Основные узлы оборудования.
7. Область применения оборудования.
8. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные преимущества промышленных роботов.
2. Классификация роботов по типу их конструкции.
3. Рабочая зона ПР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / под общ. Ред. Проф. Ю.З. Житникова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019.

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ БЛОКИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цель: изучение конструкции блокировочных устройств и элементов тепловой защиты электрооборудования.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: контроль состояния изоляции токоведущих частей, защитные устройства оборудования, защитные меры от воздействия электрического тока, сигнализация, тепловая защита, опасная зона оборудования.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбор блокировочных устройств и элементов тепловой защиты электрооборудования.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знания об элементах защиты электрооборудования.

Актуальность темы: Надежная и длительная работа электрооборудования, в том числе силовых двигателей, возможна лишь при отсутствии перегрузки такого оборудования. Наиболее распространена тепловая защита электрооборудования от перегрузки. В ходе выполнения лабораторной работы студенты должны познакомиться с основными элементами тепловой защиты: автоматическими выключателями и тепловыми реле.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрические сети и установки должны быть выполнены так, чтобы токоведущие части их были недоступны для случайного прикосновения.

Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

В установках напряжением до 1000 В достаточную защиту обеспечивает применение изолированных проводов.

Для изоляции токоведущих частей (машин, аппаратов, приборов, проводов, кабелей) применяют различные изоляционные материалы и изделия, отличающиеся диэлектрическими и особыми физико-механическими свойствами (резина, пластмассы, бумага, фарфор, стекло, асбест, эбонит, стеклоткань, смолы, лаки, краски).

Надежность и безопасность работы электрооборудования в значительной мере зависит и от состояния изоляции токоведущих частей. Повреждение ее является основной причиной многих несчастных случаев, поэтому большое внимание уделяется контролю состояния изоляции.

Контроль изоляции - это измерение ее активного или омического сопротивления с целью обнаружения дефектов и предупреждения замыкания на землю и коротких замыканий.

Существует два вида контроля изоляции: периодический и постоянный.

Постоянный контроль - это наблюдение за сопротивлением изоляции под рабочим напряжением в течение всего времени работы электроустановки без автоматического отключения.

Периодический контроль состояния изоляции электроустановок напряжением до 1000 В производится не реже одного раза в три года.

Состояние изоляции проверяется также перед вводом электроустановок в эксплуатацию и после длительного пребывания в нерабочем положении.

Измерение сопротивления изоляции производят при помощи омметра (рис. 1) или мегомметра (рис. 2).

Изоляцию электроустановок испытывают напряжением промышленной частоты, как, правило, в течение 1 мин. Дальнейшее воздействие может испортить изоляцию.

Испытание изоляции повышенным напряжением производят при капитальном и текущем ремонтах электрооборудования, а также в случаях, когда во время работы обнаружен дефект.

Одним из способов снижения опасности поражения электрическим током является применение малых напряжений 12, 36 и 42 В для ручного электрифицированного инструмента, ручных переносных ламп и ламп местного освещения.

Защитные устройства являются специальными дополнениями к основному оборудованию и служат для обеспечения безопасности его эксплуатации и защиты обслуживающего персонала. Необходимость защитных устройств связана с возникновением так называемых опасных зон, т.е. пространств, в которых постоянно действуют или периодически возникают ситуации, опасные для жизни и здоровья обслуживающего персонала. Опасные зоны возникают при эксплуатации машин, станков и аппаратов, имеющих движущиеся, вращающиеся, толкающие, режущие части и детали, а также при эксплуатации подъемно-транспортных механизмов и выполнении ремонтно-монтажных работ. При конструировании оборудования и проектировании технологического процесса должны быть выявлены опасные зоны и приняты меры к их исключению или применению защитных устройств, исключающих возможность попадания человека в опасные места.

К защитным устройствам от механического травмирования относятся предохранительные тормозные, оградительные устройства, средства автоматического контроля и сигнализации, знаки безопасности, системы дистанционного управления.

Системы дистанционного управления и автоматические сигнализаторы на опасную концентрацию паров, газов, пылей применяют во взрывоопасных производствах и производствах с возможностью выделения в воздух рабочей зоны токсичных веществ.

Предохранительные защитные устройства предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра (увеличении давления, температуры, рабочих скоростей, силы тока, крутящего момента и т.п.), характеризующего режим работы оборудования, за пределы допустимых. Тем самым исключается возможность взрывов, поломок, воспламенений. В соответствии с ГОСТ 12.4.125-83 предохранительные защитные устройства по характеру действия бывают блокировочными и ограничительными.

Блокировочные устройства по принципу действия подразделяют на механические, электрические, электронные, электромагнитные, пневматические, гидравлические, оптические, магнитные и комбинированные.

Ограничительные устройства по конструктивному исполнению подразделяют на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны и шайбы.

Блокировочные устройства ГОСТ Р 51345-99 препятствуют проникновению человека в опасную зону либо во время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор. Наиболее часто эти виды защиты применяются в машинах и агрегатах, не имеющих ограждений, или если работа может вестись при снятом или открытом ограждении.

Механическая блокировка представляет собой систему, обеспечивающую связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством. При снятом ограждении агрегат невозможно растормозить, а следовательно, и пустить его в ход.

Электрическую блокировку применяют на электроустановках с напряжением от 500 В и выше, а также на различных видах технологического оборудования с электроприводом. Она обеспечивает включение оборудования только при наличии ограждения.

Электромагнитную блокировку применяют для предотвращения попадания человека в опасную зону. Если это происходит, высокочастотный генератор подает импульс тока к электромагнитному усилителю и поляризованному реле. Контакты электромагнитного реле обесточивают схему магнитного пускателя, что обеспечивает электромагнитное торможение привода за десятые доли секунды. Аналогично работают магнитная блокировка, использующая постоянное магнитное поле, и оптическая блокировка. В последнем случае лучи от источника света направляются через опасную зону в фотоэлемент, преобразующий свет в электрический ток, который, пройдя через усилитель и контрольное реле, замыкает цепь пускового электромагнита.

При попадании человека в опасную зону свет перестает поступать в фотоэлемент, электрическая цепь размыкается, и привод машины отключается. Оптическая

блокировка используется для защиты опасных зон на прессах, гильотинных ножницах, штамповочных станках.

Пневматические и гидравлические блокировки применяются в агрегатах, где рабочие тела находятся под повышенным давлением: турбинах, компрессорах, воздуходувках и т.д. В случае превышения допустимого значения давления реле давления подает импульс на электромагнит, который обеспечивает закрытие запорного устройства (быстродействующего клапана) на линии подачи рабочего вещества и одновременно производится останов привода агрегата.

Примерами ограничительных устройств являются элементы механизмов и машин, рассчитанные на разрушение (или срабатывание) при перегрузках. К слабым звеньям таких устройств относятся: срезные штифты и шпонки, соединяющие вал с маховиком, шестерней или шкивом; фрикционные муфты, не передающие движения при больших крутящих моментах; плавкие предохранители в электроустановках; разрывные мембраны в установках с повышенным давлением и т.п. Срабатывание слабого звена приводит к останову машины на аварийных режимах.

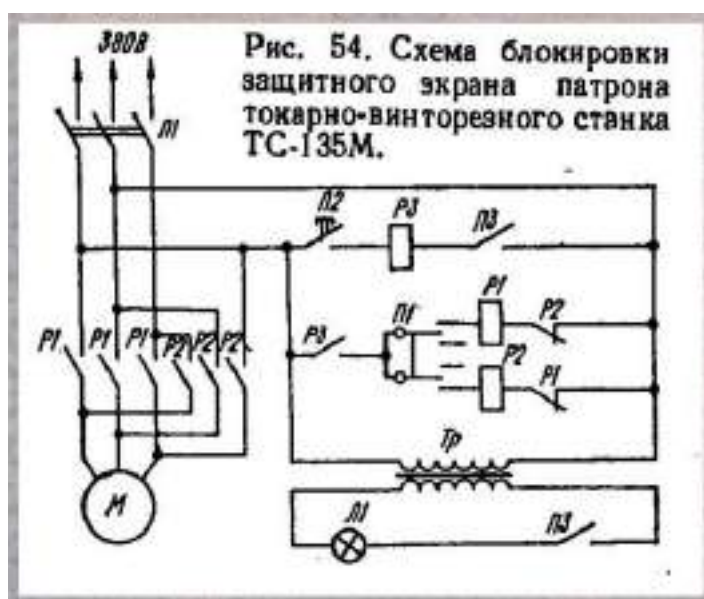
К защитным устройствам относятся также тормоза. Условия их применения разнообразны: часто выключения двигателя недостаточно для остановки движущихся частей механизма и необходимо дополнительное торможение; в других случаях тормоз может быть использован как своеобразный регулятор движения, например в процессе поднятия груза грузоподъемным устройством; в центрифугах тормоза устраняют вибрацию при большой скорости вращения барабана и т.п. Тормозные устройства подразделяют: по конструктивному исполнению – на колодочные, дисковые и клиновые; по способу срабатывания – на ручные и автоматические; по принципу действия – на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные; по назначению – на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

Оградительные устройства – класс средств защиты, препятствующих попаданию человека в опасную зону. Оградительные устройства применяют для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок на станках, прессах,

штампах, оголенных токоведущих частей, зон интенсивных излучений (тепловых, электромагнитных, ионизирующих), зон выделения вредных веществ и т.п. Ограждают также рабочие зоны, расположенные на высоте (леса и т.п.).

В соответствии с ГОСТ 12.4.125-83, классифицирующим средства защиты от механического травмирования, оградительные устройства подразделяют: по конструктивному исполнению – на кожухи, щиты, козырьки, барьеры и экраны; по способу изготовления – на сплошные, несплошные (перфорированные, сетчатые, решетчатые) и комбинированные; по способу установки – на стационарные и передвижные. Возможно применение подвижного (съемного) ограждения. Оно представляет собой устройство, заблокированное с рабочими органами механизма или машины, вследствие чего закрыт доступ в рабочую зону при наступлении опасного момента.

Чтобы выдерживать нагрузки от отлетающих при обработке частиц и случайные воздействия обслуживающего персонала ограждения должны быть достаточно прочными и хорошо крепиться к фундаменту или частям машин. При расчете на прочность ограждений машин и агрегатов для обработки металлов и дерева необходимо учитывать возможность вылета и удара об ограждение обрабатываемых заготовок. Расчет ограждений ведется по специальным методикам



Электрическое разделение сети также уменьшает опасность поражения человека электрическим током. Разветвленная электрическая сеть большой протяжен-

ности имеет значительную электрическую емкость. В этом случае даже прикосновение к одной фазе является очень опасным. Если сеть разделить на ряд небольших сетей такого же напряжения, которые будут обладать небольшой емкостью и высоким сопротивлением изоляции, то опасность поражения значительно снижается. Обычно электрическое разделение сетей осуществляется путем подключения отдельных электроустановок через разделительные трансформаторы. Область применения защитного разделения сетей — электроустановки до 1000 В.

Во многих элементах электроустановок (кабельные вводы, распределительные устройства, провода воздушных линий и т.д.) средой, изолирующей человека от токоведущих частей, является воздух. В подобных случаях безопасность обеспечивается организационными мероприятиями, жестко регламентирующими приближение человека на опасные для него расстояния к токоведущим частям, а также путем расположения токоведущих частей на недоступной высоте или в недоступном месте.

К специальным защитным мерам от воздействия электрического тока относятся защитное заземление, защитное задувание, защитное отключение, блокировка, сигнализация и маркировка, использование изолирующих и ограждающих электрозащитных средств.

Блокировка, сигнализация и маркировка

Исследования показывают, что большинство несчастных случаев с персоналом, обслуживающим электроустановки, происходит в результате потери ими ориентировки при осмотрах, ремонтах и испытании. Блокировка, сигнализация и маркировка различных частей электроустановок, кабелей и проводов предупреждают неправильные действия работников.

Блокировочные устройства - наиболее надежное средство защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током: они препятствуют доступу работающих к токоведущим частям электроустановок, находящимся под напряжением.

В электроустановках и радиоустройствах широко применяются электрическая и механическая блокировки.

Электрическая блокировка воздействует только на контакты электрической цепи. Она может применяться при любых расстояниях от защищаемого объекта. Принцип действия электрической блокировки состоит в том, что открытие дверей шкафов или ограждения электроустановки или кожухов электрооборудования сопровождается разрывом электрической цепи и автоматическим отключением электроустановки или другого электрооборудования от источника тока. В другом случае блокировка дает возможность открыть двери шкафа или ограждения электроустановки или снять кожух электрооборудования только после предварительного отключения источника тока.

Недостатком электрической блокировки является ее зависимость от исправности электрической цепи, например, пригорание контактов делает невозможным открытие дверей ограждения передатчика или двери лифта, что может привести к несчастному случаю.

При **механической блокировке** открыть двери шкафов или ограждений можно только при предварительном выключении рубильника, т.е. подачи электропитания на установку, и, наоборот, включить рубильник можно только при закрытых дверях или надетых на электроустановки кожухах.

Используются жезловые и рычажные системы механической блокировки.

При **жезловой** системе все двери шкафов или ограждений имеют специальные замки, которые открываются одним ключом. Конструкция замка такова, что повернуть ключ и вынуть его из замка можно, только выключив предварительно рубильник, снимающий высокое напряжение. Конструкция дверных замков не позволяет вынуть ключ, если дверь не закрыта. Включить рубильник можно только в том случае, если дверь ограждения будет закрыта и заперта.

При **рычажной** системе ручка управления рубильником механически связана с дверным заслоном замка. При выключении рубильника одновременно выдвигается заслон замка и только после этого можно открыть дверь шкафа или ограждения. При открытой двери конструкция замка не позволяет задвинуть заслон замка обратно и, следовательно, не допускает включения рубильника, когда за ограждением работает обслуживающий персонал.

Сигнализация — распространенное средство, позволяющее обслуживающему персоналу электроустановок ориентироваться в сложной обстановке, принимать меры предосторожности или предупреждать неправильные действия.

Наиболее часто применяется световая или звуковая сигнализация. При **световой** сигнализации зеленый свет ламп показывает, что напряжение с установки снято, красный свет — что установка находится под опасным напряжением. На радиоустройствах или электроустановках до 1000 В сигнальные лампы размещаются на пульте управления или около мест, где должны проводиться работы.

Способ включения, при котором сигнальные лампы гаснут при отсутствии напряжения, имеет тот недостаток, что выход из строя лампы или нарушение контакта будет служить неверным сигналом для обслуживающего персонала. Поэтому в целях безопасности обслуживающего персонала необходимо всегда, независимо от показаний сигнальных ламп, при входе за ограждение убедиться в отсутствии напряжения на установке при помощи переносных индикаторов напряжения.

В электроустановках напряжением выше 1000 В кроме сигнальных ламп применяются лампы тлеющего разряда (неоновые, аргоновые и т.п.), которые подвешиваются к тем частям установки, состояние которых они показывают. Лампы горят в электрическом поле, создаваемом включенной частью установки, и не требуют никакой проводки. На каждую фазу ставится своя лампа. Такая сигнализация облегчает работу обслуживающего персонала и предупреждает несчастные случаи.

К **звуковой** сигнализации относятся звонок и сирена, предупреждающие работающих о появлении напряжения на установке.

Для ориентации персонала при осмотре, ремонте и обслуживании электроустановок большое значение имеет **маркировка** — наличие надписей, а также различной окраски частей установки, кабелей, проводов и шин в цвета, соответствующих правилам техники безопасности. Надписи указывают назначение тех или иных проводов с относящимися к ним выключателями, предохранителями и измерительными приборами. Вместо надписей могут применяться условные обозначения — буквы, цифры и др.

Тепловая защита

К тепловым реле можно отнести большую группу электроприборов, предназначенных для регулировки температуры различных нагревательных приборов, контроля технологических процессов, защиты электродвигателей, аккумуляторов и других устройств с использованием различных датчиков температуры. В этой статье рассматриваем конструкции и возможности тепловых реле с биметаллическими пластинами, используемых в основном для защиты электродвигателей промышленных установок.

Принцип действия тепловых реле основан на тепловом действии тока, нагревающего биметаллическую пластину, состоящую из двух соединённых плоскими поверхностями металлических полосок с разными коэффициентами линейного расширения. При изменении температуры из-за различного линейного расширения частей, пластина изгибается. При нагревании до определённой температуры, пластина нажимает на защёлку расцепителя и под действием пружины происходит быстрое электрическое разъединение контактов.

В отличие от предохранителей и электромагнитных расцепителей, которые применяются для защиты электрооборудования от коротких замыканий, тепловые реле предназначены для защиты от перегрузки, в основном электродвигателей. Это объясняется тем, что для нагрева биметаллической пластины до температуры, при которой происходит отключение нужно значительно больше времени, чем для срабатывания предохранителя и защищаемое оборудование может выйти из строя.

По конструкции тепловые реле защиты двигателя различаются в зависимости от назначения, способа установки, рабочего тока. Реле изготавливаются и применяются как отдельные электроустановочные изделия, так и в составе пускателей или автоматических выключателей в качестве конструктивных элементов. Чаще всего это двухфазные или однофазные реле с регулировкой тока срабатывания. Изготавливаются варианты с самовозвратом после срабатывания и с ручным возвратом в исходное положение.

Биметаллическая пластинка нагревается за счёт прохождения тока по токонагревающей спирали, которая наматывается на пластину через теплостойкую изо-

ляцию. Количество витков спирали, а также сечение провода выбирается в зависимости от величины тока, на который рассчитано тепловое реле. При больших значениях тока в качестве нагревательного элемента может использоваться и сама биметаллическая пластина, изготовленная в виде буквы U, прикреплённой концами к контактам токоведущих поверхностей. У однофазных тепловых реле ТРП-60 и ТРП-150 одна часть тока проходит через нагревательный элемент, а вторая через биметаллическую пластину. Система рычагов и пружин по конструкции, отключающих контакты тепловых реле, различается в зависимости от типа и назначения реле.

Выбор теплового реле зависит от тока, потребляемого электродвигателем. Величина изменения тока срабатывания реле с помощью регулировки небольшая, поэтому для разных электродвигателей нужно подбирать тепловые реле с подходящими термоэлементами.

При пуске электродвигателя пусковой ток примерно в 5-7 раз превышает номинальный рабочий. Но, тепловое реле не срабатывает из-за замедления на нагрев биметаллической пластинки. Поэтому тепловое реле выбирается по номинальному току нагрузки или немного больше. Рекомендуемое превышение тока срабатывания защиты составляет 5% - 20% от номинального тока электродвигателя. Лучше всего сразу выбирать комплект для конкретного электродвигателя из пускателя и теплового реле. Настройка теплового реле необходима при изменении температурных условий эксплуатации электрооборудования, подстройки тепловой защиты для конкретного электрооборудования, а также для компенсации разброса характеристик у различных образцов изделий даже одного типа.

Большинство тепловых реле имеют два вида регулировки для установки тока срабатывания. Ближе к концу подвижной части биметаллической пластины находится регулировочный винт, который служит для того, чтобы регулировать расстояние от пластины до поверхности расцепителя, на которую этот винт нажимает для срабатывания реле. Эта регулировка недоступна пользователям без разборки. Вторая регулировка предназначена для подстройки тока срабатывания обслуживающим персоналом. Для этого используют выведенный на лицевую сторону как у ре-

ле ТРН регулировочный винт под отвёртку с эксцентриком для механического изменения изгиба. В другом варианте, как у автоматического выключателя АП-50, регулировка выполняется специальным рычажком. Возле регуляторов имеются деления для определения в процентах изменения величины тока. Величина регулировки тока срабатывания теплового реле ограничена и обычно составляет по 25% в одну или другую сторону.

Применение тепловых реле, а также их обслуживание имеет свои особенности. Схема защиты двигателя построена так, что ток электродвигателя проходит через нагреватели теплового реле, а его размыкающий контакт отключает цепь управления пускателем электродвигателя. Поэтому нужно иметь в виду, что при залипании двух или больше контактов на пускателе, реле не обеспечит отключение электродвигателя.

Тепловые реле имеют разброс по отключению, прежде всего это связано с сезонными и суточными изменениями температуры окружающего воздуха. Время срабатывания зависит от того, было ли до этого токовое реле под нагрузкой. Если реле было под нагрузкой и прогретое, то время срабатывания теплового реле уменьшается.

Срабатывание теплового реле обычно сигнализирует о наличии плохо заметной неисправности. Даже непродолжительный осмотр оборудования поможет своевременно выявить скрытые неисправности электрооборудования и предотвратит его выход из строя.

При плохом контакте происходит нагрев места соединения, и тепловое реле преждевременно срабатывает и при нормальном режиме работы защищаемого электрооборудования. Если сильно закрутить уставку теплового реле, то контакт подгорит, а тепловое реле может не сработать при увеличении тока в двух оставшихся фазах.

После срабатывания теплового реле необходимо некоторое время для остывания термоэлемента, только после этого возможно его повторное включение. Перед повторным включением очень желательно проверить на ощупь температуру электродвигателя. Если температура повышена, то нужно дать время для его остывания

и проверить двигатель. Время остывания электродвигателя существенно больше, чем время необходимое для остывания и повторного включения теплового реле.

Частые включения электродвигателей не рекомендуются, если двигатель специально не предназначен для работы в таких режимах. Перед повторным включением желательно осмотреть и проверить вал электродвигателя на отсутствие заклинивания, люфтов в подшипниках. Отключив автомат электродвигателя проверить контакты пускателя на отсутствие залипания, состояние подвижной системы, затяжку электрических контактов. После включения автоматического выключателя проверить наличие напряжения на верхних контактах пускателя. При запуске электродвигателя нужно обратить внимание на отсутствие чрезмерного искрения в пусковой аппаратуре, на шумы в двигателе и приводимых в движение механизмах. Нужно проверить потребление тока в каждой фазе защищаемого двигателя по стационарным приборам или токовыми клещами.

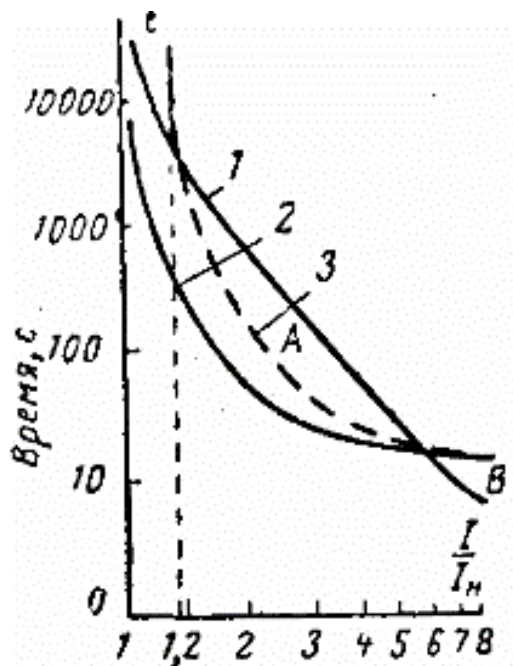
Тепловые реле - это электрические аппараты, предназначенные для защиты электродвигателей от токовой перегрузки. Наиболее распространенные типы тепловых реле - ТРП, ТРН, РТЛ и РТТ.



Рисунок- Тепловое реле

Долговечность энергетического оборудования в значительной степени зависит от перегрузок, которым оно подвергается во время работы. Для любого объекта можно найти зависимость длительности протекания тока от его величины, при которых обеспечивается надежная и длительная эксплуатация оборудования. Эта зависимость представлена на рисунке (кривая 1).

При номинальном токе допустимая длительность его протекания равна бесконечности. Протекание тока, большего, чем номинальный, приводит к дополнительному повышению температуры и дополнительному старению изоляции. Поэтому чем больше перегрузка, тем кратковременнее она допустима. Кривая 1 на рисунке устанавливается исходя из требуемой продолжительности жизни оборудования. Чем короче его жизнь, тем большие перегрузки допустимы.



Время-токовые характеристики теплового реле и защищаемого объекта

При идеальной защите объекта зависимость $t_{ср}(I)$ для теплового реле должна идти немного ниже кривой для объекта.

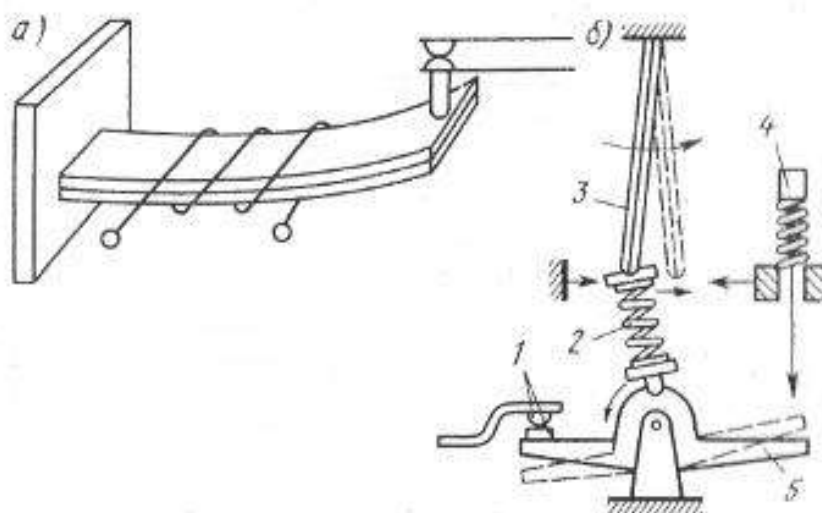
Для защиты от перегрузок, наиболее широкое распространение получили тепловые реле с биметаллической пластиной.

Биметаллическая пластина теплового реле состоит из двух пластин, одна из которых имеет больший температурный коэффициент расширения, другая — меньший. В месте прилегания друг к другу пластины жестко скреплены либо за счет проката в горячем состоянии, либо за счет сварки. Если закрепить неподвижно такую пластину и нагреть, то произойдет изгиб пластины в сторону материала с меньшим. Именно это явление используется в тепловых реле.

Широкое распространение в тепловых реле получили материалы инвар (малое значение α) и немагнитная или хромоникелевая сталь (большое значение α).

Нагрев биметаллического элемента теплового реле может производиться за счет тепла, выделяемого в пластине током нагрузки. Очень часто нагрев биметалла производится от специального нагревателя, по которому протекает ток нагрузки. Лучшие характеристики получаются при комбинированном нагреве, когда пластина нагревается и за счет тепла, выделяемого током, проходящим через биметалл, и за счет тепла, выделяемого специальным нагревателем, также обтекаемым током нагрузки.

Прогибаясь, биметаллическая пластина своим свободным концом воздействует на контактную систему теплового реле.



Устройство теплового реле: а - чувствительный элемент, б - прыгающий контакт, 1 - контакты, 2 - пружина, 3 - биметаллическая пластина, 4 - кнопка, 5 - мостик

Время-токовые характеристики теплового реле

Основной характеристикой теплового реле является зависимость времени срабатывания от тока нагрузки (времятоковая характеристика). В общем случае до начала перегрузки через реле протекает ток I_0 , который нагревает пластину до температуры φ_0 .

При проверке времятоковых характеристик тепловых реле следует учитывать, из какого состояния (холодного или перегретого) происходит срабатывание реле.

При проверке тепловых реле надо иметь в виду, что нагревательные элементы тепловых реле термически неустойчивы при токах короткого замыкания.

Выбор тепловых реле

Номинальный ток теплового реле выбирают исходя из номинальной нагрузки электродвигателя. Выбранный ток теплового реле составляет (1,2 - 1,3) номинального значения тока электродвигателя (тока нагрузки), т. е. тепловое реле срабатывает при 20- 30% перегрузке в течении 20 минут.

Постоянная времени нагрева электродвигателя зависит от длительности токовой перегрузки. При кратковременной перегрузке в нагреве участвует только обмотка электродвигателя и постоянная нагрева 5 - 10 минут. При длительной перегрузке в нагреве участвует вся масса электродвигателя и постоянная нагрева 40-60 минут. Поэтому применение тепловых реле целесообразно лишь тогда, когда длительность включения больше 30 минут.

Влияние температуры окружающей среды на работу теплового реле

Нагрев биметаллической пластинки теплового реле зависит от температуры окружающей среды, поэтому с ростом температуры окружающей среды ток срабатывания реле уменьшается.

При температуре, сильно отличающейся от номинальной, необходимо либо проводить дополнительную (плавную) регулировку теплового реле, либо подбирать нагревательный элемент с учетом реальной температуры окружающей среды.

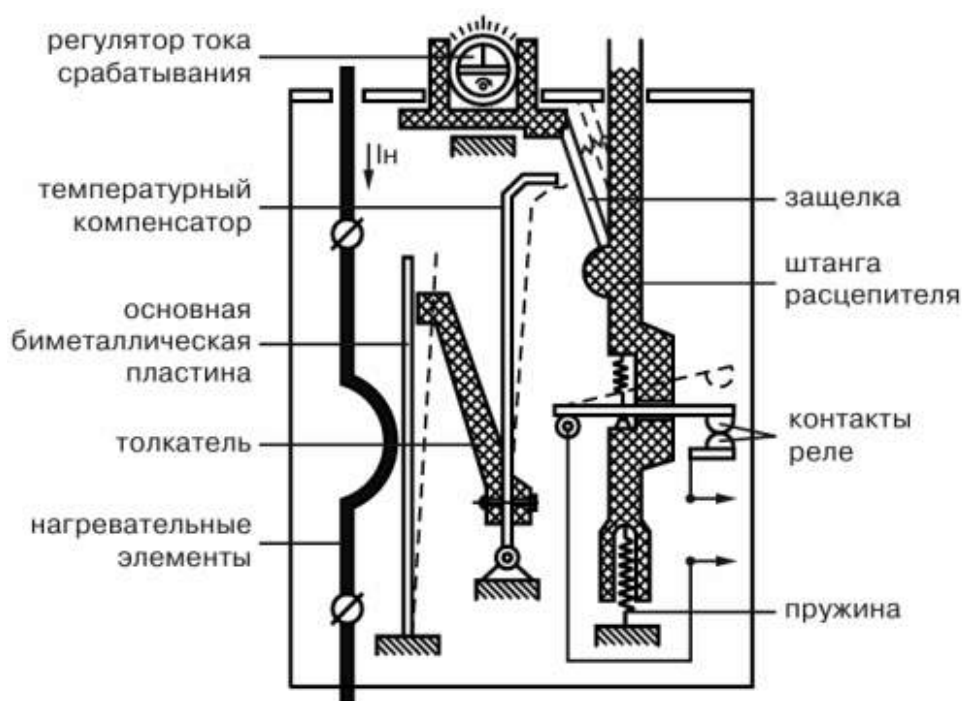
Для того чтобы температура окружающей среды меньше влияла на ток срабатывания теплового реле, необходимо, чтобы температура срабатывания выбиралась возможно больше.

Для правильной работы тепловой защиты реле желательно располагать в том же помещении, что и защищаемый объект. Нельзя располагать реле вблизи концентрированных источников тепла — нагревательных печей, систем отопления и т. д. В настоящее время выпускаются реле с температурной компенсацией (серии ТРН).

Конструкция тепловых реле

Прогиб биметаллической пластины происходит медленно. Если с пластиной непосредственно связать подвижный контакт, то малая скорость его движения, не сможет обеспечить гашение дуги, возникающей при отключении цепи. Поэтому пластина действует на контакт через ускоряющее устройство. Наиболее совершенным является «прыгающий» контакт.

В обесточенном состоянии пружина 1 создает момент относительно точки 0, замыкающий контакты 2. Биметаллическая пластина 3 при нагреве изгибается вправо, положение пружины изменяется. Она создает момент, размыкающий контакты 2 за время, обеспечивающее надежное гашение дуги. Современные контакторы и пускатели комплектуются с тепловыми реле ТРП (одно-фазное) и ТРН (двухфазное).



Не редки случаи, когда из-за невнимательного осмотра оборудования или закорачивании отключающего контакта теплового реле, за короткое время на одном месте один за другим палят несколько электродвигателей.

Правила устройства электроустановок (3.1.19.) вводят ограничения на применение защиты электродвигателей, отключение которых может привести к серьезным последствиям. Это некоторые виды сигнализации, средства пожаротушения,

вентиляторы, предотвращающие образование взрывоопасных смесей и другие ответственные устройства.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Автоматизированный склад СТАС-50

Обрабатывающий центр модель – ТМС- 450

Инструментальный токарный станок с ЧПУ с наклонными направляющими KDCK-25

Обрабатывающий центр (фрезерный) JVC-3

3D фрезерный станок с ЧПУ Роутер 3020BZ

Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУРоутер 4230

Вертикальный Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУ Роутер 6040

3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND -MDX-40A

3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND-MDX-540A

Промышленный робот KUKA KR6 R900

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории. Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки. Без заземления работа запрещена. Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

Студент самостоятельно знакомится с конструкцией элементов блокировки и тепловой защиты, предложенной преподавателем. На основании справочной и научно-технической литературы студент определяет:

1. Тип и назначение элемента защиты.
2. Принцип работы элемента защиты.
3. Составляет принципиальную схему элемента защиты.
4. Описывает его конструкцию и порядок срабатывания элементов с указанием физических явлений, происходящих при работе элемента защиты.
5. Указывает область применения аналогичных элементов.
6. Привести два-три конкретных примера использования теплового элемента защиты в промышленном оборудовании.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы и цель работы.
2. Теоретический материал (объем определяется студентом самостоятельно).
3. Индивидуальное задание.
4. Тип и назначение элемента защиты.
5. Принцип работы элемента защиты.
6. Принципиальная схема элемента защиты.
7. Описание конструкции и работы элемента защиты с указанием физических явлений, происходящих при его работе.
8. Область применения аналогичных элементов и два-три конкретных примера использования теплового элемента защиты в промышленном оборудовании.
9. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды перегрузки оборудования.
2. Опасность тепловой перегрузки оборудования.
3. Элементы блокировки защиты оборудования.
4. Тип и назначение элемента защиты.

5. Принцип работы элемента защиты.
6. Виды принципиальных схем защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / под общ. Ред. Проф. Ю.З. Житенкова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019.

Лабораторная работа №5 ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И СИСТЕМ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ

Цель: изучение конструкции и принципа работы типовых элементов и систем пневмоавтоматики.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение, применение типовых элементов и систем пневмоавтоматики, классификация пневматических сопротивлений, емкостей и камер, условные обозначения элементов в пневматических схемах.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выбирать типовые элементы и системы пневмоавтоматики.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками чтения и составления пневматических схем.

Актуальность темы: Типовые элементы и системы пневмоавтоматики находят широкое применение в различных системах промышленного оборудования. Этому способствует их сравнительно низкая стоимость, высокая надежность и долговечность работы, достаточное быстродействие. В ходе выполнения лабораторной работы студент должен изучить типовые элементы и системы пневмоавтоматики,

получить представление о принципе работы основных элементов и области применения средств пневмоавтоматики.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пневмоавтоматика охватывает технические средства регулирования, управления и контроля, использующие в работе различные эффекты газовой динамики. В историческом развитии технических средств пневмоавтоматики можно проследить четыре поколения. Первое поколение – универсальные регуляторы приборного типа. До 40-х годов XX столетия задачей автоматизации являлась стабилизация отдельных параметров. Эта задача успешно решалась крупногабаритными техническими средствами, совмещающими в едином корпусе измерительную систему, показывающее, регистрирующее, задающее и регулирующее устройства. Объединение всех функций в единой конструкции в те времена было достоинством – так существенно упрощались монтаж и обслуживание. Основным недостатком – узкие функциональные возможности, ограничивающие их применение. Развитие промышленности, сопровождающееся усложнением технологических процессов, привело к необходимости создавать многоконтурные и взаимосвязанные системы регулирования. Второе поколение – регуляторы, реализующие агрегатную структуру по принципу компенсации усилий. В 50-х годах XX столетия был разработан и стал широко применяться агрегатный принцип построения средств пневмоавтоматики. Системы управления, реализация которых осуществлялась с помощью стандартных блоков и устройств, выполнявших определенные функции: измерение, регистрацию, установку задания, формирование регулирующего воздействия, суммирование, умножение на постоянный коэффициент и др. Система технических средств, реализующая агрегатный принцип, известна как агрегатная унифицированная система АУС. Регулирующие и функциональные блоки АУС представляли собой жесткую единую конструкцию, состоящую из однотипных цилиндрических шайб с проложенными между ними мембранами из прорезиненного полотна, и работали по принципу компенсации усилий. Усилие, поступающее на вход устройства, компенсировалось усилием, создаваемым давлением воздуха на выходе.

Принцип компенсации усилий в отличие от принципа компенсации перемещений позволил строить регулирующие и функциональные блоки так, что их работа практически не сопровождается механическими перемещениями. Агрегатная унифицированная система АУС считается одной из первых систем технических средств автоматизации в рамках ГСП. Блоки АУС взаимозаменяемы, просты в обслуживании и могут работать с любыми измерительными преобразователями, имеющими стандартный пневматический выходной сигнал. Третье поколение – универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭП- ПА). Для построения систем пневмоавтоматики в 60-х годах стал использоваться элементный и блочно-модульный принцип. При этом любое новое устройство собиралось путем коммуникации пневматических элементов универсального назначения. Элементы унифицированы. Однотипные элементы могут многократно применяться в одной схеме и в схемах различных приборов. Набор элементов УСЭППА является функционально полным, т.е. включает в себя элементы, достаточные для построения любого управляющего устройства непрерывного действия, любой релейной схемы и управляющего устройства непрерывно-дискретного действия. Элементы УСЭППА просты по конструкции и по технологии изготовления и сравнительно компактны. Они достаточно дешевы, просты в наладке и имеют унифицированное расположение входов и выходов. Четвертое поколение – струйная пневмоавтоматика (пневмоника, флюидика). Дальнейшее развитие пневмоавтоматики привело к созданию струйного принципа построения элементов и модулей. В качестве носителя энергии в струйных элементах используется воздух, в связи с чем струйную технику называли пневмоникой. Элементы пневмоники обладают высоким быстродействием и малыми габаритами. Элементы не содержат подвижных изнашивающихся деталей, изготавливаются прогрессивным методом печатного монтажа. По этому методу струйные элементы и коммуникационные каналы между ними получают в виде углублений в плоских пластинах, что дает возможность использовать такие высокопроизводительные процессы, как штамповка, пресслитье, фототравление. Схемы, реализованные на элементах пневмоники, имеют небольшие габариты и обладают большим быстродействием, чем схемы, построенные на мембранных

элементах. Однако широкое внедрение элементов пневмоники в промышленности затрудняется, во-первых, из-за низкого уровня входных и выходных сигналов, во-вторых, из-за невысокой помехоустойчивости. Чтобы использовать положительные качества струйных элементов и избежать отрицательных, применяют комбинированную струйно-мембранную технику. В этом случае выходной сигнал струйной системы подается на мембранный усилитель, усиливающий выходной сигнал как по давлению, так и по мощности.

Пневматические элементы автоматики входят в состав пневматических устройств, которые применяются в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Большое распространение получили пневматические устройства, которые собирают на базе элементов "Универсальной системы элементов промышленной пневмоавтоматики" (УСЭППА).

Данная система реализует элементный принцип и представляет собой набор аналоговых и дискретных элементов (дроссель, ёмкость, тумблер, трехмембранное реле, элемент сравнения, повторитель и др.), каждый из которых предназначен для выполнения простейших операций над входными сигналами. Комбинируя эти элементы, можно составить различные устройства. Элементы выполнены из квадратных секций, между которыми расположены резинотканевые мембраны; в секциях имеются полости, образующие совместно с мембранами пневматические камеры.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ, ЕМКОСТЕЙ И КАМЕР

Пневматические сопротивления и емкости являются одними из основных элементов пневмоавтоматики. На этих элементах строятся разнообразные пневматические устройства контроля и управления. В пневмоавтоматике, как и в электронике, применяют различные соединения сопротивлений. При расчете различных соединений пневматических сопротивлений необходимо определить связь между перепадом давлений и расходом газа. Пневматические сопротивления (ПС) применяют для создания местного сопротивления потоку воздуха и изменения его расхода G . Пневматические сопротивления разделяют на постоянные, регулируемые вручную и переменные. В постоянных ПС типа жиклер и капилляр (рис. 3.1, а, б)

площадь F проходного сечения неизменна. Постоянные нерегулируемые ПС выполняют в виде капилляров с отверстиями диаметром 0,32 или 0,18 мм. В регулируемых ПС типа конус-конус, цилиндр-цилиндр, шарик-цилиндр и переменных дросселях типа сопло-заслонка (рис. 3.1, в, г, д, е) площадь F изменяют вручную или каким-либо техническим устройством. Статические характеристики пневматических сопротивлений ($G = f(P_1, P_2, F)$) обычно нелинейные, но при малом перепаде давления $\Delta P = P_1 - P_2$ их можно линеаризовать в виде ($G \approx \alpha P_1 - P_2$), где α – коэффициент проводимости дросселя. Такая

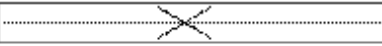
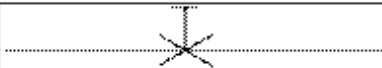
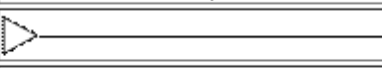
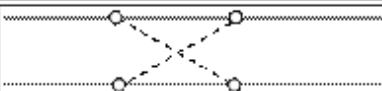
Рис. 3.1. Схемы пневматических сопротивлений и условные обозначения: а – жиклер; б – капилляр; в – конус-конус; г – цилиндр-цилиндр; д – шарик-цилиндр; е – сопло-заслонка

линеаризация справедлива для пневматических сопротивлений с ламинарным режимом течения газа при $\Delta P \leq (20 \dots 30)$ кПа, для остальных – $\Delta P \leq (10 \dots 20)$ кПа. Пневматические сопротивления классифицируются по характеру течения газа, виду расходной характеристики и функциональному назначению. По характеру течения газа пневматические сопротивления подразделяются на турбулентные, ламинарные и смешенного типа. В турбулентных пневматических сопротивлениях дросселирование потока газа вызывается местными сопротивлениями на входе и потерями энергии на выходе. На величину потери давления не влияет действие сил трения при течении газа через сопротивление. Такие сопротивления представляют собой канал цилиндрической формы с малым отношением длины к диаметру. В канале цилиндрической формы, с большим отношением длины к диаметру, обеспечивается ламинарное движение газа. Потери давления в основном обуславливаются наличием трения в канале. Местные сопротивления на входе и потери давления на выходе не учитываются в виду их малости. К пневматическим сопротивлениям смешанного типа относятся сопротивления, работающие при любых течениях газа. Падение давления на сопротивлениях этого типа определяется как местными потерями, так и трением в канале. Расходная характеристика пневматического сопротивления определяет зависимость массового расхода газа через сопротивление от перепада давления на нем. По виду расходной характеристики пневматические сопротивления могут быть линейными и нелинейными. Пневматические емкости предназначены для

накопления сжатого воздуха. Их применяют при создании устройств, реализующих различные временные операции (интегрирование, дифференцирование и т.д.). В пневматической емкости при постоянном объеме увеличение количества газа приводит к увеличению давления. Основной характеристикой их служит постоянный или переменный объем V . Емкость с Рис. 3.2. Схема емкости постоянным объемом показана на рис. 3.2, а, условное обозначение емкости в схемах пневматических средств автоматизации изображено на рис. 3.2, б. Постоянная емкость представляет собой полый жесткий цилиндр, ограничивающий объем V , а регулируемая емкость содержит сильфон, объем V которого изменяется вручную. В пневматическом конденсаторе накопление газа осуществляется за счет изменения объема, происходящего пропорционально приложенной разности давлений.

Условные обозначения элементов в пневматических схемах приведены в таблице 3.1.

Табл. 3.1. Условные обозначения элементов в пневматических схемах

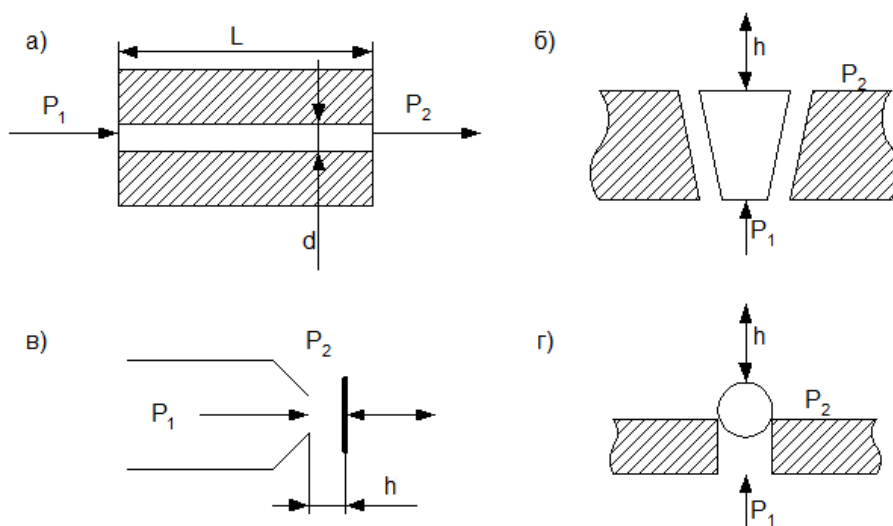
Элемент	Условное обозначение
Пневмодроссель	
Пневмодроссель регулируемый	
Питание	
Атмосфера	
Устройство сопло-заслонка	
Сопло закрыто	
Пневмокамера постоянного объема	
Переключатель	

Дроссель предназначен для ограничения или изменения протекающего через него воздуха, что обеспечивает создание местного пневмосопротивления на пневмолиниях. Дроссели основных типов приведены на рисунке 3.1.

Постоянный дроссель (нерегулируемое пневмосопротивление) представляет собой капилляр длиной 20 мм и диаметром 0,18 или 0,30 мм (рис. 3.1а). Большое отношение длины к диаметру капилляра обеспечивает ламинарный режим течения воздуха. Статическая характеристика дросселя представляет собой зависимость массового расхода воздуха F от перепада давления $\Delta P = P_1 - P_2$ на дросселе и определяется равенством:

$$F = \alpha \cdot (P_1 - P_2) \quad (3.1)$$

где α - проводимость постоянного дросселя (коэффициент, пропорциональный площади его проходного сечения), $\frac{\text{л}}{\text{ч} \cdot \text{кПа}}$.



Регулируемый дроссель обычно выполняется по схеме конус-конус (рис. 3.1б). Уравнение его статической характеристики имеет вид:

$$F = \beta \cdot (P_1 - P_2) \quad (3.2)$$

где β - проводимость регулируемого дросселя, $\frac{\text{л}}{\text{ч} \cdot \text{кПа}}$.

Перемещение внутреннего конуса вызывает изменение площади кольцевого зазора дросселя и его пневматического сопротивления. Проводимость дросселя при этом изменяется, примерно, в 10^3 раз. Регулируемый дроссель настраивается поворотом винта, связанного с внутренним конусом; угол поворота винта составляет 300° .

Переменный дроссель выполняется в виде устройств сопло-заслонка или шарик-цилиндр (рис. 3.1в, г).

Их гидравлическое сопротивление изменяется при перемещении заслонки относительно сопла или шарика относительно цилиндра. Режим истечения воздуха в них турбулентный.

В пневматических устройствах встречаются параллельное и последовательное соединения дросселей.

Совместные проводимости δ двух дросселей, например, постоянного и регулируемого, при таких соединениях определяются равенствами:

$$\delta_{\text{пар}} = \alpha + \beta; \quad \delta_{\text{послед}} = \frac{\alpha \cdot \beta}{\alpha + \beta} \quad (3.3)$$

Пневмокамеры предназначены для наполнения сжатого воздуха. Объём пневмокамеры равен 50 см^3 . В сочетании с дросселем пневмокамеры используют как инерционные элементы. В зависимости от схемы подвода и отвода воздуха они могут быть глухими и проточными (рис. 3.2).

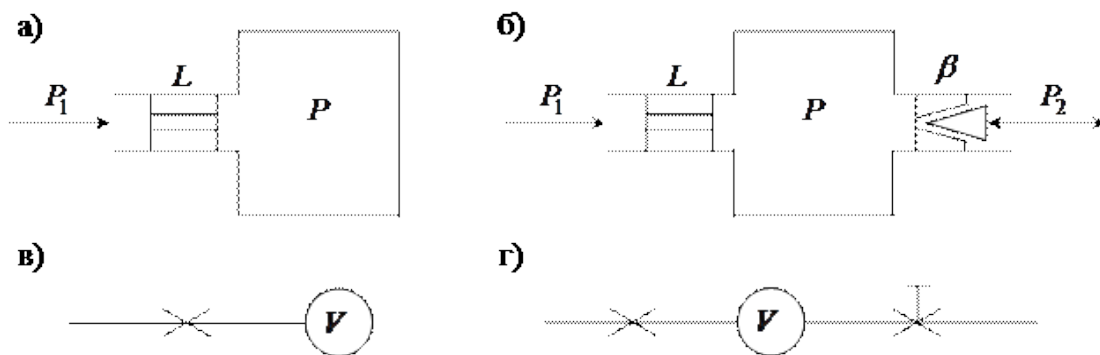


Рис. 3.2.: глухая (а) и проточная (б) пневмокамеры и их обозначения (в, г)

Уравнение динамики глухой пневмокамеры (рис. 3.2. а, в) при ламинарном изотермическом истечении воздуха через дроссель с проводимостью α имеет вид

$$T \left(\frac{dP}{dt} \right) + P = P_1 \quad (3.4)$$

где $T = \frac{V}{\alpha R \theta}$ - постоянная времени глухой камеры;

P_1 - давление до дросселя;

V - объем камеры;

P - давление воздуха в камере;

R - универсальная газовая постоянная;

θ - абсолютная температура.

Поведение глухой камеры описывается уравнением апериодического звена 1-

го порядка с коэффициентом усиления $K = \frac{P}{P_1} = 1$. В равновесном состоянии $P = P_1$. Передаточная функция глухой камеры имеет вид

$$W(S) = \frac{1}{T \cdot S + 1} \quad (3.5)$$

Уравнение динамики проточной камеры (рис. 3.2. б, г), воздух в которую поступает через постоянный дроссель, а вытекает через регулируемый, имеет вид

$$T \left(\frac{dP}{dt} \right) + P = K_1 \cdot P_1 + K_2 \cdot P_2 \quad (3.6)$$

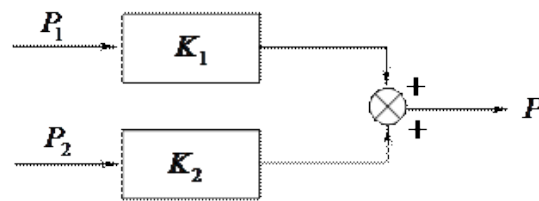
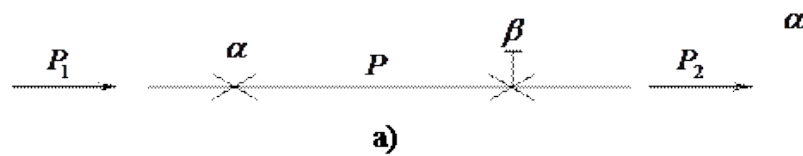
где $T = \frac{V}{(\alpha + \beta) \cdot R \cdot \theta}$ - постоянная времени проточной камеры;

$K_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ и $K_2 = \frac{\beta}{\alpha + \beta}$ - коэффициенты усиления по входным величинам P_1 и P_2 (при этом $K_1 + K_2 = 1$).

Дроссельный сумматор имеет два или три дросселя. Двухдроссельный сумматор (рис. 3.3) включает в себя постоянный дроссель проводимостью α и переменный дроссель проводимостью β . Входными величинами этого сумматора являются давления P_1 и P_2 , а выходной - давление P в полости между дросселями. Зависимость между ними определяется уравнением

$$P = K_1 \cdot P_1 + K_2 \cdot P_2 = K_1 \cdot P_1 + (1 - K_1) \cdot P_2 \quad (3.7)$$

где



$$K_1 = \frac{\alpha}{(\alpha + \beta)},$$

$$K_2 = 1 - K_1 = \frac{\beta}{(\alpha + \beta)}$$

Рис. 3.3.: сумматор с двумя дросселями (а) и его структурная схема (б)

Давление в полости между дросселями P равно сумме входных давлений, умноженных на весовые коэффициенты, сумма которых равна единице. Изменяя проводимость регулируемого дросселя, давление P можно устанавливать в широком интервале между P_1 и P_2 . Поэтому дроссельные сумматоры называют также делителями давления.

При постоянстве одного из входных давлений, например P_2 , приращение входной величины сумматора ΔP пропорционально его входной величины ΔP_1 , и его поведение описывается уравнением усилительного звена $\Delta P = K_1 \cdot \Delta P_1$.

Элемент сравнения предназначен для сравнения двух или четырех входных сигналов (рис. 3.4). Он формирует на выходе дискретные сигналы 0 или 1.

Трехмембранный элемент сравнения на два входа состоит из четырех камер, ограниченных секциями корпуса и блоком трех мембран, связанных между собой штоком и закрепленных по периметру (рис. 3.4, а).

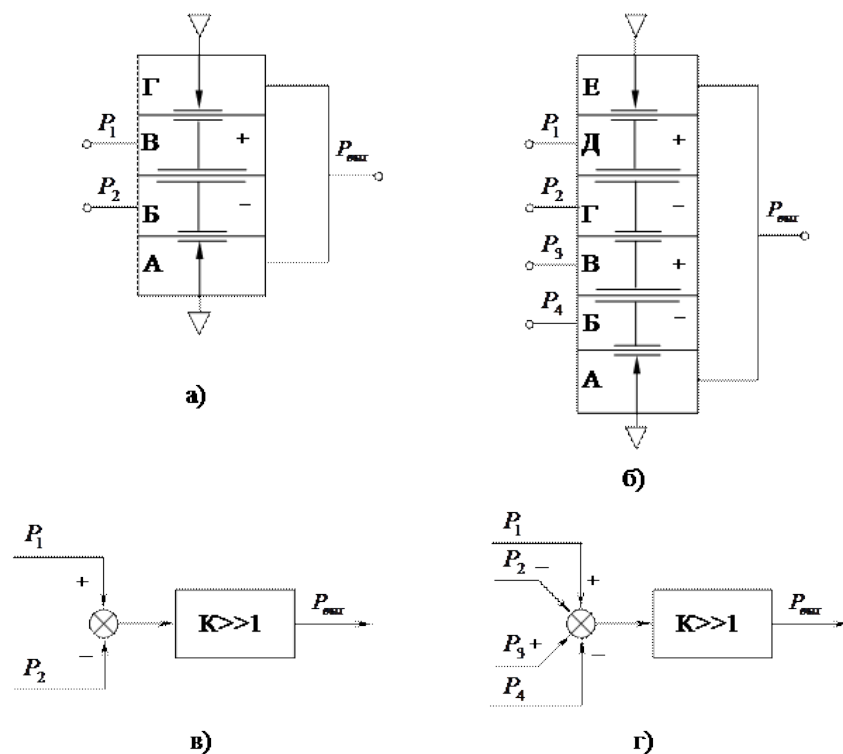


Рис. 3.4.: трехмембранный (а) и пятимембранный (б) элементы сравнения и их структурные схемы (в, г)

Площадь средней мембраны превышает площади крайних. Жесткие центры крайних мембран служат заслонками сопел в камерах А и Г. Камеры А и Г сообщены между собой. Воздух питания через верхнее сопло поступает в камеру Г. Через нижнее сопло камера А сообщается с атмосферой. Давление в камерах А и Г - выходной сигнал элемента сравнения $P_{вых}$. Входные сигналы P_1 и P_2 подаются в камеры В и Б.

Блок мембраны находится под действием сил, развиваемых давлениями в камерах элемента сравнения. Мембраны обладают малой жесткостью и поэтому даже при рассогласовании входных давлений, равном всего 200 Па , суммарное усилие достаточно для перемещения блока мембран в одном из крайних положений. При $P_1 > P_2$ результирующая сила будет направлена вниз, и блок мембран опустится. Сопло в камере А при этом закроется и перекроет линию выхода воздуха в атмосферу, а сопло в камере Г откроется, и воздух питания, поступая в камеры А

и $\tilde{A}$, сформирует на выходе элемента сравнения сигнал равный 1. При $P_1 > P_2$ мембранный блок поднимается вверх, сопло в камере $\tilde{A}$ закрывается, и прекратится подача воздуха питания, а сопло в камере A откроется, и линия выхода элемента сравнения сообщается с атмосферой. При этом сигнал на выходе станет равным 0. Таким образом, трехмембранный элемент сравнения представляет собой пневматическое реле, отрабатывающее зависимость:

$$P_{\text{вых}} = 1, \text{ при } P_1 > P_2;$$

$$P_{\text{вых}} = 0, \text{ при } P_1 < P_2.$$

Пятимембранный элемент сравнения имеет четыре входа. Он состоит из шести камер, разделенных пятью мембранами, связанных в блок (рис. 3.4, б).

Входные сигналы подводятся в камеры Б, В, Г и Д. Выходной сигнал отводится из камер А и Е. В остальном конструкция пятимембранного элемента сравнения и его работа аналогичны трехмембранному элементу сравнения. Он представляет собой пневматическое реле и обеспечивает выполнение операции

$$P_{\text{вых}} = 1, \text{ при } P_1 + P_3 > P_2 + P_4;$$

$$P_{\text{вых}} = 0, \text{ при } P_1 + P_3 < P_2 + P_4.$$

На структурных схемах элементы сравнения представляют в виде последовательно соединенных узла суммирования, на который поступают входные сигналы со своими знаками, и релейного звена. Передаточная функция элемента сравнения имеет вид

$$W(S) = K \gg 1. \quad (3.10).$$

В пневматических приборах пятимембранные элементы сравнения часто используют в качестве мембранного сумматора для алгебраического суммирования непрерывных входных сигналов (рис. 3.5).

Для этого выходной сигнал $P_{\text{сск}}$ направляют в камеру Б, камеру отрицательной обратной связи. Элемент приходит в равновесие, когда усилия, развиваемые входными давлениями, уравниваются усилием, создаваемым $P_{\text{сск}} = P_{\text{с}}$, и расходы воздуха через пневмоконтакты сопло-заслонка равны. Так как суммарные площади мембран в камерах Б, В, Г и Д одинаковы, то при равновесии справедливо равенство

$$P_{\text{сск}} = P_1 - P_2 + P_3 \quad (3.11)$$

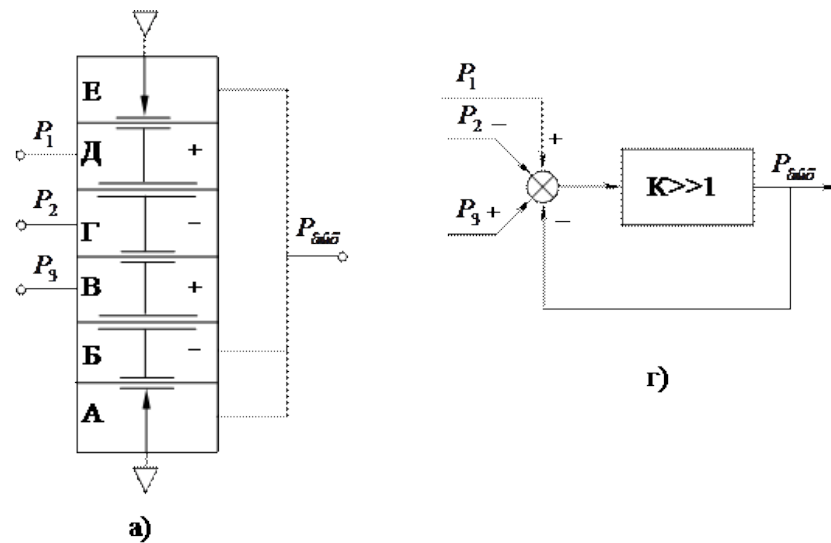


Рис. 3.5.: мембранный сумматор (а) и его структурная схема (б)

Следовательно, при такой коммутации элемент сравнения выполняет функцию сумматора, который складывает два сигнала со знаком плюс и один со знаком минус.

Повторители давления (усилители мощности) предназначены для усиления расхода воздуха на выходе при постоянных давлениях на входе и выходе. Их применяют для уменьшения запаздывания сигналов в пневмокамерах большого объема в длинных пневмолиниях, а также для развязки пневматических цепей.

В основном применяются маломощные повторители давления, мощные и точные. Точные мощные повторители давления обеспечивают уменьшение погрешности повторения. Рассмотрим маломощный повторитель давления (рис. 3.6).

В маломощном повторителе давления между двумя секциями зажата по периметру мембрана, жесткий центр которой является заслонкой сопла, расположенного в камере A и сообщающего ее с атмосферой.

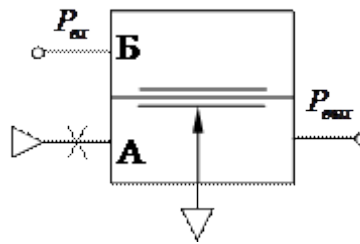


Рис. 3.6.:

маломощный повторитель давления

Входной сигнал $P_{вх}$ подается в камеру B . В камеру A через постоянный дроссель поступает давление питания. Давление в камере A - выходной сигнал $P_{вых}$. С увеличением $P_{вх}$ мембрана прогибается вниз. При этом уменьшается расстояние между заслонкой и соплом, уменьшается расход воздуха из камеры A через сопло в атмосферу, и выходное давление $P_{вых}$ возрастает до значения $P_{вх}$. В момент равновесия расходы воздуха через постоянный дроссель и пневмоkontakt сопло-заслонка одинаковы. Класс точности такого повторителя равен 0,25.

При необходимости изменить $P_{вых}$ повторителя относительно $P_{вх}$ на постоянную величину ΔP в его камеры устанавливают пружины. В таких повторителях - повторителях со сдвигом статической характеристики наличие пружин в камерах B и A приводит соответственно к увеличению или уменьшению сигнала $P_{вых}$ по сравнению с $P_{вх}$. Уравнение статической характеристики имеет вид

$$P_{вых} = P_{вх} \pm \Delta P \quad (3.12)$$

Передаточная функция повторителей:

по давлению $W(S) = 1$,

по расходу воздуха $W_F(S) = K \gg 1$.

На структурных схемах - усилители представляют в виде одного звена с соответствующей передаточной функцией.

Задатчик(рис. 3.7) в комплекте с постоянным дросселем предназначен для ручной установки заданного сигнала. Он состоит из камер А и Б.

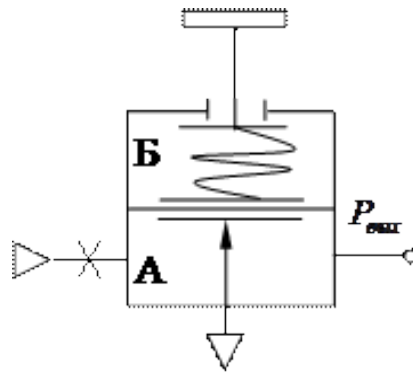


Рис. 3.7.: задатчик давления

Разделенных плоской мембраной, жесткий центр которой служит заслонкой сопла. Воздух питания проходит через дроссель в камеру А и выходит из неё через сопло в атмосферу. Выходной сигнал задатчика - давление воздуха в камере А. Камера Б сообщена с атмосферой. На мембрану со стороны камеры Б действует сила натяжения пружины, устанавливаемая винтом, а со стороны камеры А - сила давления воздуха. При изменении натяжения пружины мембрана, прогибаясь, изменяет зазор пневмоконтакта сопло - заслонка и расход воздуха из камеры А в атмосферу. В результате этого давление воздуха в камере А и в выходной линии задатчика изменяется.

Выключающее реле(рис. 3.8) предназначено для отключения или переключения (коммутирования) входных сигналов при подаче на него командного дискретного сигнала $P_c(0-1)$.

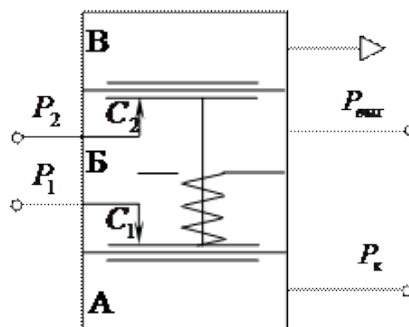


Рис. 3.8.: выключающее реле

Реле состоит из трех камер А, Б и В, которые разделены двумя мембранами, соединенными в блок штоком, двух сопл и пружины. Жесткие центры мембран выполняют роль заслонок по отношению к соплам и вместе с ними образуют два пневмоконтакта сопло - заслонка: один (сопло C_1) - нормально открытый, второй (сопло C_2) - нормально закрытый. Входные сигналы P_1 и P_2 подводятся к соплам C_1 и C_2 , командный P_x - в камеру А, выходной сигнал $P_{вых}$ отводится из камеры Б. Камера В сообщена с атмосферой. Выключающее реле относится к элементам дискретного действия. При $P_x = 0$ блок мембран под действием пружины в камере Б опустится вниз, сопло C_2 закрывается, сопло C_1 открывается, и сигнал P_1 проходит на выход реле. При $P_x = 1$ на блок мембран со стороны камеры А действует усилие, превышающее силу натяжения пружины. Блок мембран поднимается вверх, сопло C_1 закрывается, сопло C_2 открывается, и выход реле проходит сигнал P_2 . В регуляторах реле при подаче на него давления P_x запирает выходной сигнал регулятора, а при сбросе P_x - сообщает выход регулятора с исполнительным устройством.

Типовые элементы и системы пневмоавтоматики находят широкое применение в различных системах промышленного оборудования. Этому способствует их сравнительно низкая стоимость, высокая надежность и долговечность работы, достаточное быстродействие. В ходе выполнения лабораторной работы студент должен изучить типовые элементы и системы пневмоавтоматики, получить представление о принципе работы основных элементов и области применения средств пневмоавтоматики.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Обрабатывающий центр модель – ТМС- 450

Инструментальный токарный станок с ЧПУ с наклонными направляющими KDCK-25

Обрабатывающий центр (фрезерный) JVC-3

3D фрезерный станок с ЧПУ Роутер 3020BZ

Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУРоутер 4230

Вертикальный Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУ Роутер 6040

3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND -MDX-40A

3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND-MDX-540A

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории. Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки. Без заземления работа запрещена. Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

Студент самостоятельно знакомится с конструкцией элементовпневмоавтоматики, предложенной преподавателем. На основании справочной и научно-технической литературы студент определяет:

1. Тип и назначение элемента пневмоавтоматики.
2. Начертить полуконструктивную схему элемента.
3. Описать конструкцию и работу элемента.
4. Определить область применения и привести два-три примера конкретного

использования элемента в промышленном оборудовании.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы и цель работы.
2. Теоретический материал (объем определяется студентом самостоятельно).

3. Индивидуальное задание.
4. Тип и назначение элемента пневмоавтоматики.
5. Принципиальная схема элемента.
6. Описание конструкции и работы элемента с указанием физических явлений, происходящих при работе элемента.
7. Общий вид уравнений, описывающих работу элемента.
8. Типовые расходные характеристики элемента.
9. Область применения аналогичных элементов.
10. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Типовые элементы пневмоавтоматики.
2. Типовые системы пневмоавтоматики.
3. Показатели надёжности систем пневмоавтоматики.
4. Тип и назначение элемента пневмоавтоматики.
5. Описание конструкции и работы элемента.
6. Типовые расходные характеристики элемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / под общ. Ред. Проф. Ю.З. Житенкова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019.

Лабораторная работа №6
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДА СТАС – 50, 25

Цель: ознакомиться с устройством и принципом работы автоматизированного стелажно-тарного склада.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: назначение и устройство автоматизированного склада,

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: управлять работой автоматизированного стелажно-тарного склада.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками эксплуатации автоматизированного стелажно-тарного склада.

Актуальность темы: Автоматизированная складская система представляет собой комплекс из стеллажей и специальных подъемно-транспортных устройств, который позволяет производить размещение и сбор грузов без присутствия человека в месте операции. За счет применения современной техники резко снижается потребность в персонале и повышается эффективная площадь склада.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Склад стелажно-тарный автоматизированный предназначен для хранения и автоматической загрузки/выгрузки штучных изделий, уложенных в специальную тару.

Автоматизированные складские системы ГПС совместно с транспортным оборудованием (рисунок 1) предназначены для выполнения следующих функций: приема с внутризаводского или внутрицехового транспорта сырья, материалов, заготовок, инструментов, пустой тары и их временного складирования; выдачи этих грузов по заранее предусмотренному графику, порядку или на основании команд приема от транспортной системы ГПС готовых изделий, отходов производства бракованной продукции и их временного хранения: выдачи на внутризаводской или

внутрицеховой транспорт этих грузов по командам или по мере подхода транспортных средств.

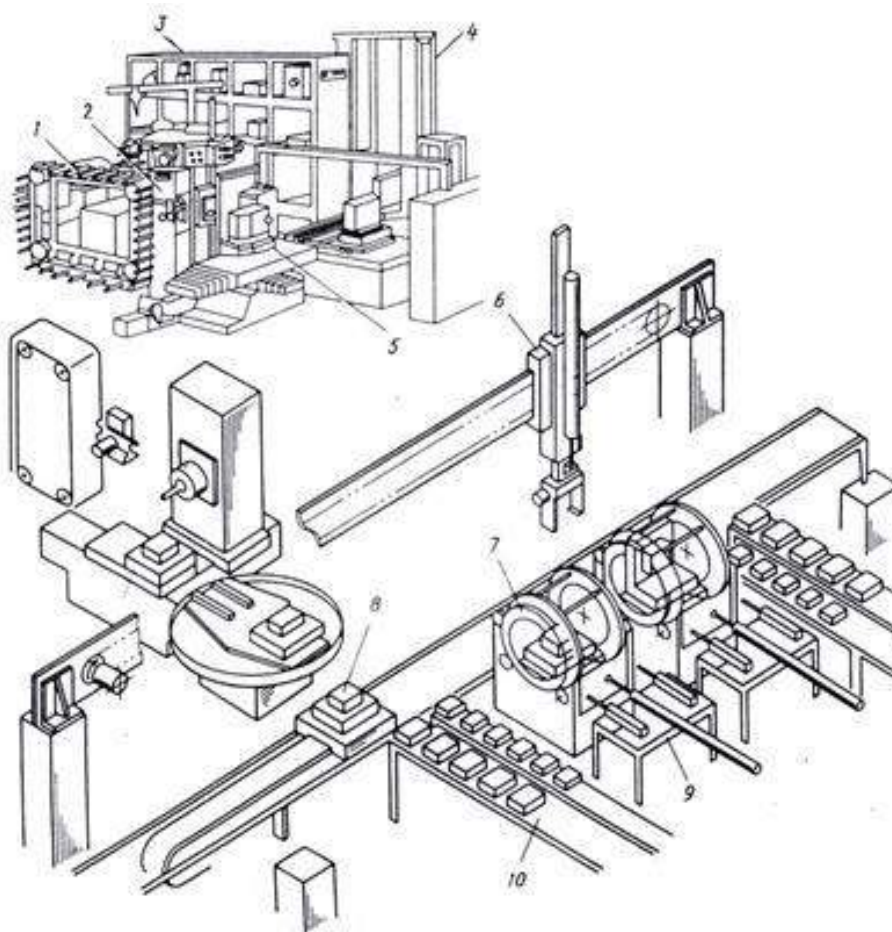


Рисунок 1 — Транспортирование и подача заготовок к станку: 1 — цепной инструментальный магазин; 2 — горизонтальный многоцелевой станок; 3 — склад-накопитель; 4 кран-штабелер; 5 — стол с управлением по восьми координатам; 6 — манипулятор; 7 — реверсивное устройство; 8 — платформа для перемещения спутников; 9 — толкатель; 10 — транспортер

В автоматизированных складах используются специальные стеллажи, предназначенные для размещения плоских и ящичных поддонов. Такие стеллажи представляют собой систему ячеек по вертикали и горизонтали, которая позволяет применять кодовую шифровку и средства автоматизации погрузочно - разгрузочных и транспортных работ. Кодовая шифровка каждой ячейки представляет собой номер ее для запоминания в памяти ПЭВМ. Кроме кодовой шифровки каждая ячейка имеет датчик наличия поддона в ней. Если необходимо с помощью компьютера через датчик определять не только наличие или отсутствие поддона в ячейке, но и

узнать, поддон пустой или полный, применяются ячейки с двумя датчиками. Каждый датчик срабатывает на определенный вес, первый датчик - на вес пустого поддона, второй на вес загруженного поддона. Если необходимо различать поддоны по уровню загрузки, устанавливаются дополнительные датчики, например, на вес поддона, заполненного на j , на S и так далее.

Рассмотрим кратко процесс складирования на автоматизированном складе. Кладовщик с помощью компьютера, на котором заранее установлено ПО автоматизированной складской системы, заполняет приходный ордер М-4. Компьютер через устройство сопряжения компьютера со складом опрашивает датчики ячеек склада, где хранится пустой поддон. Завершением операции опроса является сообщение кладовщику о кодовом шифре ячейки с пустым поддоном. По сигналу кладовщика компьютер отправляет штабелер к ячейке с пустым поддоном, штабелер выгружает пустой поддон, привозит и устанавливает его на манипуляционный причал. Последний представляет собой место, куда доставляются транспортом грузы для хранения на складе и с которого грузы забираются после хранения. На манипуляционном причале также грузы перегружаются из транспортной тары в поддон склада. Кладовщик с помощью компьютера отправляет штабелер загруженным поддоном к ячейке откуда поддон взяли, штабелер отвозит поддон и устанавливает его в ячейку. При этом компьютер запоминает в какой ячейке хранится поддон с каждым грузом. Складами подобного вида, функционирующими по вышеописанной технологии является, например, склад **СТАС-50 на 50 ячеек (складская транспортная автоматизированная система, имеющая два стеллажа по 5 ячеек в длину и по пять высоту, между которыми перемещается штабелер)**.

Устройство автоматизированного склада

Склад представляет собой два параллельных ряда стеллажей (см. рисунок 2), в проходе между которыми по однорельсовому пути перемещается опорный штабелер циклического действия, выполняющий операции загрузки и выгрузки. На левой крайней раме стеллажа закреплен приемный стол. Штабелер предназначен для транспортирования изделий в таре и состоит из следующих основных узлов:

- тележки
- телескопического захвата
- направляющей стойки
- каретки

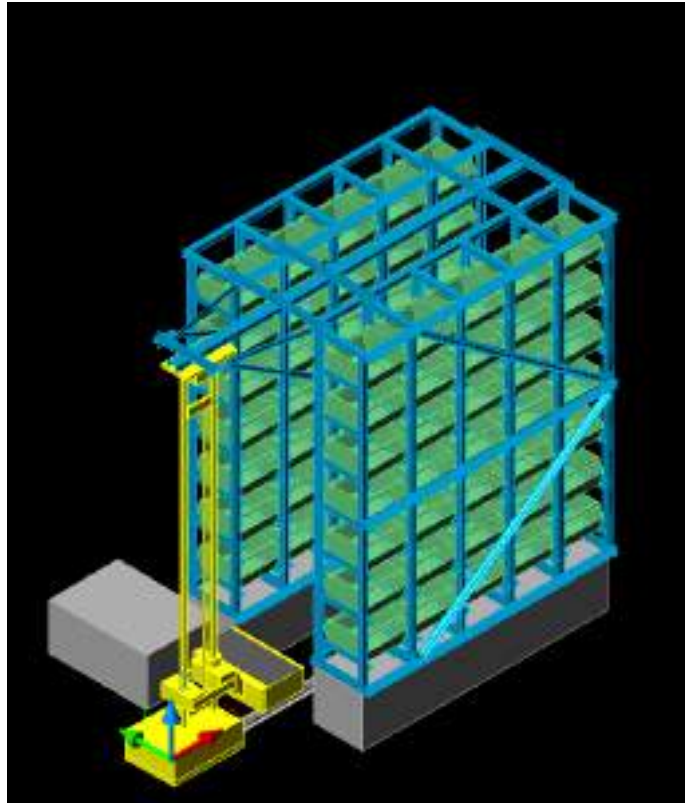


Рисунок 2 – склад СТАС-50

Тележка штабелера представляет собой сварную металлоконструкцию, несущую два привода: привод вертикального перемещения каретки и привод горизонтального перемещения штабелера. На тележке установлена вертикальная направляющая стойка, по которой перемещается каретка с телескопическим захватом.

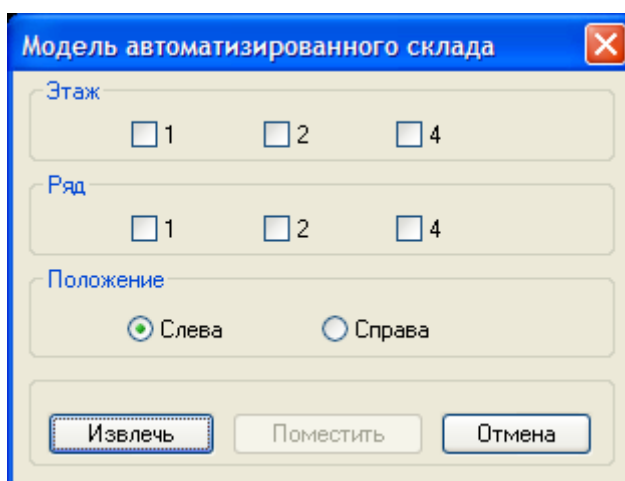
Телескопический захват представляет собой трехсекционную зубчатую реечную конструкцию с горизонтальным расположением секций: неподвижной, промежуточной и выдвижной. Последняя служит грузовой платформой для установки тары. Грузовая платформа может выдвигаться в обе стороны стеллажа и устанавливать тару с изделиями в ячейки двух противоположных стеллажей.

Стеллаж представляет собой сборную конструкцию, состоящую из двух параллельных рядов секций с ячейками под тару, установленных на опорную раму и

соединенных между собой связями и раскосами. К поперечным связям в верхней части стеллажа крепится направляющий швеллер. На опорной раме установлен направляющий рельс, являющийся ходовым путем штабелера.

Управление работой автоматизированного склада

Трехмерная модель автоматизированного склада разработана в системе AutoCAD. Управление моделью реализовано при помощи программы, написанной на языке VisualLISP. Ввод данных, необходимых для управления штабелером, осуществляется в диалоговом окне, созданном при помощи языка DCL – Dialog Control Language.



Управление штабелером осуществляется по следующему алгоритму: С помощью трех переключателей набирается требуемый номер этажа; при этом первый переключатель означает 1-ый этаж, второй – 2-й этаж, третий – 4-ый этаж. Номера остальных этажей можно получать через комбинацию этих трех переключателей (например, 3-й этаж – включаются вместе первый и второй переключатели).

Аналогично набирается требуемый номер ряда. Выбирается положение стеллажа (левый или правый).

Нажимается кнопка «Извлечь» или «Поместить» в зависимости от текущей операции, и штабелер выполняет поставленную перед ним задачу.

В состав автоматизированного технологического складского модуля СТАС-250АТ (рисунок 3) входят два каркасных стеллажа 1 с полками 2 для размещения

тары с грузом; автоматический кран-штабелер 3, перемещающийся по рельсу 4; приемное устройство, выполненное в виде загрузочно-разгрузочного поворотного стола 5 с механизмом подъема; устройство управления с пультом управления 6; шкаф электрооборудования 7, который кабелем 8 подвешен на кронштейнах 9, соединен с краном-штабелером.

Кран-штабелер состоит из колонны с грузоподъемной платформой, на которой смонтирован выдвижной телескопический стол 10 для установки на нем тары 11 с грузом. По команде от системы управления на загрузку склада кран-штабелер подает на приемное устройство пустую тару или приспособления-спутники, которые загружаются заготовками, а затем транспортируются краном-штабелером в определенную ячейку стеллажа. При поступлении команды на разгрузку склада кран-штабелер забирает заготовки вместе с приспособлением-спутником или тарой из ячейки стеллажа, адрес которой задается системой управления, транспортирует и устанавливает их на стол загрузки-разгрузки. После окончания обработки по команде управления готовые детали с приспособлением-спутником (или в таре) снимаются штабелером в заданную ячейку стеллажа. Система управления складом имеет связь с ЭВМ ГПС. Наладочный и полуавтоматический режимы осуществляются от кнопок на пульте оператора крана-штабелера.

Типовые схемы компоновок автоматизированных складов показаны на рисунке 4, где 1 — робот-штабелер, 2 — стеллажи, 3 — приемно-выдающие устройства.

Схема робота-штабелера типа РШ-500 изображена на рисунке 5. Рама 7, служащая основной конструкцией, перемещается от привода 4 с тормозным устройством 3 по нижней опорной 2 и верхней направляющей 8 балкам. Грузоподъемник 6 со сдвоенным захватом груза 5 приводится в действие приводом подъема захвата 1.

Системы управления складом отечественного производства построены на базе микроЭВМ, «Электроника-60», «Электроника С5-12», СМ-1800, мини ЭВМ СМ-2, М-600, СМ-1420.

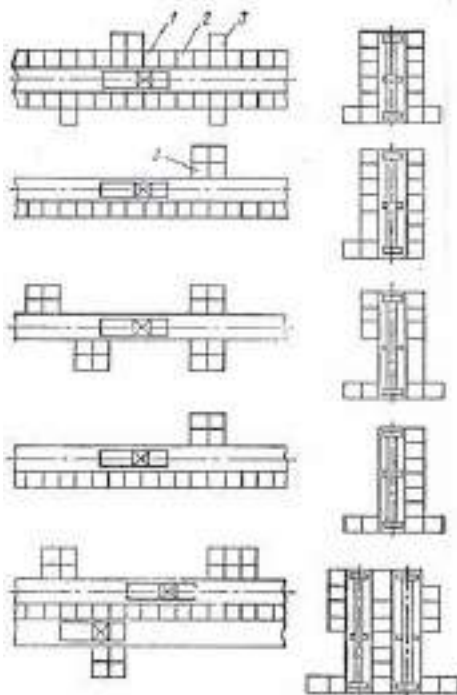


Рисунок 4 — Типовые схемы компоновок автоматизированных складов

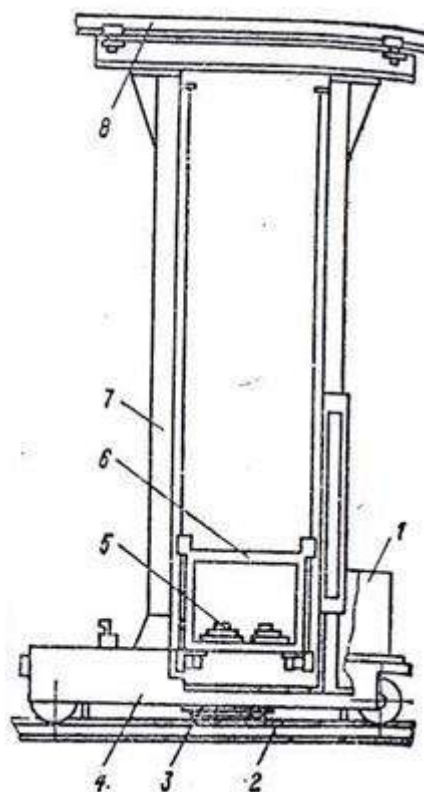


Рисунок 5 — Схема робота- штабелера РШ-500

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Автоматизированный склад СТАС-50

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории. Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки. Без заземления работа запрещена. Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

Студент самостоятельно выбирает три элемента автоматизации производственного оборудования из имеющихся на учебных стендах. Окончательно вариант задания определяется студентом по согласованию с преподавателем. Используя различную справочную литературу, студенты определяют:

1. Тип и назначение элемента.
2. Принцип работы элемента.
3. Составляют принципиальную или структурную схему элемента.
4. Описывают конструкцию и принцип работы элемента и указывают, какие физические явления используются при работе элемента.
5. Возможные отказы в работе, их диагностика и пути устранения.
6. Указывают область применения элемента и два-три конкретных примера использования элемента в промышленном оборудовании.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы и цель работы.

2. Теоретический материал (объем определяется студентом самостоятельно).
3. Индивидуальное задание.
4. Тип и назначение элемента.
5. Принцип работы элемента.
6. Принципиальная или структурная схема элемента.
7. Описание конструкции и работы элемента с указанием тех физических явлений, которые происходят при работе элемента.
8. Область применения элемента и два-три конкретных примера использования элемента в промышленном оборудовании.
9. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение автоматизированного склада, область применения.
2. Типовые системы компоновок автоматизированных складов
3. Устройство автоматизированного склада
4. **Управление работой автоматизированного склада**
5. Описание робота- штабелера РШ-500

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / под общ. Ред. Проф. Ю.З. Житенкова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019.

Лабораторная работа №7

ИЗУЧЕНИЕ И НАЛАДКА РЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Цель: изучение и наладка релейной системы управления трехфазным электродвигателем.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: устройство электродвигателя, принцип работы трехфазного электродвигателя, схемы подключения.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять номинальную мощность на валу электродвигателя, понимать схемы подключения электродвигателя.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками изучения схем подключения электродвигателя к сети.

Актуальность темы: Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором является наиболее распространенным в промышленности. Этому способствует простота конструкции, надежность, экономичность и удобство в эксплуатации. Электродвигатель обеспечивает примерно постоянную частоту вращения при изменении нагрузки в широких пределах.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

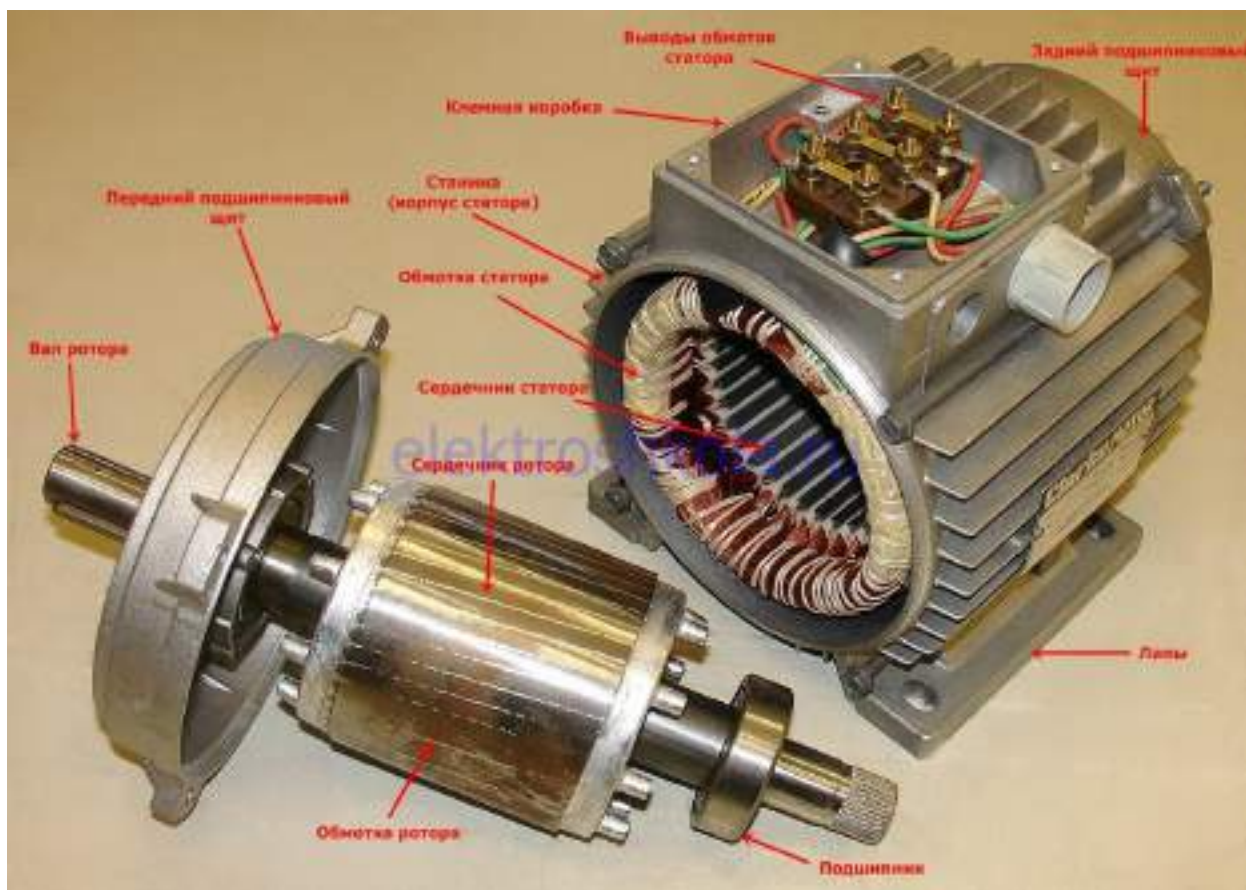
Устройство электродвигателя 380 В

Наибольшее распространение в промышленности, сельском хозяйстве и быту среди трехфазных электродвигателей получили асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором благодаря их простоте устройства, надежности и дешевизне. Поэтому на примере именно такого электродвигателя мы и будем рассматривать их устройство и принцип работы.

Асинхронный электродвигатель состоит из двух основных частей: статора и ротора.

Статор — неподвижная часть электродвигателя. Он состоит из следующих элементов:

- станина (корпус) которая, как правило, выполняется ребристой для лучшего охлаждения, т.к. в процессе работы сердечник статора с обмотками нагреваются. Так же станина имеет лапы для крепления электродвигателя.



- сердечник статора — набирается из отдельных листов электротехнической стали для уменьшения потерь на вихревые токи (токи Фуко) и имеет зубчатую форму (пазы) и имеет следующий вид:



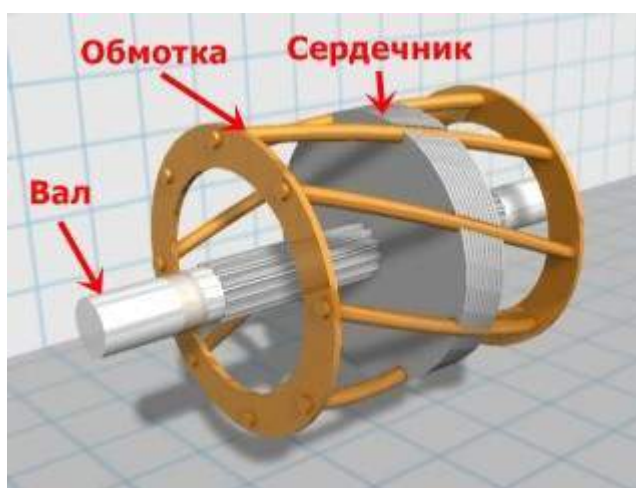
- обмотки статора — выполняются медными проводами которые укладываются в пазы сердечника, концы обмоток для подключения к электрической сети выводятся в клемную коробку.

Ротор — вращающаяся часть электродвигателя. Ротор состоит из следующих элементов:

- вал — выполняется из стали служит для передачи механической энергии на рабочий механизм.

- сердечник ротора — насаживается на вал, так же как и сердечник статора выполняется из отдельных листов электротехнической стали

- обмотка ротора — как правило имеет короткозамкнутое исполнение, часто короткозамкнутую обмотку ротора называют «беличьим колесом» из-за внешнего сходства. Короткозамкнутая обмотка ротора имеет следующий вид:



Ротор удерживается в центре статора подшипниковыми щитами.

Принцип работы трехфазного электродвигателя

Принцип работы электродвигателя довольно прост и основан на принципе вращающегося электромагнитного поля.



На рисунке выше представлен медный диск прикрепленный к валу на подшипнике напротив которого расположен постоянный магнит. Если начать вращать постоянный магнит то его магнитное поле пересекающее медный диск начнет так же вращаться, т.е. создастся вращающееся магнитное поле которое согласно закону электромагнитной индукции создают в медном диске токи индукции. Данные токи, протекая по диску, создают собственное электромагнитное поле, которое, в свою очередь, вступает во взаимодействие с вращающимся магнитным полем постоянных магнитов, что приводит к вращению диска.

Таким же образом работает и трехфазный электродвигатель, однако в нем вращающееся магнитное поле создается с помощью специального расположения обмоток статора, которые смещены в пространстве относительно друг друга на 120° , такое расположение при протекании по ним трехфазного тока приводит к возникновению вращающегося электромагнитного поля.

Вращающееся магнитное поле статора воздействуя на обмотку ротора приводит к возникновению в ней индукционных токов, которые протекая через обмотку ротора создают собственное электромагнитное поле, взаимодействие этих полей приводит ротор во вращение.

Так же как и магнит статор электродвигателя имеет полюса, однако в отличие от постоянного магнита полюсов в электродвигателе может быть больше двух, при этом их всегда четное количество. Количество полюсов в статоре напрямую влияет на скорость вращения магнитного поля и соответственно на скорость вращения ротора. Частота вращения магнитного поля (синхронная частота) определяется по формуле:

$$n=60*f/p$$

где: f — частота тока в статорах СНГ частота тока составляет 50 Гц (Герц);

p — количество пар полюсов.

Чем больше полюсов у двигателя тем меньше частота его вращения. Например, рассчитаем частоту вращения электродвигателя с четырьмя полюсами:

Четыре полюса — это 2 пары полюсов, соответственно:

$$n=60*f/p=60*50/2=1500 \text{ об/мин}$$

Т.е. синхронная частота вращения магнитного поля статора 1500 об/мин, при этом частота вращения ротора при этом будет немного меньше может составлять 1400-1450 об/мин.

Относительная величина отставания вращения ротора от частоты вращения магнитного поля статора называется скольжением, она выражается в процентах и определяется по формуле:

$$S=(n_1-n_2)/n_1*100\%$$

где: n_1 — синхронная частота вращения, об/мин;

n_2 — частота вращения ротора (асинхронная частота вращения), об/мин.

В процессе работы электродвигатель развивает движущий момент M_d .

Под совместным действием нагрузки и сил трения в приводе возникает момент сил сопротивления M_c . При этом может происходить изменение угловой скорости электродвигателя W , тогда дополнительно возникает динамический момент сил инерции M_j . Работа электродвигателя описывается выражением:

$$M_d = M_c + M_j \quad (3.1)$$

Вращающий момент электродвигателя пропорционален произведению силы тока на магнитный поток, а величина тока электродвигателя определяет сечение его обмотки. Сечение магнитопровода определяется величиной магнитного потока.

Габаритные размеры электродвигателя зависят и от его вращающего момента.

Номинальную мощность на валу электродвигателя определяют по формуле

$$P_{\text{ном}} = M_{\text{ном}} \times W_{\text{ном}}, \quad (3.2)$$

где $M_{\text{ном}}$ — номинальный момент на валу, Н;

$W_{\text{ном}}$ – угловая скорость ротора, с^{-1} .

Мощность электродвигателя возрастает с увеличением частоты вращения. Частота вращения асинхронного двигателя зависит от скорости вращения магнитного поля

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s), \quad (3,3)$$

где f – частота питающей сети, Гц;

p – число пар полюсов в обмотке статора;

s – величина скольжения ротора, (0.02 – 0.05).

Время пуска электродвигателя малой мощности без нагрузки равно 0,2 – 0,3 с. Время пуска мощных электродвигателей обычно не превышает 1 – 2 с. Во время разгона электродвигатель потребляет из сети ток в 6 – 7 раз больше номинального, поэтому число пусков в час для каждой системы двигатель-привод ограничено из-за возможного перегрева обмоток двигателя. Предельно допустимая температура корпуса электродвигателя 95 °С.

Кратковременная работа электродвигателя с гарантированными паузами для его охлаждения позволяет допускать механическую перегрузку электродвигателя до 30 – 50 %. Реверс асинхронного двигателя осуществляется изменением подключения любых двух из трех питающих проводов. Реверс противовключением вызывает резкое, в 4 – 12 раз, увеличение значения потребляемого тока, что также приводит к перегреву двигателя.

При необходимости трехфазный двигатель может быть подключен к однофазной сети. При таком включении теряется до 1/3 мощности двигателя. Схема подключения приведена на рисунке 3.1.

Все операции по управлению работой двигателя выполняются с помощью пускорегулирующей аппаратуры. Типовая схема с релейно-контакторным управлением асинхронным двигателем показана на рисунке 3.2. Электрическая схема предусматривает включение электродвигателя в обе стороны, защиту от перегрузки и торможение при включении электромагнита тормозного устройства.

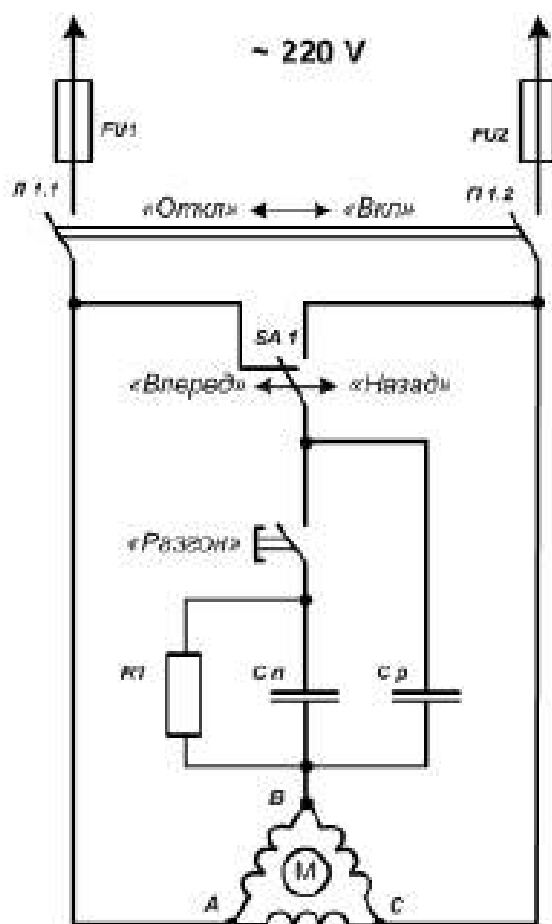


Рисунок 3.1 – Схема включения трехфазного электродвигателя в сеть 220 В Ср – рабочий конденсатор; Сп – пусковой конденсатор; П1 – пакетный выключатель

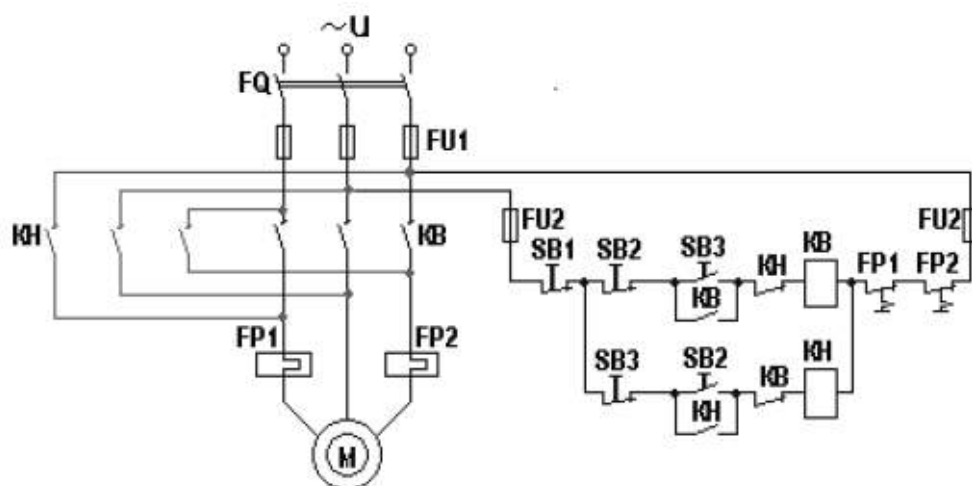
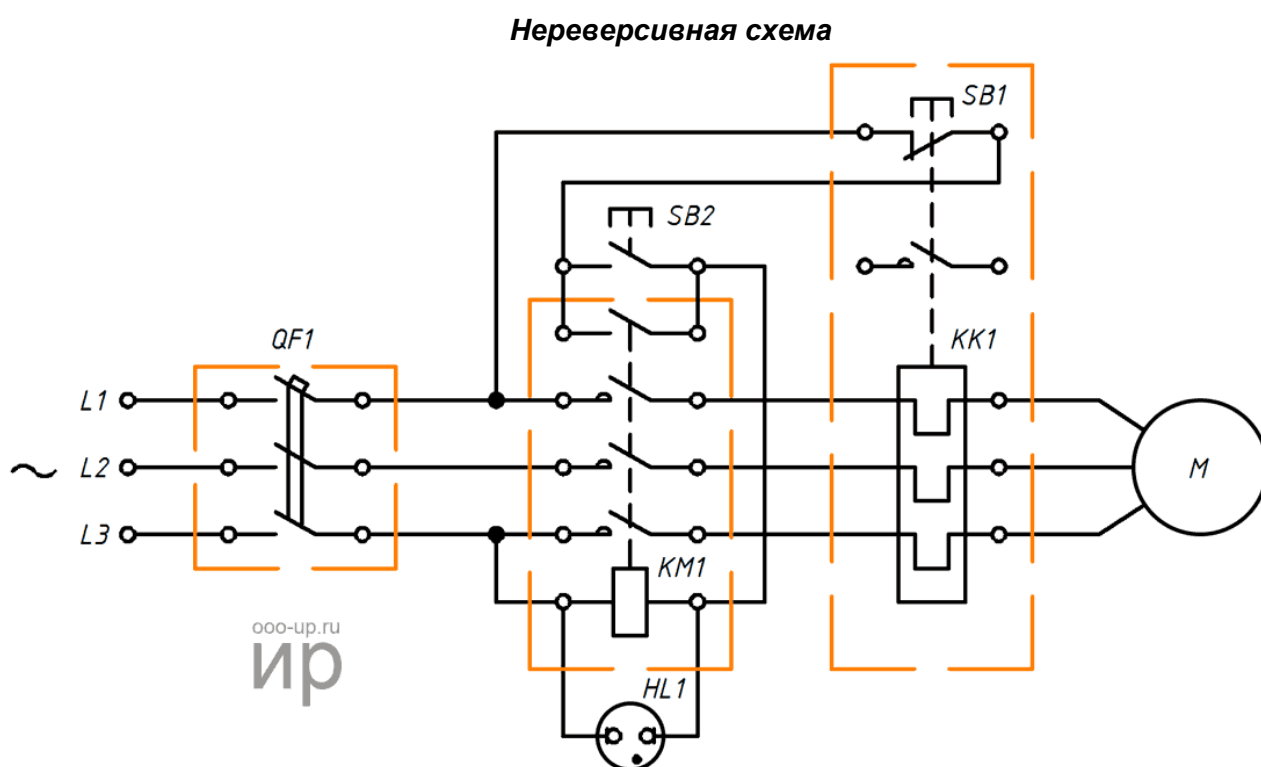


Рисунок 3.2 – Схема с релейно-контакторным управлением асинхронного электродвигателя

Защита двигателя от коротких замыканий осуществляется плавкими вставками, а от перегрузок – встроенными в магнитный пускатель М тепловыми реле FP1 и FP2. Магнитный пускатель производит дистанционный пуск, реверс и остановку асинхронных двигателей мощностью до 75 кВт, работающих в продолжительном режиме. Иногда его можно использовать при кратковременном или повторно-кратковременном режиме с небольшим количеством включений в час. Командным аппаратом является кнопочная станция с кнопками SB1 («Стоп»), SB2 («Назад») и SB3 («Вперед»). Торможение в рассмотренных схемах осуществляется за счет трения в подвижных частях механизма.

Прямое подключение к сети питания

Использование магнитных пускателей позволяет управлять асинхронными электродвигателями путем непосредственного подключения двигателя к сети переменного тока.



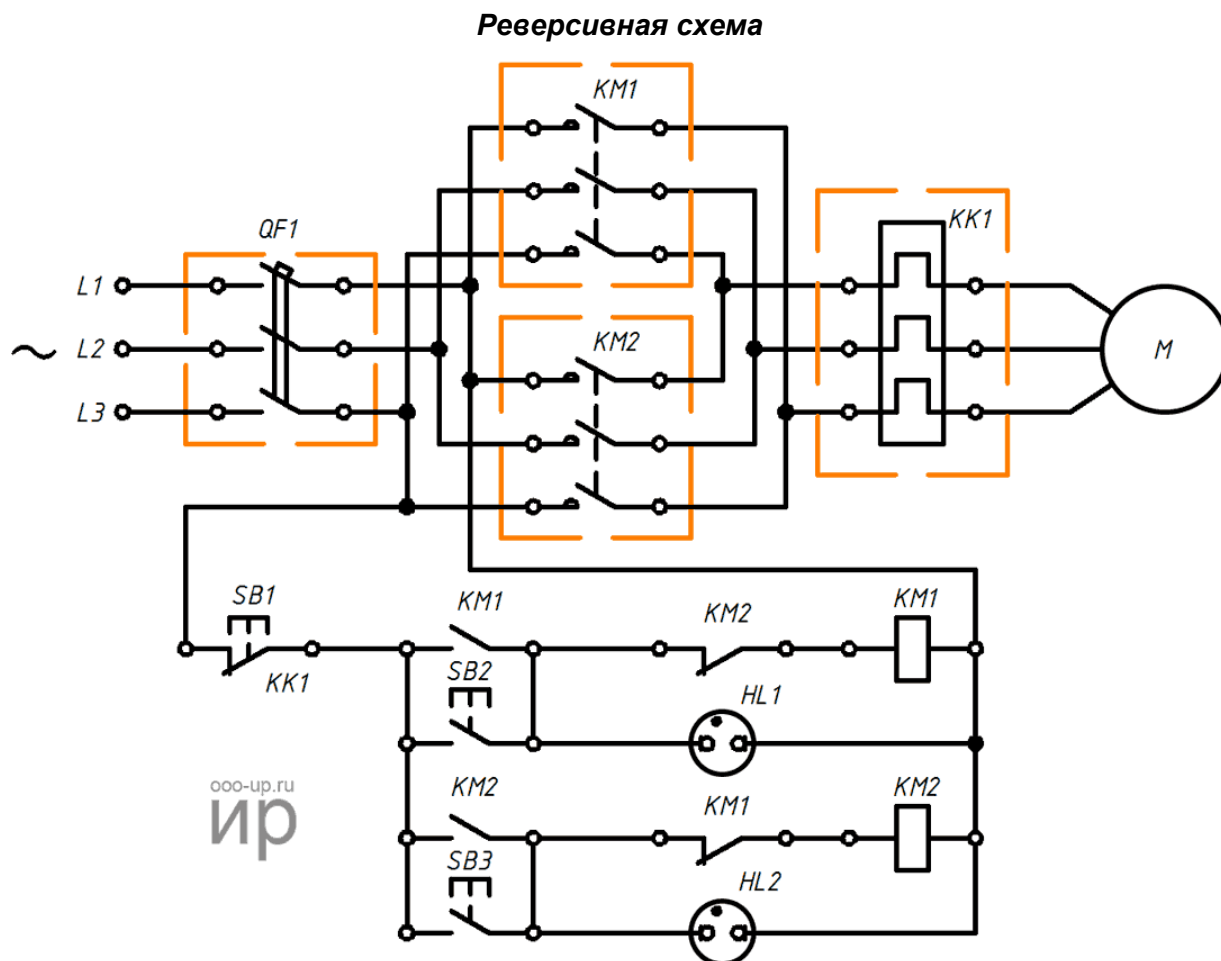
Не-

реверсивная схема подключения трехфазного асинхронного электродвигателя к трехфазной сети переменного электрического тока через магнитный пускатель пускатель, KK1 - тепловое реле, HL1 - сигнальная лампа, М - трехфазный асинхронный двигатель

С помощью магнитных пускателей можно реализовать схему:

- нереверсивного пуска: пуск и остановка;
- реверсивного пуска: пуск, остановка и реверс.

Использование теплового реле позволяет осуществить защиту электродвигателя от величин тока намного превышающих номинальное значение.



Реверсивная схема подключения трехфазного асинхронного электродвигателя к трехфазной сети переменного электрического тока через магнитные пускатели L1, L2, L3 - контакты для подключения к сети трехфазного переменного тока, QF1 - автоматический выключатель, KM1, KM2 - магнитные пускатели, KK1 - тепловое реле, М - трехфазный асинхронный двигатель, SB1 - кнопка остановки, SB2 - кнопка пуска "вперед", SB3 - кнопка пуска "назад" (реверс), HL1, HL2 - сигнальные лампы

Недостатком прямой коммутации обмоток асинхронного электродвигателя с сетью является наличие больших пусковых токов, во время запуска электродвигателя.

Плавный пуск асинхронного электродвигателя

В задачах, где не требуется регулировка скорости электродвигателя во время работы для уменьшения пусковых токов используется устройство плавного пуска.

Устройство плавного пуска защищает асинхронный электродвигатель от повреждений вызванных резким увеличением потребляемой энергии во время пуска путем ограничения пусковых токов. Устройство плавного пуска позволяет обеспечить плавный разгон и торможение асинхронного электродвигателя.

Устройство плавного пуска дешевле и компактнее частотного преобразователя. Применяется там, где регулировка скорости вращения и момента требуется только при запуске.

Частотное управление асинхронным электродвигателем

Для регулирования скорости вращения и момента асинхронного двигателя используют частотный преобразователь. Принцип действия частотного преобразователя основан на изменении частоты и напряжения переменного тока.



Использование частотного преобразователя позволяет:

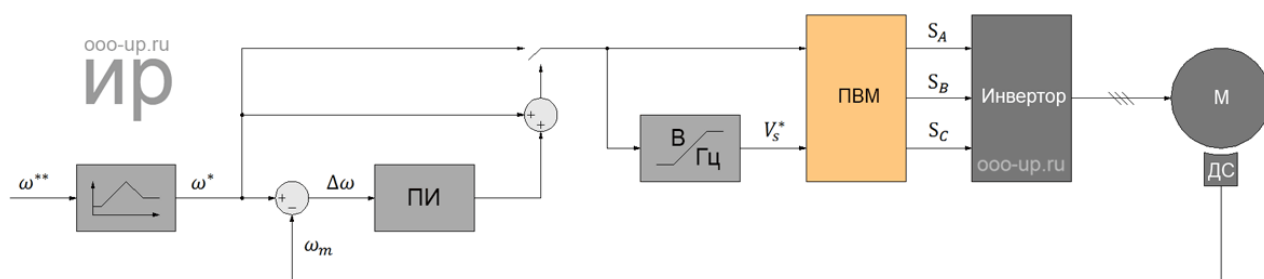
- уменьшить энергопотребление электродвигателя;
- управлять скоростью вращения электродвигателя (плавный запуск и остановка, регулировка скорости во время работы);
- избежать перегрузок электродвигателя и тем самым увеличить его срок службы.

Функциональная схема частотно-регулируемого привода

В зависимости от функционала частотные преобразователи реализуют следующие методы регулирования асинхронным электродвигателем:

- скалярное управление;
- векторное управление.

Скалярное управление является простым и дешевым в реализации, но имеет следующие недостатки - медленный отклик на изменение нагрузки и небольшой диапазон регулирования. Поэтому скалярное управление обычно используется в задачах, где нагрузка либо постоянна, либо изменяется по известному закону (например, управление вентиляторами).

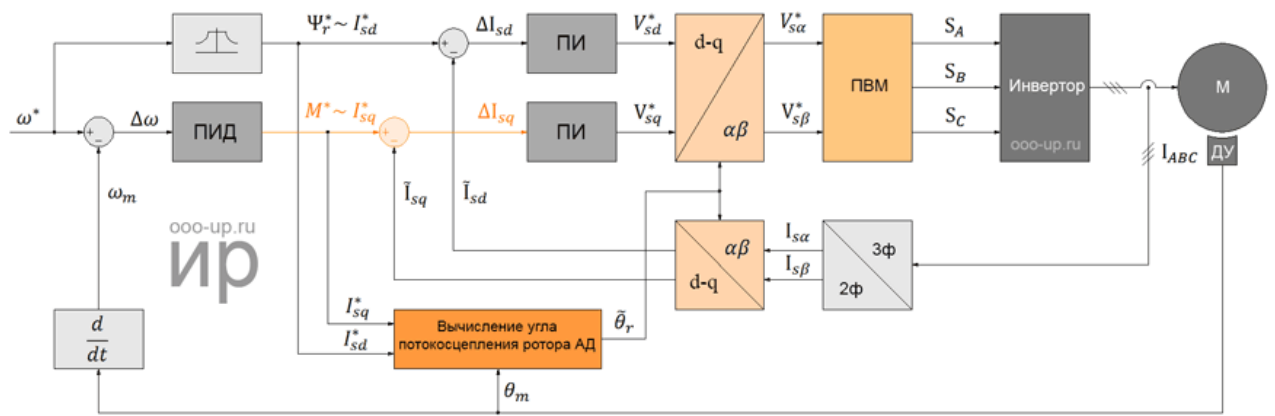


Скалярное управление асинхронным двигателем с датчиком скорости

Векторное управление используется в задачах, где требуется независимо управлять скоростью и моментом электродвигателя (например, лифт), что, в частности, позволяет поддерживать постоянную скорость вращения при изменяющемся моменте нагрузки. При этом векторное управление является самым эффективным управлением с точки зрения КПД и увеличения времени работы электродвигателя.

Среди векторных методов управления асинхронными электродвигателями наиболее широкое применение получили: полеориентированное управление и прямое управление моментом.

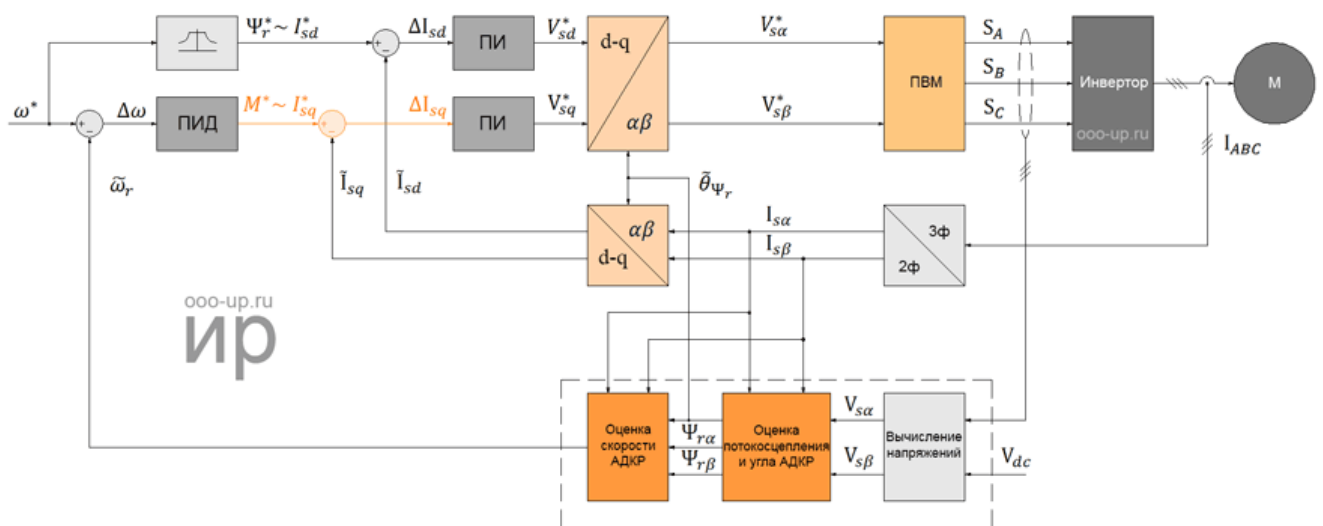
Полеориентированное управление позволяет плавно и точно управлять параметрами движения (скоростью и моментом), но при этом для его реализации требуется информация о направлении вектора потока сцепления ротора двигателя.



Полеориентированное управления асинхронным электродвигателем по датчику положения ротора

По способу получения информации о положении потокосцепления ротора электродвигателя выделяют:

- полеориентированное управление по датчику;
- полеориентированное управление без датчика: положение потокосцепления ротора вычисляется математически на основе той информации, которая имеется в частотном преобразователе (напряжение питания, напряжения и токи статора, сопротивление и индуктивность обмоток статора и ротора, количество пар полюсов двигателя).



Полеориентированное управления асинхронным электродвигателем без датчика положения ротора

Прямое управление моментом имеет простую схему и высокую динамику работы, но при этом высокие пульсации момента и тока.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Обработывающий центр модель – ТМС- 450
2. Инструментальный токарный станок с ЧПУ с наклонными направляющими KDCK-25
3. Обработывающий центр (фрезерный) JVC-3
4. 3D фрезерный станок с ЧПУ Роутер 3020BZ
5. Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУРоутер 4230
6. Вертикальный Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУ Роутер 6040
7. 3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND -MDX-40A
8. 3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND-MDX-540A

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории. Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки. Без заземления работа запрещена. Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

1. Внимательно изучить данные методические указания.
2. Изучить принципиальную схему включения двигателя, определить назначение элементов схемы.
3. Сделать выводы по работе.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы и цель работы.

2. Теоретический материал.
3. Принципиальная схема включения двигателя.
4. Описание конструкции и работы элементов схемы с указанием физических явлений, происходящих при их работе.
5. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип действия асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
2. Преимущества асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
3. Определение вращающего момента двигателя с короткозамкнутым ротором.
4. Обеспечение реверса и установки двигателя с короткозамкнутым ротором.
5. Подключение двигателя с короткозамкнутым ротором к однофазной цепи.
6. Принципиальная схема включения двигателя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении: Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / под общ. Ред. Проф. Ю.З. Житенкова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019.

Лабораторная работа №8

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Цель работы: Изучение устройства и принципа работы технологической оснастки с пневматическим приводом.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: устройство и принцип работы пневматического привода; основные элементы, входящие в состав пневмопривода.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Подбирать пневмопривод в зависимости от условий его эксплуатации; разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в области машиностроения.

Актуальность темы: В современных машинах, и в частности в системах автоматизации производственных процессов, наряду с гидромеханизмами применяются пневмомеханизмы (пневмоприводы), основанные на использовании в качестве рабочей среды сжатого или разреженного воздуха. С помощью пневматических устройств (приводов) решаются сложные задачи по автоматизации управления машин и производственных процессов. Применение их имеет преимущества в тех случаях, когда требуется осуществить быстрые перемещения выхода, а также когда применение гидравлических приводов с масляной рабочей средой недопустимо по требованиям пожарной безопасности, как это имеет место в угольных шахтах и в ряде химических производств.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пневматический привод (пневмопривод) – совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством энергии сжатого воздуха. Обязательными элементами пневмопривода являются компрессор (генератор пневматической энергии) и пневмодвигатель.

Пневмопривод, подобно гидроприводу, представляет собой своего рода «пневматическую вставку» между приводным двигателем и нагрузкой (машиной или механизмом) и выполняет те же функции, что и механическая передача (редуктор, ремённая передача, кривошипно-шатунный механизм и т. д.).

Основное назначение пневмопривода, как и механической передачи, – преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки (преобразование вида движения выходного звена двигателя, его параметров, а также регулирование, защита от перегрузок и др.).

В общих чертах, передача энергии в пневмоприводе происходит следующим образом: приводной двигатель передаёт вращающий момент на вал компрессора, который сообщает энергию рабочему газу, рабочий газ после специальной подго-

товки по пневмолиниям через регулирующую аппаратуру поступает в пневмодвигатель, где пневматическая энергия преобразуется в механическую, после этого рабочий газ выбрасывается в окружающую среду, в отличие от гидропривода, в котором рабочая жидкость по гидрوليниям возвращается либо в гидробак, либо непосредственно к насосу.

В зависимости от характера движения выходного звена пневмодвигателя (вала пневмомотора или штока пневмоцилиндра), и соответственно, характера движения рабочего органа пневмопривод может быть вращательным или поступательным. Пневмоприводы с поступательным движением получили наибольшее распространение в технике.

Пневматический привод (пневмопривод), один из основных современных видов привода (наряду с электрическим и гидравлическим, обеспечивающий работу самых различных машин.

Широкое распространение пневмопривода объясняется целым рядом его **достоинств**: простотой конструкции, доступностью рабочего тела (воздуха из окружающей среды), простотой эксплуатации и ремонта, сравнительно низкой стоимостью, высокой надежностью работы при высоких и низких температурах, полной пожаро- и взрывобезопасностью при высокой влажности и запыленности окружающей среды.

Срок службы пневмопривода достигает 10...20 тыс. часов (до 10...50 млн. циклов работы). Он может обеспечивать очень высокие скорости выходного звена – до нескольких метров в секунду, а при вращательном – до 300 тыс. оборотов в минуту. Рабочие скорости пневмопривода значительно выше скоростей гидропривода. По транспортабельности сжатый воздух уступает только электроэнергии. Сжатым воздухом можно одновременно снабжать большое число пневмоприводов машин от одного источника, например, компрессорной станции завода. Пневмоприводы в отличие от электрических не требуют защитных устройств от перегрузки. Пневмодвигатели можно затормаживать до полной остановки на неограниченное время, не боясь перегрузки. Скорость движения и развиваемое рабочее усилие регулируются плавно и легко. Рабочее усилие после регулировки поддерживается у

них на постоянном уровне с высокой точностью. Во многих случаях пневмоприводы удастся соединять с рабочими органами непосредственно, без сложных механических передач. Это существенно упрощает конструкцию машин.

К **недостаткам** пневмопривода относятся невозможность обеспечить плавное перемещение рабочих органов машин при колебаниях нагрузки, сложность обеспечения точной остановки выходного звена, например штока пневмоцилиндра, в любом промежуточном положении. Это объясняется сжимаемостью воздуха – рабочего тела пневмопривода. Скорость передачи пневматических командных сигналов по трубопроводам ограничена скоростью распространения звука в воздушной среде. Поэтому для увеличения быстродействия применяют комбинированные электропневматические системы управления, в которых командные сигналы передаются по электрическим линиям связи.

Сжимаемость воздуха (или объемная упругость), то есть изменение объема под действием внешних сил, в других случаях является не недостатком, а решающим преимуществом. Именно это свойство используется в пневматических шинах и подвесках автомобилей, в приводах автоматических дверей электропоездов и метро, в надувных лодках и футбольных мячах для смягчения ударов.

Сжимаемость воздуха и несжимаемость минерального масла, прежде всего, и определяют и разграничивают области применения пневматических и гидравлических приводов.

Высокую плавность и равномерность хода, точность остановки выходного звена, большие рабочие усилия может обеспечить гидравлический привод, в котором рабочим телом служит несжимаемая жидкость – минеральное масло, или комбинированный привод – пневмогидравлический. Только в этих случаях рационально его применение. Однако гидропривод имеет целый ряд недостатков: трудность снабжения рабочим телом – минеральным маслом, опасность его утечки через уплотнения и т.д. Поэтому в большинстве случаев рационально применять более простой в эксплуатации пневмопривод, рабочим телом для которого служит воздух из атмосферы, сжатый в компрессоре.

В состав системы пневмопривода могут входить самые различные пневмодвигатели: пневмоцилиндры, мембранные (или диафрагменные) исполнительные механизмы, поворотные пневмодвигатели, многооборотные пневмомоторы. Кроме того, в системы входят устройства управления их движением (пневмораспределители, дроссели с обратными клапанами, редукционные клапаны), кондиционеры (фильтры-влагоотделители, маслораспылители, обеспечивающие смазку подвижных частей пневмоаппаратуры, глушители шума); запорные органы (вентили); пневмолинии (трубопроводы и соединения).

Основные элементы, входящие в состав пневмопривода, приведены на рисунке 8.1, которые в зависимости от выполняемых задач, могут иметь различное конструктивное исполнение.

Типовая пневматическая схема подключения к сети пневмоцилиндра двустороннего действия приведена на рисунке 8.2.

По схеме действия пневмоцилиндры подразделяются на односторонние и двусторонние (рис. 8.3). По методу компоновки с оборудованием различают пневмоцилиндры прикрепляемые, встраиваемые и агрегатированные.

В пневмоцилиндрах одностороннего действия давление сжатого воздуха действует на поршень только в одном направлении, в другую сторону поршень со штоком перемещается под действием других сил и поэтому такие пневмоцилиндры используют в случаях, когда при зажиме детали требуется сила большая, чем при разжиме.

В пневмоцилиндрах двустороннего действия перемещение поршня со штоком под действием сжатого воздуха происходит в двух противоположных направлениях и поэтому их используют в случаях, когда при зажиме и разжиме детали требуется одинаково большая сила.

По виду установки различают стационарные пневмоцилиндры и вращающиеся. Вращающиеся пневмоцилиндры используют для перемещения зажимных устройств вращающихся приспособлений (патроны токарных станков).

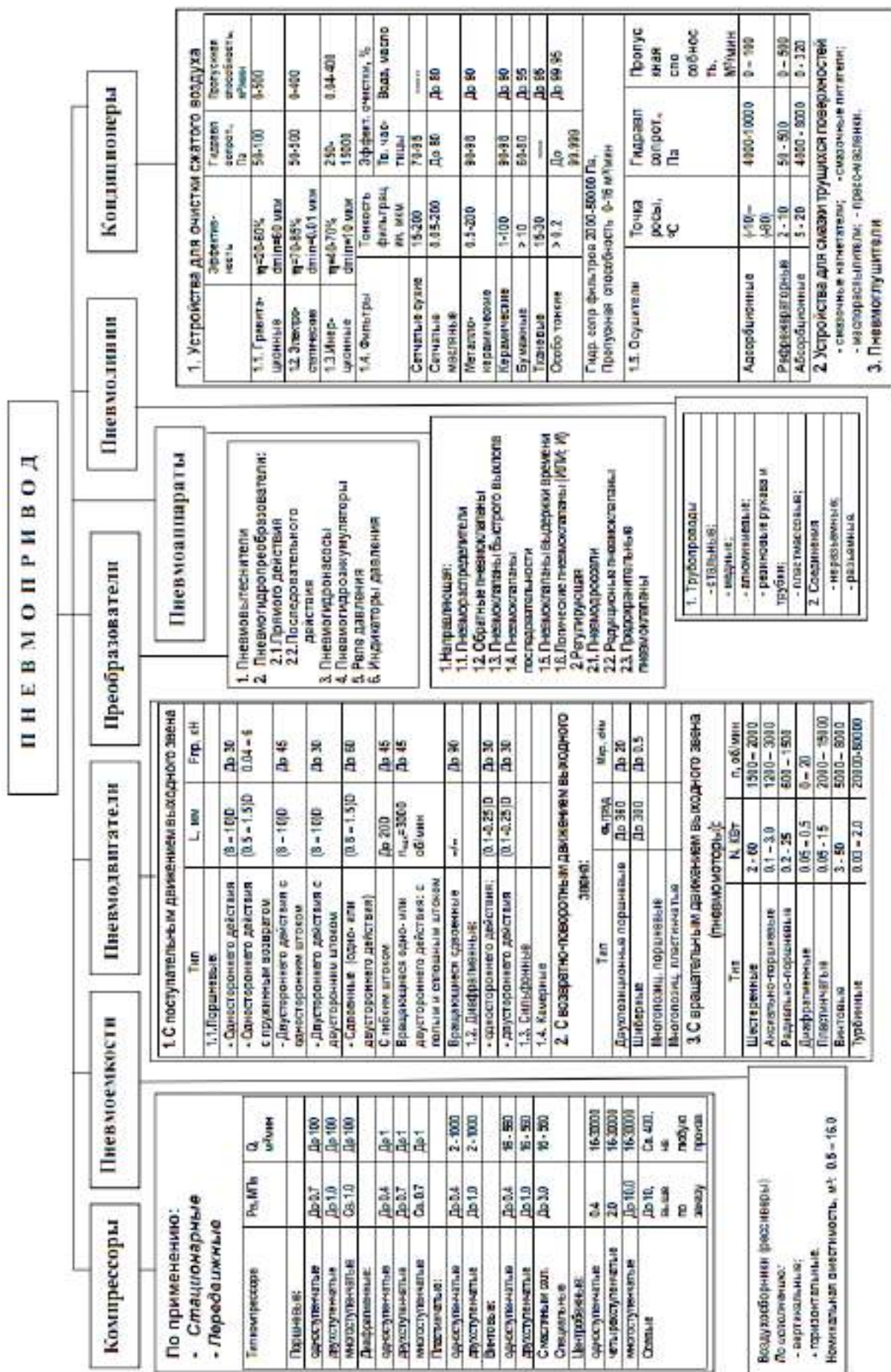


Рисунок 8.1 – Структура пневмопривода

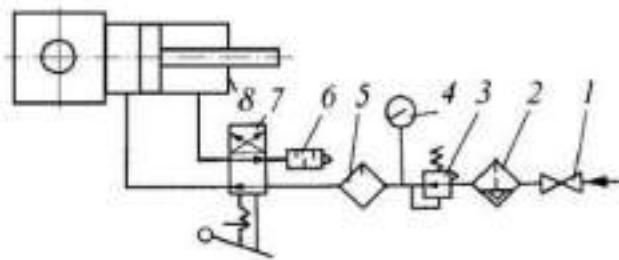


Рисунок 8.2 – Типовая пневматическая схема подключения к сети пневмоцилиндра: 1 – вентиль; 2 – фильтр-водоотделитель; 3 – редукционный пневмоклапан; 4 – манометр; 5 – маслораспылитель; 6 – пневмоглушитель; 7 – пневмораспределитель; 8 – пневмоцилиндр.

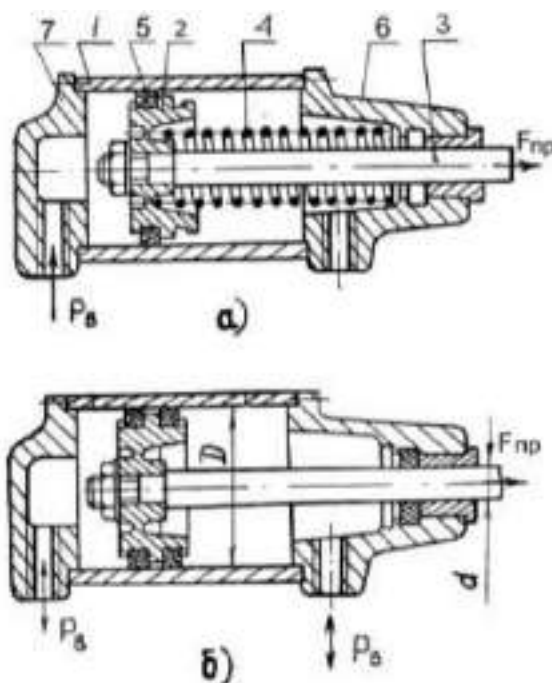


Рисунок 8.3 – Схемы пневмоцилиндров одностороннего а) и двустороннего б) действия: 1 – корпус (гильза), 2 – поршень, 3 – шток, 4 – возвратная пружина, 5 – уплотнение, 6 – передняя крышка, 7 – задняя крышка

Стандарт предусматривает изготовление пневмоцилиндров со следующими видами крепления (рис. 8.4): на удлиненных стяжках, на лапах, на переднем и заднем фланцах, на проушине и на цапфах.

Условием нормальной работы пневмоцилиндров является их герметичность. В современных пневмоцилиндрах применяют два типа уплотнителей:

- манжеты V-образного сечения из маслостойкой резины для уплотнения зазоров в сопряжениях поршней с цилиндрами, штоков с крышками;
- кольца круглого сечения из маслостойкой резины для уплотнения кольцевых зазоров в сопряжениях поршней с цилиндрами, штоков с крышками и неподвижных соединений цилиндров с крышками.

Манжеты обладают следующими достоинствами: высокая долговечность; герметичность; менее жесткие, чем у колец требования по точности и качеству уплотняющих поверхностей.

Недостатки: относительная сложность изготовления и большой размер уплотнительного узла.

Кольца круглого сечения более требовательны к точности и качеству обработки уплотняемых поверхностей, однако обеспечивают наименьший размер уплотняемого узла.

К пневмоцилиндрам предъявляют следующие технические требования, они должны быть:

- герметичны и не допускать утечки воздуха при давлении сжатого воздуха $p_v = 0,58$ МПа;
- проверены на прочность при давлении сжатого воздуха $p_v = 0,9$ МПа;
- проверены на работоспособность;
- перемещения поршня со штоком из одного крайнего положения в другое в диапазоне рабочих давлений $p_v = 0,195 \dots 0,58$ МПа должно происходить плавно, без рывков;
- обеспечивать осевую силу, развиваемую поршнем со штоком при его перемещении с давлением сжатого воздуха $p_v = 0,58$ МПа, не менее 85 % от расчетной силы F_{np} ;
- обеспечивать герметичность:
 - а) для цилиндров с уплотнением поршня манжетами не менее 400000 двойных ходов при длине хода равной двум диаметрам цилиндра;

б) для цилиндров с уплотнением поршня кольцами круглого сечения не менее 1500000 двойных ходов.

При применении V-образных манжет сопряжение поршня с цилиндром производится с посадкой $H11/d11$ с шероховатостью рабочей поверхности цилиндра $Ra = 1,25$ мкм. В случае использования колец круглого сечения осуществляют посадку $H7/f7$ с шероховатостью рабочей поверхности цилиндра $Ra = 0,32$ мкм.

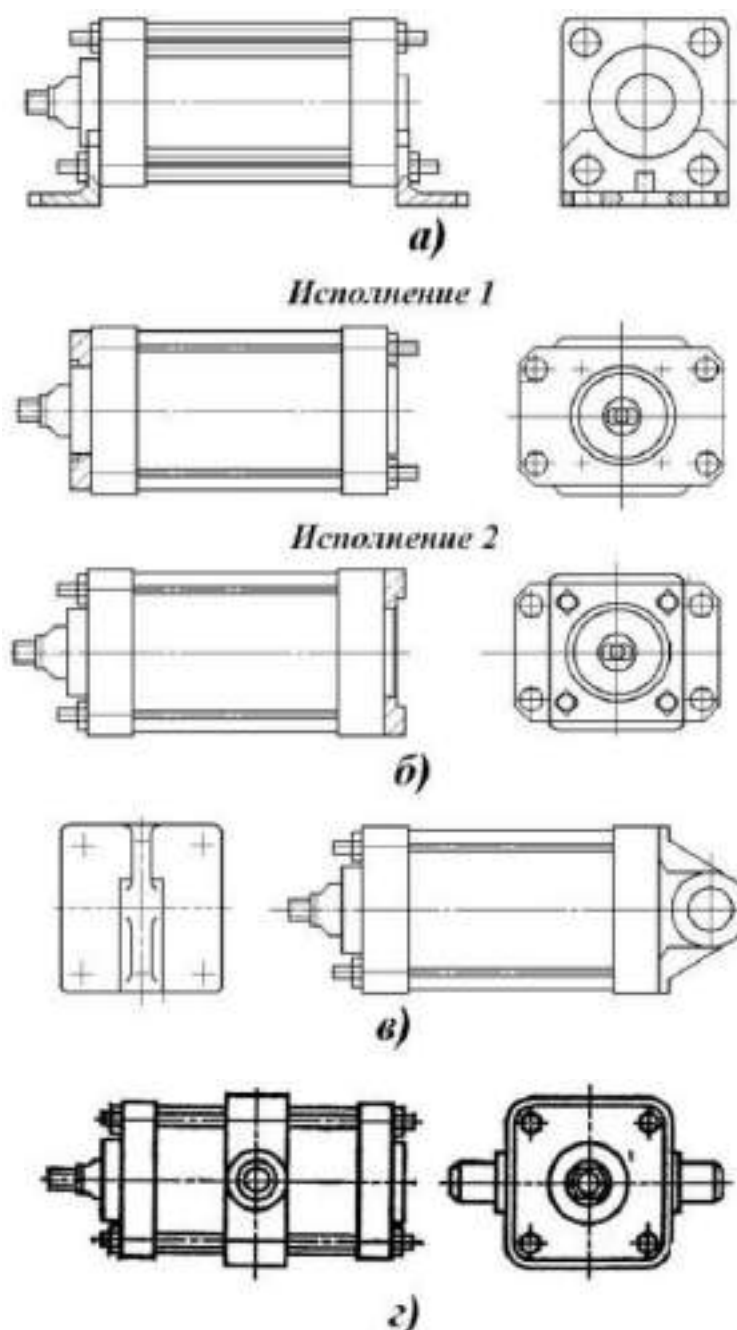


Рисунок 8.4 – Исполнение пневмоцилиндров по способу крепления:

- а) на лапах, б) на переднем и заднем фланцах, в) на проушине,
г) на цапфах

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

1. Обработывающий центр модель – ТМС- 450
2. Инструментальный токарный станок с ЧПУ с наклонными направляющими KDCK-25
3. Обработывающий центр (фрезерный) JVC-3
4. 3D фрезерный станок с ЧПУ Роутер 3020BZ
5. Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУРоутер 4230
6. Вертикальный Фрезерный трех/четырёхкоординатный станок с ЧПУ Роутер 6040
7. 3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND -MDX-40A
8. 3D фрезерный станок с ЧПУ ROLAND-MDX-540A

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

В ходе выполнения лабораторной работы студенту необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при выполнении работ в учебной лаборатории. Проверить наличие заземления корпусов приборов и лабораторной установки. Без заземления работа запрещена. Проверить наличие и надежность закрепления ограждающих элементов установки.

Перед включением установки ознакомиться с методическими указаниями, правилами и порядком работы на лабораторной установке.

Включение установки без преподавателя запрещается.

ЗАДАНИЯ

1. Изучить устройство и принцип работы пневматического привода.
2. Представить в отчете структуру пневмопривода.
3. Зарисовать типовую пневматическую схему подключения к сети пневмоцилиндра.
4. Зарисовать схемы подключения к сети пневмоцилиндра одностороннего и двустороннего действия.
5. Оформить отчет и сделать вывод по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое «пневматический привод»?
2. Каково назначение пневмопривода?
3. Какие Вы знаете достоинства и недостатки пневмопривода?
4. Какие элементы входят в состав системы пневмопривода?
5. Как подразделяются пневмоцилиндры по схеме действия?
6. В каких случаях используют вращающиеся пневмоцилиндры?
7. Какие виды крепления пневмоцилиндров Вы знаете?
8. Какие два типа уплотнителей применяют в современных пневмоцилиндрах?
9. Какие технические требования предъявляют к современным пневмоцилиндрам?

4 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фаскиев, Р.С. Проектирование приспособлений : учебное пособие / Р.С. Фаскиев, Е.В. Бондаренко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 178 с.
2. Ющенко, Н.И. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технологическая оснастка для ремонта и обслуживания автомобилей» / Н.И. Ющенко, Н.С. Новоходский. - Издательство Северо-Кавказского государственного технического университета, Ставрополь. – 70 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических занятий дисциплине
«Автоматизация машиностроительного производства»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическое занятие №1 Мальтийские механизмы. Часть 1.	5
Практическое занятие №2 Мальтийские механизмы. Часть 2.	16
Практическое занятие №3 Расчет механизма поворота. Часть 1	21
Практическое занятие №4 Расчет механизма поворота. Часть 2	36
Практическое занятие №5 Расчёт механизма фиксации	43
Практическое занятие №6 Программирование рабочего цикла станков с цикловой системой программного управления	56
Практическое занятие №7 Расчет вибрационных грузозахватных устройств	60
Практическое занятие №8 Расчет двух координатных систем программного управления	72
Практическое занятие №9 Расчет и выбор механизмов зажима	82
Практическое занятие №10 Методика расчета шарикового передаточного механизма	92
Практическое занятие №11 Методика выбора (расчета) силовых головок	102
Практическое занятие №12 Изучение методики расчета технологической оснастки с пневматическим приводом	116
Практическое занятие №13 Изучение методики расчета технологической оснастки с электрогидравлическим приводом	125
Практическое занятие №14 Изучение автоматизированного дискретного пневмопривода одностороннего действия функциональных устройств обрабатывающего и сборочного технологического оборудования	138
Практическое занятие №15 Гравитационные транспортные устройства автоматизированного технологического оборудования	148
Практическое занятие №16 Шланговые пневмодвигатели модулей загрузки и транспортирования автоматизированных технологических систем	156
Практическое занятие №17 Валковые полусамотечные транспортные устройства	165
Практическое занятие №18 Расчет основных параметров карманчиковых БЗОУ	169
Практическое занятие №19 Расчет основных параметров крючковых БЗОУ	173
Практическое занятие №20 Расчет основных параметров секторных БЗОУ	176

Практическое занятие №21 Расчет основных параметров трубчатых БЗОУ	180
Практическое занятие №22 Определение конструктивных параметров спиральных лотков вибрационных БЗОУ для пассивного автоматического ориентирования деталей со смещенным центром тяжести	183
Практическое занятие №23 Основы выбора и конструирования захватных устройств к ПР	191
Практическое занятие №24 Основы выбора и конструирования устройств размещения заготовок в операционных накопителях РТК	196
Практическое занятие №25 Основы выбора и конструирования станочных приспособлений в РТК. Основы выбора и конструирования устройств автоматического закрепления-открепления заготовок на станках РТК	202

Введение

Автоматизация производственных процессов — генеральное направление развития народного хозяйства, одно из главных условий построения материально-технической базы в нашей стране. Автоматизация производства открывает неограниченные возможности для повышения производительности общественного труда. Особое значение имеет автоматизация машиностроительного производства. На основе развития машиностроения осуществляется механизация и автоматизация всей промышленности.

Но реальный экономический эффект, получаемый в результате механизации и автоматизации, во многом зависит от того, в каких конкретных условиях, для решения каких производственных задач используют средства и методы механизации и автоматизации. На механизацию и, особенно, автоматизацию машиностроительного производства необходимы значительные капитальные затраты. Если объект механизации выбран удачно, эти затраты окупаются быстро. В короткие сроки достигается высокая экономическая эффективность, а если идти по пути сплошной автоматизации, то вместо экономии можно получить убыток. Поэтому каждый специалист-машиностроитель должен иметь четкое представление о технических возможностях средств механизации и автоматизации и уметь оценить их экономическую эффективность. А для этого, прежде всего, нужно представлять сущность понятий механизация и автоматизация.

При выполнении практических работ студенты осваивают следующие компетенции:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 - Способен разрабатывать технологии и программы изготовления деталей средней сложности типа тел вращения на токарных станках с ЧПУ с многопозиционной револьверной головкой	ИД-1 _{ПК-1} Анализирует основные технологические возможности станков с ЧПУ	Знать конструктивные особенности и основные технологические возможности оборудования с ЧПУ и его инструментального обеспечения
ПК-5 - Способен выполнять работу в области автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства.	ИД-1 _{ПК-5} Анализирует технологические процессы механосборочного производства с целью выявления операций, подлежащих автоматизации и механизации	Знать особенности технологических процессов для автоматизированного производства, выявлять операции, подлежащие автоматизации и механизации
	ИД-2 _{ПК-5} Проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	Выполнять выбор и определять конструктивные параметры средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства
	ИД-3 _{ПК-5} Внедряет средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства	Внедрять элементы автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

МАЛЬТИЙСКИЕ МЕХАНИЗМЫ. Часть 1

Цель: Практическое занятие посвящено изучению системы работы мальтийских механизмов, способов их применения и расчетов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: типы мальтийских механизмов, принцип работы, зависимости для расчета мальтийских механизмов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет мальтийских механизмов.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки выбора и проектирования мальтийского механизма.

Актуальность темы: Мальтийские механизмы получили широкое применение в станках-автоматах для периодического поворота шпиндельных блоков, револьверных головок, поворотных столов и других узлов. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Наиболее широко применяются «правильные» мальтийские механизмы с внешним (рис. 1, а) и внутренним (рис. 1, б) зацеплением, а также сферические (рис. 1, в), которые поворачивают узел автомата на равные углы с постоянной продолжительностью периодов выстоя и движения.

Мальтийские механизмы (рис. 1, а) состоят из креста 1, кривошипа (поводка) 3 с пальцем (цевкой) 2. Мальтийский механизм с внешним зацеплением (рис. 1, а) имеет мальтийский крест 1 с четырьмя радиальными пазами, в которые поочередно входит палец 2 кривошипа 3, поворачивая его каждый раз на $\frac{1}{4}$ оборота. Во время остановов положение креста фиксируется сектором 4, который входит в одну из цилиндрических выемок креста и находится в ней

до момента входа пальца в следующий паз креста.

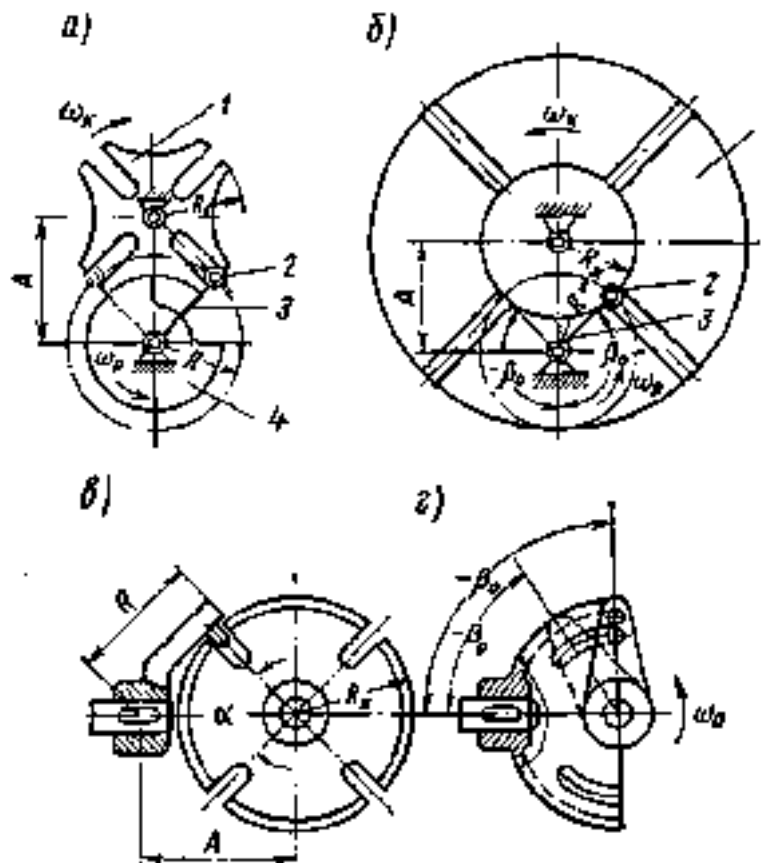


Рис. 1. Типы мальтийских механизмов:

A – расстояние между осями кривошипа и креста; R – радиус кривошипа;

R_k – радиус креста

По такому же принципу работают и мальтийские механизмы внутреннего зацепления (рис. 1, б) и сферические (рис. 1, в).

После выхода ролика из паза крест останавливается и его положение фиксируется каким-либо устройством.

В механизмах с внешним зацеплением при малом числе пазов требуются значительно меньшие углы поворота кривошипа для соответствующего поворота креста, чем в механизмах с внутренним зацеплением или в сферических механизмах.

Сферические механизмы могут быть построены с различными углами между валами кривошипа и креста. Обычно этот угол берут равным 90° . В сферическом механизме возникают меньшие динамические нагрузки, чем в меха-

низмах с внешним зацеплением. В некоторых случаях использование сферического механизма позволяет избежать применения дополнительной конической зубчатой передачи.

Преимуществами мальтийских механизмов являются их простота, достаточная плавность и быстрота поворота креста, компактность и надежность в работе. Недостатки: непостоянство скорости поворота креста и связанных с ним деталей, большие пики кривой ускорений (особенно при малом числе пазов креста), что вызывает удары в начале и конце поворота, а также большие инерционные нагрузки при большой скорости поворота или больших моментах инерции, необходимость точного изготовления и сборки.

Расчет мальтийских механизмов. Для обеспечения плавной работы механизма (рис. 1) угловая скорость мальтийского креста 1 должна быть равна нулю в момент входа пальца 2 кривошипа 3 в паз креста и выхода из него. Для этого центр кривошипа располагают так, чтобы в моменты входа и выхода вектор скорости пальца был направлен вдоль паза креста.

На рис. 2 показана расчетная схема мальтийского механизма с внешним зацеплением, где 1 – мальтийский крест, 2 – поводок, α – угол поворота креста, β – угол поворота поводка, R_k – радиус креста, A – межосевое расстояние, Z_k – число пазов креста, R – длина кривошипа.

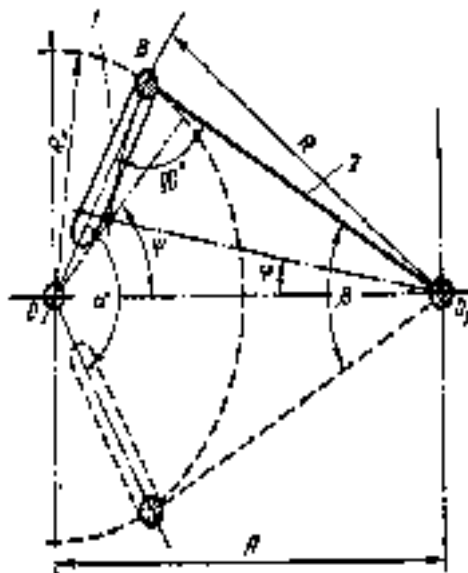


Рис. 2. Расчетная схема мальтийского механизма

В момент начала поворота (рис. 2) $\angle OBO_1 = 90^\circ$. Следовательно, $\alpha + \beta = \pi$.

Но так как полный угол поворота «нормального» креста $\alpha = 2\pi / Z_k$, то

$$\beta = \pi - \alpha = \pi - 2\pi / Z_k = [\pi(Z_k - 2)] / Z_k. \quad (1)$$

Обозначая время движения (поворота) мальтийского креста t_d , время пребывания креста в покое t_n , а время полного оборота кривошипа T , получаем

$$t_d + t_n = T \quad \text{или} \quad t_d / T + t_n / T = 1. \quad (2)$$

Тогда

$$\frac{t_d}{T} = \frac{\beta}{2\pi} = \frac{\pi(Z_k - 2)}{2\pi \cdot Z_k} = \frac{Z_k - 2}{2Z_k}, \quad (3)$$

$$\frac{t_n}{T} = \frac{2\pi - \beta}{2\pi} = \frac{2\pi}{2\pi} - \frac{\pi(Z_k - 2)}{2\pi Z_k} = \frac{Z_k + 2}{2Z_k}. \quad (4)$$

Время полного оборота кривошипа

$$T = 60 / n, \quad (5)$$

где n – число оборотов в минуту распределительного вала.

Подставляя в формулы (3) и (4) значение полного времени оборота кривошипа T , получаем:

$$t_d = \frac{Z_k - 2}{2Z_k} T = \frac{Z_k - 2}{2Z_k} \cdot \frac{60}{n} = \frac{Z_k - 2}{Z_k} \cdot \frac{30}{n} \text{ с}; \quad (6)$$

$$t_n = \frac{Z_k + 2}{2Z_k} T = \frac{Z_k + 2}{Z_k} \cdot \frac{30}{n} \text{ с}. \quad (7)$$

Отношение времени поворота креста к времени выстоя называют коэффициентом времени работы мальтийского механизма:

$$K_p = t_d / t_n = (Z_k - 2) / (Z_k + 2). \quad (8)$$

Из треугольника OBO_1 (рис. 2) получаем

$$\alpha / 2 + 90^\circ + \beta / 2 = 180^\circ. \quad (9)$$

Подставляя в уравнение (9) значение $\alpha = 360^\circ / Z_k$ и решая его относи-

тельно β , получаем

$$\beta = 180^\circ [1 - 2/Z_k]. \quad (10)$$

Следовательно, при $Z_k \rightarrow \infty$ угол поворота кривошипа $\beta \rightarrow 180^\circ$.

На рис. 3 показан график зависимости угла поворота кривошипа от числа пазов мальтийского креста, из которого следует, что для сокращения времени холостого хода выгодно делать мальтийские кресты с минимальным числом пазов, так как в данном случае угол β мал,

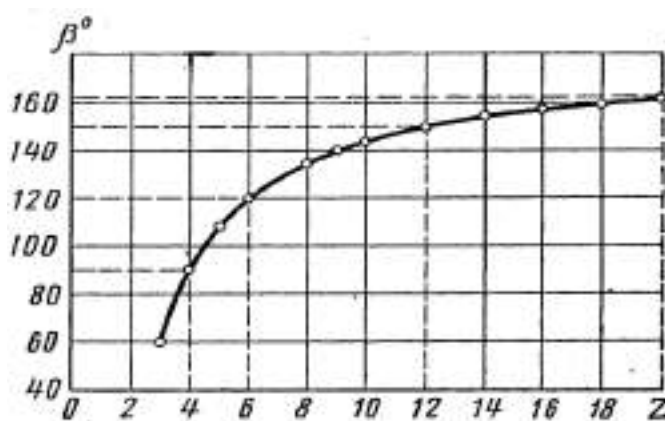


Рис. 3. Зависимость угла поворота кривошипа β , необходимого для поворота креста от числа пазов креста Z_k

Из треугольника OBO_1 (рис. 2) имеем $R_k / A = \cos(180^\circ / Z_k)$, откуда

$$A = \frac{R_k}{\cos(180^\circ / Z_k)}. \quad (11)$$

Из формулы (11) следует, что при $Z_k = 2$ межосевое расстояние A стремится к бесконечности, т.е. число пазов креста не может быть меньше 3.

Число оборотов в минуту вала, несущего кривошип, определяется из тех соображений, что время t_{Π} пребывания креста в покое зависит от наибольшей длительности технологической операции, при которой поворачиваемая часть машины должна оставаться неподвижной. Из формулы (7) следует

$$n_k = [(Z_k + 2) / Z_k] \times 30 / t_{\Pi} \text{ об/мин.} \quad (12)$$

Для произвольного положения мальтийского механизма (см. рис. 2)

$$\operatorname{tg} \psi = \lambda \sin \varphi / (1 - \lambda \cos \varphi), \quad (13)$$

где ψ – текущий угол поворота мальтийского креста; φ – текущий угол по-

ворота кривошипа; $\lambda = R/A$; R – длина радиуса кривошипа; A – межосевое расстояние.

Отсюда угловая скорость мальтийского креста

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \frac{d\psi}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\operatorname{arctg} \frac{\lambda \sin \varphi}{1 - \lambda \cos \varphi} \right), \\ \omega &= \frac{\lambda(\cos \varphi - \lambda)}{1 - 2\lambda \cos \varphi + \lambda^2} \omega_k = i \omega_k, \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

где ω_k – угловая скорость кривошипа или поводкового диска, постоянная во время поворота креста:

$$\omega_k = [(Z_k + 2) Z_k] \cdot \pi / t_{\pi}, \quad (15)$$

где i – передаточное отношение мальтийского механизма, являющееся переменной величиной:

$$i = \lambda(\cos \varphi - \lambda) / (1 - 2\lambda \cos \varphi + \lambda^2). \quad (16)$$

В моменты начала и конца поворота угловая скорость креста, как следует из формулы (14), равна нулю. Тогда скорость ω становится максимальной при $\varphi = 0$, т. е. в среднем положении поворота мальтийского креста

$$\omega_{\max} = \frac{\lambda(1 - \lambda)}{1 - 2\lambda + \lambda^2} \omega_k = \frac{\lambda}{1 - \lambda} \omega_k = \frac{\sin(\alpha/2)}{1 - \sin(\alpha/2)} \omega_k = i_{\max} \omega_k, \quad (17)$$

где $i_{\max}$ – максимальное значение переменного передаточного отношения:

$$i_{\max} = \frac{\lambda}{1 - \lambda} = \frac{\sin(\alpha/2)}{1 - \sin(\alpha/2)}. \quad (18)$$

Чтобы в начале поворота креста, когда палец кривошипа входит в зацепление с ним (см. рис. 2), не было жесткого удара, должно быть $\omega_{\text{нач}} = 0$, т. е., как следует из формулы (14), при $\varphi = \beta$ должно соблюдаться условие

$$\cos(\beta/2) - \lambda = 0, \quad (19)$$

или $R = A \cos(\beta/2)$, или также $\lambda = R/A = \sin(\alpha/2) = \sin(\pi/Z_k)$. Следовательно, палец должен входить в паз в радиальном направлении.

Угловое ускорение мальтийского креста

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \pm \frac{\lambda(1-\lambda^2)\sin\varphi}{(1-2\lambda\cos\varphi+\lambda^2)^2} \omega_k^2 = \pm K_\varepsilon \omega_k^2, \quad (20)$$

где K_ε – коэффициент ускорения мальтийского креста:

$$K_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\omega_k^2} = \frac{\lambda(1-\lambda^2)\sin\varphi}{(1+2\lambda\cos\varphi+\lambda^2)^2}. \quad (21)$$

Знак плюс ($\varepsilon > 0$) соответствует первой половине поворота креста, где угловая скорость возрастает; знак минус ($\varepsilon < 0$) – второй половине (окончанию) поворота, где его угловая скорость уменьшается.

Значение углового ускорения мальтийского креста в моменты начала и конца его поворота:

$$\varepsilon_{\text{нач (ккон)}} = \pm(R/R_k)\omega_k^2. \quad (22)$$

Так как

$$R/R_k = \operatorname{tg} \alpha / 2 = \operatorname{tg} (\pi / Z_k),$$

то

$$\varepsilon_{\text{нач (ккон)}} = \operatorname{tg} (\pi / Z_k) \omega_k^2. \quad (23)$$

Так как $\operatorname{tg} (\pi / Z_k) > 0$, то $\varepsilon_{\text{нач (ккон)}} \neq 0$. Отсюда следует, что поворот мальтийского креста сопровождается так называемым ударом второго рода, при котором $\omega = 0$, а $\varepsilon \neq 0$. Удар при прочих равных условиях тем сильнее, чем меньше число пазов, как это следует из формулы (23). Поэтому для увеличения плавности работы и срока службы выгодно применять мальтийские механизмы с большим числом пазов.

В середине поворота креста, т. е. при $\varphi = 0$, $\varepsilon = 0$ (угловое ускорение изменяет знак).

Положение механизма, при котором имеется максимальное (экстремальное) значение углового ускорения $\varepsilon_{\max}$, определяется из уравнения (20) при $d\varepsilon/dt = 0$. Решение этого уравнения дает возможность вывести формулу для определения угла φ_3 , при котором угловое ускорение принимает максимальное значение:

$$\cos \varphi_3 = -\frac{1+\lambda^2}{4\lambda} + \sqrt{\frac{(1+\lambda^2)^2}{16\lambda^2} + 2}. \quad (24)$$

Максимальное значение углового ускорения креста мальтийского механизма определяют по формуле (20), подставляя в нее $\varphi = \varphi_3$.

В механизмах с внешним и внутренним зацеплением длину кривошипа R и радиус креста R_k можно определить по формулам:

$$R = \lambda A = A \sin(\alpha/2), \quad (25)$$

$$R_k = A \cos(\alpha/2), \quad (26)$$

где $\lambda = R/A = \sin \alpha/2 = \sin \pi/Z_k$.

В сферических механизмах с углом между валами, равным 90° ,

$$R = \lambda_1 R_k = R_k \operatorname{tg} \alpha/2 = A \sin \alpha/2, \quad (27)$$

где $\lambda_1 = R/R_k = \operatorname{tg} \alpha/2 = \operatorname{tg} \pi/Z_k$.

Диаметр ролика кривошипа d_p можно предварительно выбрать в зависимости от длины кривошипа R , исходя из отношения $R/d_p = 3 \div 4$. Однако это отношение может приниматься и иным. Длину паза креста определяют из условия

$$l = R + R_k - A + d_p/2 \quad (28)$$

или

$$l = A(\sin \alpha/2 + \cos \alpha/2 - 1) + d_p/2. \quad (29)$$

Практически длину l паза креста следует брать на 2–3 мм больше расчетной.

Наружный диаметр креста

$$D_k = 2(\sqrt{R_k^2 + (d_p/2)^2} + c), \quad (30)$$

где c – фаска, принимаемая обычно равной 1,5–3 мм.

Диаметр вала креста определяют конструктивно при соблюдении условия

$$d < 2[A - R - (d_p/2)]. \quad (31)$$

Диаметр вала ведущего кривошипа определяют конструктивно при соблюдении условия

$$d_{\kappa} < 2(A - R_{\kappa}). \quad (32)$$

Момент M_c сопротивления, преодолеваемый мальтийским механизмом, состоит из суммы двух моментов: статического (момента сил трения) M_{cx} и динамического $M_{дин} = \varepsilon J_{кр}$.

Статический момент сил трения в опорах карусели приближенно можно определить по эмпирической формуле

$$M_{ст} = K_1(D_0 / d_{ш}) G, \quad (33)$$

где K_1 – коэффициент трения качения ($K_1 = 0,001-0,005$ см); D_0 – диаметр окружности центров шариков (средний диаметр упорного шарикоподшипника), мм; $d_{ш}$ – диаметр шарика подшипника, мм; G – вес карусели со всеми закрепленными на ней деталями Н.

Величина максимального усилия на ролике кривошипа

$$P_{p \max} = (M_{ст} / A)(a + bB), \quad (34)$$

где a и b – безразмерные коэффициенты, зависящие от числа Z_k пазов креста;

$$B = J_{кр} \omega_k^2 10^3 / M_{ст}, \quad (35)$$

J_p – момент инерции перемещаемых масс (карусели), приведенных к валу мальтийского креста.

Момент инерции карусели определяют условно как момент инерции диска:

$$J_{кр} = (G / 2g) r^2, \quad (36)$$

где r – приведенный радиус карусели, мм; g – ускорение силы тяжести, мм/с².

Максимальный момент сопротивления на валу креста (Н·мм)

$$M_{c \max} = M_{ст} (1 + K_{\varepsilon \max} B), \quad (37)$$

где

$$K_{\varepsilon \max} = \varepsilon_{\max} / \omega^2. \quad (38)$$

Средний крутящий момент на валу кривошипа

$$M_k = (M_{ст} / \eta_m)(g + mB), \quad (39)$$

где g и m – безразмерные коэффициенты, зависящие от числа Z_k пазов креста; η_m – коэффициент полезного действия мальтийского механизма.

Рекомендуется принимать следующие значения к. п. д. мальтийского механизма: $\eta_m = 0,8$ – вал креста на опорах скольжения; $\eta_m = 0,95$ – вал креста на опорах качения.

Средняя мощность, необходимая для вращения кривошипа,

$$N_{\text{ср}} = (M_k \omega_k) / 1000. \quad (40)$$

Максимальный крутящий момент на валу кривошипа

$$M_{k \text{ max}} = U M_k, \quad (41)$$

где U – коэффициент перегрузки, зависящий от числа Z_k пазов креста.

Значения коэффициентов a, b, g, m, U приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Число пазов креста	a	b	m	q	U
3	7,46	20,7	39,9	2,000	4,00
4	3,41	16,3	3,71	1,000	2,70
6	2,00	2,39	0,477	0,500	2,07
8	1,62	1,01	0,163	0,333	1,88
10	1,45	0,602	0,0795	0,250	1,79
12	1,35	0,422	0,0465	0,200	1,73

Ролик кривошипа проверяют на прочность при изгибе:

$$2r_p \geq \sqrt[3]{32M_n / (\pi[\sigma_n])}, \quad (42)$$

где M_n – изгибающий момент, действующий на ось ролика кривошипа; l_1 – расстояние от места заделки до точки приложения силы $P_{p \text{ max}}$ на оси ролика кривошипа,

$$M_n = P_{p \text{ max}} l_1; \quad (43)$$

$[\sigma_n]$ – допускаемое напряжение при изгибе для материала ролика (для стали ШХ15, закаленной до твердости HRC 58 ÷ 62, $[\sigma_n] = 405 \text{ Н/мм}^2$; для стали 20Х, цементированной и закаленной до твердости HRC 56 ÷ 62, $[\sigma_n] = 200 \text{ Н/мм}^2$).

Вал кривошипа проверяют на прочность при кручении:

$$d_k \geq \sqrt[3]{(16M_{k \max})/(\pi[\tau_{кр}])}, \quad (44)$$

где $[\tau_{кр}]$ – допускаемое напряжение при кручении для материала вала кривошипа (для стали 20Х, цементированной и закаленной до твердости HRC 56 ÷ 62, $[\tau_{кр}] = 150 \text{ Н/мм}^2$; для стали 45, закаленной до твердости HRC 45 ÷ 55, $[\tau_{кр}] = 100 \text{ Н/мм}^2$).

Вал креста проверяют на прочность при кручении:

$$d \geq \sqrt[3]{(16M_{с \max})/(\pi[\tau_{кр}])}, \quad (45)$$

где $[\tau_{кр}]$ – допускаемое напряжение при кручении для материала вала креста (принимается таким же, как и для вала кривошипа).

Рабочие поверхности паза креста и ролика кривошипа проверяют на контактные напряжения:

$$[\sigma_k] \geq 0,418\sqrt{(P_{p \max} E)/(r_p b_1)}, \quad (46)$$

где b_1 – толщина креста, мм; r_p – радиус ролика кривошипа, мм; E – модуль упругости (для стали $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$); $[\sigma_k]$ – допускаемое контактное напряжение (для стали 40Х, закаленной до твердости HRC 50 ÷ 58, $[\sigma_k] = 535 \text{ Н/мм}^2$; для стали ШХ15, закаленной до твердости HRC 58 ÷ 62, $[\sigma_k] = 440 \text{ Н/мм}^2$; для стали 20Х, цементированной и закаленной до твердости HRC 56 ÷ 62, $[\sigma_k] = 240 \text{ Н/мм}^2$).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Типы мальтийских механизмов.
3. Опишите принцип работы мальтийских механизмов, покажите схемы мальтийских механизмов.
4. Методика расчета мальтийского механизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в

машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>

2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 420 с. : ил. – Доп. УМО. – ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

МАЛЬТИЙСКИЕ МЕХАНИЗМЫ. Часть 2

Цель: Практическое занятие посвящено изучению системы работы мальтийских механизмов, способов их применения и расчетов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: типы мальтийских механизмов, принцип работы, зависимости для расчета мальтийских механизмов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет мальтийских механизмов.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки выбора и проектирования мальтийского механизма.

Актуальность темы: Мальтийские механизмы получили широкое применение в станках-автоматах для периодического поворота шпиндельных блоков, револьверных головок, поворотных столов и других узлов. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пример. Рассчитать основные конструктивные размеры плоского мальтийского механизма с внешним зацеплением: число пазов креста $Z_k = 8$, межосевое расстояние $A = 220$ мм, время стоянки карусели $t_{\Pi} = 1,2$ с, вес карусели $G = 1200$ Н, приведенный радиус карусели $r = 380$ мм, $\eta_m = 0,95$.

1. Определяем углы поворота мальтийского креста и кривошипа:

$$\alpha = 360^\circ / Z_k = 360^\circ / 8 = 45^\circ;$$

$$\beta = 180^\circ - 45^\circ = 135^\circ.$$

2. Определяем конструктивные размеры механизма:

а) Длина кривошипа по (25)

$$R = A \sin(\alpha / 2) = 220 \sin(45^\circ / 2) = 84,3 \text{ мм};$$

б) Радиус мальтийского креста по (26)

$$R_k = A \cos(\alpha / 2) = 220 \cos(45^\circ / 2) = 203,3 \text{ мм};$$

в) Диаметр ролика кривошипа

$$d_p \approx R / (3 \div 4) \approx 84,3 / 4 \approx 21 \text{ мм}.$$

Принимаем $d_p = 22$ мм.

г) Длина паза креста по (28)

$$l = R + R_k - A + d_p / 2 = 84,3 + 203,3 - 220 + 22 / 2 = 78,6 \text{ мм}.$$

Принимаем $l = 80$ мм.

д) Наружный диаметр креста по (31)

$$D_k = 2(\sqrt{R_k^2 + (d_p / 2)^2} + c) = 2(\sqrt{203,3^2 + 11^2} + 2) = 412 \text{ мм}.$$

е) Диаметр вала креста принимаем из конструктивных соображений $d = 50$ мм. Условие (32) выполняется:

$$d < 2(A - R - d_p / 2) = 2(220 - 84,3 - 22 / 2) = 124,7 \text{ мм};$$

ж) Диаметр вала кривошипа d_k принимаем конструктивно $d_k = 24$ мм.

Условие (32) выполняется:

$$d_k < 2(A - R_k) = 2(220 - 203,3) = 29,4 \text{ мм}.$$

3. Определяем угловую скорость кривошипа ω_k число оборотов кривошипа n_k , угловую скорость ω и ускорение ε креста.

а) Угловая скорость кривошипа по (15)

$$\omega_k = \frac{Z_k + 2\pi}{Z_k} \frac{\pi}{t_{\pi}} = \frac{8+2}{8} \cdot \frac{3,14}{1,2} = 3,26 \text{ рад/с.}$$

б) Число оборотов кривошипа по (12)

$$n_k = \frac{Z_k + 2}{Z_k} \cdot \frac{30}{t_{\pi}} = \frac{8+2}{8} \cdot \frac{30}{1,2} = 31,25 \text{ об/мин.}$$

в) Максимальная угловая скорость креста (17)

$$\omega_{\max} = \frac{\lambda}{1-\lambda} \omega_k = \frac{0,383}{1-0,383} \cdot 3,26 = 2,02 \text{ рад/с.}$$

$$\lambda = \frac{R}{A} = \frac{84,3}{220} = 0,383$$

г) Значения ускорений креста в начале и конце поворота по (33):

$$\varepsilon_{\text{нач (ккон)}} = tg \frac{\pi}{Z_k} \omega_k^2 = tg 22^\circ 30' \cdot 3,26^2 = 4,42 \text{ рад/с}^2.$$

д) максимальное угловое ускорение креста по (30):

$$\varepsilon_{\max} = \pm \frac{\lambda(1-\lambda^2) \sin \varphi_{\gamma}}{(1-2\lambda \cos \varphi_{\gamma} + \lambda^2)^2} \omega_k^2,$$

$$\varphi_{\gamma} = \sqrt{\left(\frac{1+\lambda^2}{4\lambda}\right)^2 + 2} - \frac{1+\lambda^2}{4\lambda} = \sqrt{\left(\frac{1+0,383^2}{4 \cdot 0,383}\right)^2 + 2} - \frac{1+0,383^2}{4 \cdot 0,383} = 0,851,$$

$$\varepsilon_{\max} = \frac{0,383(1-0,383^2)0,525 \cdot 3,26^2}{(1-2 \cdot 0,383 \cdot 0,851 + 0,383^2)^2} = 0,7 \cdot 10,63,$$

$$\varepsilon_{\max} = 7,44 \text{ рад/с}^2.$$

4. Выполняем силовой расчет.

а) Определяем статический момент сил трения в опорах карусели по (33). В опорах используем упорный подшипник 8120, $D_0 = 20$ мм, диаметр шариков $d_{\text{ш}} = 2,7$ мм, $K_1 = 0,005$ см;

$$M_{\text{ст}} = K_1 \frac{D_0}{d_{\text{ш}}} G = 0,005 \cdot \frac{12}{1,27} \cdot 1200 = 57 \text{ Н} \cdot \text{см} = 570 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

б) Определяем максимальное усилие на ролике кривошипа ($a = 1,62$; $b = 1,01$ по табл. 1):

$$P_{\max} = \frac{M_{\text{ст}}}{A} (a + bB) = \frac{570}{220} (1,62 + 1,01 \cdot 164) = 433 \text{ Н};$$

$$B = \frac{J_{\text{кр}} \omega_{\text{к}}^2}{M_{\text{ст}}} = \frac{8800 \cdot 10,63}{570} = 164;$$

в) Находим максимальный момент сопротивления на валу креста по (37):

$$M_{\text{с max}} = M_{\text{ст}} (1 + K_{\varepsilon \text{ max}} B) = 570(1 + 0,7 \cdot 164) = 66120 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$K_{\varepsilon \text{ max}} = \frac{\varepsilon_{\text{max}}}{\omega_{\text{к}}^2} = \frac{7,44}{3,26^2} = 0,7.$$

г) Средний крутящий момент на валу кривошипа ($g = 0,333$; $m = 0,163$ по табл. 1)

$$M_{\text{к}} = \frac{M_{\text{ст}}}{\eta_{\text{м}}} (g + mB) = \frac{570}{0,95} (0,333 + 0,163 \cdot 164) = 18000 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

д) Определяем среднюю мощность, необходимую для поворота кривошипа по (40):

$$N_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{к}} \omega_{\text{к}}}{1000} = \frac{18000 \cdot 3,26}{1000} = 59.$$

е) Находим максимальный крутящий момент на валу кривошипа по (41) ($U = 1,88$ по табл. 1):

$$M_{\text{к max}} = UM_{\text{к}} = 1,88 \cdot 18000 = 33800 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

5. Проверяем на прочность детали механизма.

а) Проверяем ролик кривошипа на прочность при изгибе:

$$d_{\text{р}} \geq \sqrt{\frac{32M_{\text{и}}}{\pi[\sigma_{\text{и}}]}} = \sqrt{\frac{32 \cdot 6950}{3,14 \cdot 405}} = 5,59 \text{ мм};$$

$$M_{\text{и}} = P_{\text{р max}} l_1 = 433 \cdot 16 = 6950 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

длина $l_1 = 16$ мм принята конструктивно; $[\sigma_{\text{и}}] = 405 \text{ Н/мм}^2$ – допускаемое напряжение на изгиб для материала ролика ШХ15.

Принятый конструктивно $d_{\text{р}} = 22$ мм удовлетворяет условно прочности на изгиб.

б) Проверяем вал кривошипа на прочность при кручении по (44):

$$d_{\text{к}} \geq \sqrt[3]{\frac{16M_{\text{к max}}}{\pi[\tau_{\text{кр}}]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 33800}{3,14 \cdot 100}} = 12 \text{ мм},$$

где $[\tau_{кр}] = 100 \text{ Н/мм}^2$ для стали 45 – материал вала кривошипа.

Принятый конструктивно диаметр вала кривошипа $d_k = 24 \text{ мм}$ удовлетворяет условию прочности на кручение.

в) Проверяем вал креста на прочность при кручении по (45):

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_{с\text{ max}}}{\pi[\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 66120}{3,14 \cdot 100}} = 15 \text{ мм.}$$

Принятый конструктивно диаметр вала мальтийского креста $d = 50 \text{ мм}$ удовлетворяет условию прочности на кручение.

г) Проверяем поверхности паза креста и ролика кривошипа на контактные напряжения по (46):

$$[\sigma_k] \geq 0,418 \sqrt{\frac{2P_{п\text{ max}} E}{d_p b_1}} = 0,418 \sqrt{\frac{2 \cdot 433 \cdot 2 \cdot 10^5}{22 \cdot 30}} = 276 \text{ Н/мм}^2,$$

где $b_1 = 30 \text{ мм}$ – толщина креста, принята конструктивно; $[\sigma_k] = 440 \text{ Н/мм}^2$ – для стали ШХ1П – материал ролика; $[\sigma_k] = 535 \text{ Н/мм}^2$ – для стали 40Х – материал креста.

Рабочие поверхности ролика и креста удовлетворяют условиям прочности на контактные напряжения.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Выполните расчет мальтийского механизма.

Вариант	Z_k	A	$t_{п}$	G	r	η_m
1	3	220	1,2	1200	380	0,95
2	4	250	1,5	1250	360	0,95
3	6	200	1,4	1300	340	0,95
4	8	180	1,3	1100	320	0,95
5	10	200	1,6	1200	300	0,95
6	12	240	1,2	1400	400	0,95
7	3	230	1,5	1350	380	0,95
8	4	220	1,4	1200	360	0,95

9	6	250	1,3	1250	340	0,95
10	8	200	1,6	1300	320	0,95
11	10	180	1,2	1100	300	0,95
12	12	200	1,5	1200	400	0,95
13	3	240	1,4	1400	380	0,95
14	4	230	1,3	1350	360	0,95
15	6	220	1,6	1200	340	0,95

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>

2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 420 с. : ил. — Доп. УМО. — ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА. Часть 1

Цель: Практические занятия посвящены важной теме расчету механизмов поворота, которые используются в большинстве автоматических линий.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные группы механизмов поворота, их применение; рычажный, рычажно-храповой механизмы поворота; кулачковые механизмы поворота; пре-

имущества и недостатки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет кулачкового-роликового механизма.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки выбора и проектирования механизмов поворота.

Актуальность темы: Механизмы поворота применяют для поворота качающихся приспособлений, револьверных головок, шпиндельных блоков, поворотных головок, поворотных столов и т. д. Механизмы поворота могут быть механические, гидравлические, пневмогидравлические и пневматические. Наибольшее применение в автоматах, агрегатных станках и автоматических линиях получили механические и гидравлические механизмы поворота. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Механические механизмы поворота, в свою очередь, можно разделить на четыре основные группы: зубчатые, рычажные, кулачковые и мальтийские механизмы.

Механизмы поворота должны обеспечивать возможность получения быстрого и плавного поворота при высокой точности останова, высокую надежность работы при простоте конструкции.

Зубчатые механизмы поворота нашли в современных автоматах ограниченное применение.

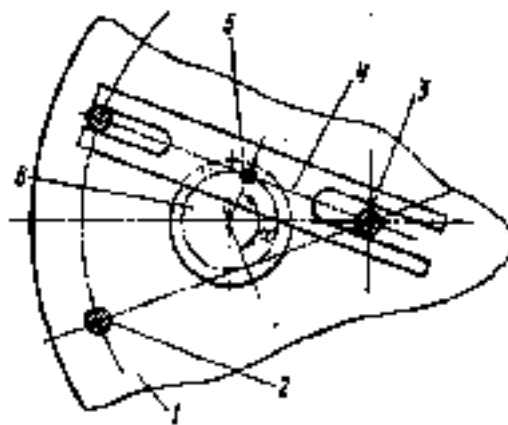


Рис. 1. Рычажный механизм поворота

Рычажные механизмы поворота находят применение при повороте больших столов при большом числе позиций. Рычажный механизм поворота, показанный на рис. 1, предназначен для поворота стола (карусели) 1 с роликами 2 и осью вращения 3. Поворот карусели осуществляется рычагом 4, у которого с двух сторон выполнены пазы по размерам с одной стороны соответственно неподвижной оси 3, а с другой стороны – диаметра ролика 2. При повороте карусели рычаг 4 получает сложное пространственное движение от эксцентрика 6 через ось 5. Для увеличения времени стояния карусели вращение эксцентрика может быть отключено в середине угла α . Механизм обеспечивает высокую плавность поворота. При переводе карусели из покоя в движение и наоборот удар отсутствует.

Рычажно-храповой механизм поворота стола показан на рис. 2.

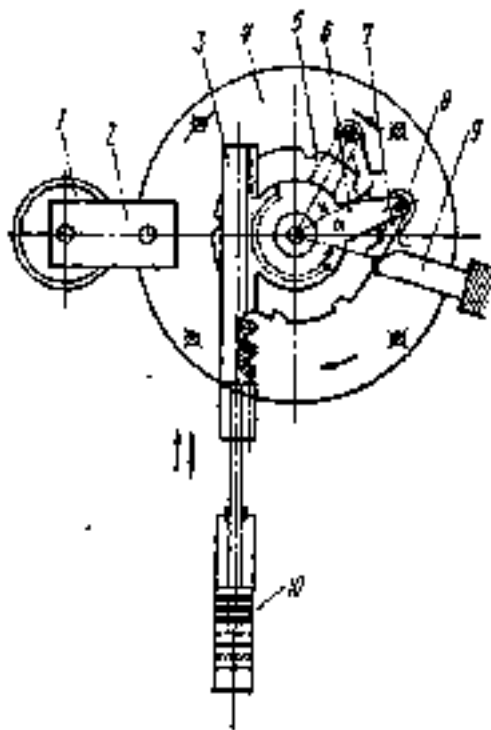


Рис. 2. Рычажно-храповой механизм поворота стола

Со столом 4 жестко соединено храповое колесо 5. Поворот стола на угол α осуществляется шестерней-рычагом 6 и собачкой 7, которая поджимается к храповому колесу 5 пружиной 8. Поворотное движение шестерня-рычаг 6 получает от рейки 3 поршневого привода 10. Во время поворота стола рычаг 6 вместе с храповым колесом 5 двигается до тех пор, пока собачка не встретит упор 9, закрепленный на станине. Заклинивая собачку 7, упор 9 предупреждает перебег стола. После поворота стола он зажимается планкой 2 от пневмоцилиндра 1. Возврат рычага 6 с собачкой 7 в исходное положение осуществляется при закреплённом столе.

При использовании кулачковых механизмов поворота можно получить различные законы движения поворачиваемого узла путем соответствующего профилирования кулачка.

В автоматах используют кулачково-храповые, кулачково-рычажные и кулачково-роликовые механизмы. Эти механизмы наибольшее применение получили в автоматах группы 1.

Недостатками кулачковых механизмов являются сравнительно низкий

к. п. д., большие габариты и быстрый износ кулачков.

В кулачково-храповых механизмах не всегда удается устранить удар при повороте узла, поэтому они нашли применение при повороте небольших узлов.

Кулачково-рычажные механизмы часто применяют в автоматах группы 1 для поворота качающихся приспособлений.

Наиболее часто для периодического поворота узла в автоматах применяют кулачково-роликовые и мальтийские механизмы.

Кулачково-роликовые механизмы. Кулачково-роликовые механизмы получили большое применение в автоматах группы 1 для поворота каруселей (столов) многопозиционных неметаллорежущих автоматов с большим числом позиций.

Поворот ведомого звена (карусели) осуществляется цилиндрическим кулачком-улитой 1 (рис. 3), который имеет криволинейный паз на угле φ_0 . При повороте кулачка на угол φ_0 ролики диска 2, перемещаясь между образующими криволинейного паза, поворачивают диск за счет давления на них боковых стенок криволинейного паза на угол между двумя соседними роликами.

При вращении кулачка на остальном угле $2\pi - \varphi_0$ диск с роликами неподвижен и фиксируется на этом угле другими образующими кулачка, перпендикулярными его оси, которые заходят в пространство между двумя соседними роликами.

Таким образом, угол φ_0 является углом переводящей части кулачка, а угол $2\pi - \varphi_0$ – углом блокирующей части. Изменяя эти углы, можно в широких пределах изменять соотношение между временем t_n поворота и временем t_c выстоя карусели (столов). Отношение времени t_n поворота к времени t_c выстоя называют коэффициентом времени работы механизма:

$$K' = t_n / t_c = \varphi_0 / (2\pi - \varphi_0). \quad (1)$$

Поворот карусели является холостым ходом и для повышения производительности должен осуществляться за возможно более короткое время. Однако величина динамических усилий, возникающих вследствие инерционно движущейся

щейся массы карусели, не должна достигать больших значений. Возрастание и убывание ускорений, а следовательно, и сил инерции должно быть по возможности равномерным на всем протяжении поворота.

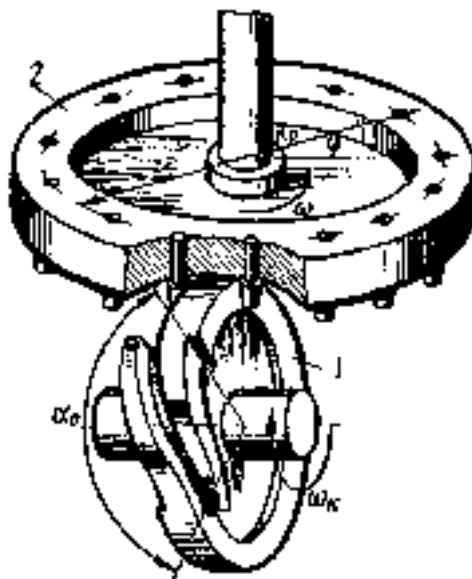


Рис. 3. Кулачково-роликовый механизм поворота

К преимуществам кулачково-роликовых механизмов следует отнести: возможность получения выгодного соотношения между временем поворота и временем выстоя ведомого звена (карусели); возможность осуществления различных законов движения ведомого звена, позволяющих обеспечить наилучшие динамические условия поворота; отсутствие специального механизма фиксации; стол (карусель) во время стоянки фиксируется улитой; кулачково-роликовый механизм удобно компонуется в машине.

Недостатком кулачково-роликового механизма является сложность изготовления рабочего профиля кулачка. Кроме того, точность фиксации сравнительно невелика, поэтому кулачково-роликовые механизмы поворота не получили применения в автоматах с большими усилиями обработки.

Выбор закона движения карусели оказывает большое влияние на конструкцию и работоспособность привода. Кулачково-роликовый механизм поворота позволяет получить следующие законы движения карусели: с постоянной скоростью, с постоянным ускорением, синусоидальный, косинусоидальный,

комбинированный.

При комбинированном законе поворота карусели наибольшую скорость в зависимости от угла заложения φ_0 можно определить как производную от перемещения по углу поворота:

$$S'_{\max} = dS / d\varphi \text{ или } S'_{\max} = (2H_0 / \varphi_0) [1 / (1 + K)]. \quad (2)$$

Скорость поворота карусели в зависимости от времени можно определить, взяв производную от перемещения по времени:

$$v_{\text{кар}} = dS / dt = (dS / d\varphi) (d\varphi / dt) \text{ или } v_{\text{кар max}} = S_{\max} \omega_y.$$

Тогда

$$v_{\text{кар max}} = 2 \frac{H_0}{\varphi_0} \frac{1}{1 + K} \omega_y. \quad (3)$$

Известно, что отношение скорости вращения карусели к скорости вращения улиты есть тангенс давления Θ , т. е.

$$v_{\text{кар}} / v_y = \operatorname{tg} \Theta.$$

Тогда

$$v_{\text{кар max}} = v_y \operatorname{tg} \Theta_{\text{опт}}, \quad (4)$$

где $\Theta_{\text{опт}}$ – допустимый угол подъема профиля кулачка.

Подставляя значение $v_y = (D_y / 2) \omega_y$ в уравнение (4), получаем

$$v_{\text{кар max}} = (D_y / 2) \omega_y \operatorname{tg} \Theta_{\text{опт}}. \quad (5)$$

Приравниваем выражения $v_{\text{кар max}}$ из формул (3) и (5):

$$\frac{2H_0}{\varphi_0} \frac{\omega_y}{1 + K} = \frac{D_y}{2} \omega_y \operatorname{tg} \Theta_{\text{опт}}.$$

Тогда для минимального значения коэффициента K получим формулу

$$K_{\min} = 4H_0 / (\varphi_0 D_y \operatorname{tg} \Theta_{\text{опт}}). \quad (6)$$

Расчет кулачково-роликового механизма начинают, исходя из наиболее простого варианта: улитка вращается равномерно (автомат группы 1).

1. Определяем величину угла заложения улиты φ_0 из соотношения

$$\varphi_0 / 360^\circ = t_n / (t_n + t_c); \quad \varphi_0 = 360^\circ (t_n / T), \quad (7)$$

где t_n – время перевода карусели, с; t_c – время стоянки карусели, с; T – время рабочего цикла, с.

Как показывает опыт эксплуатации современных машин электровакуумного производства, время перевода карусели можно принять до $0,6 \div 0,8$ с.

2. Определяем расстояние между центрами роликов на карусели H_0 . При этом известны радиус расположения роликов на карусели R_k и число роликов на карусели z_k из конструктивных соображений:

$$H_0 = 2R_k \sin(180^\circ / z_k). \quad (8)$$

3. Определяем величину коэффициента $K_{\min}$. Диаметр улиты выбран из конструктивных соображений.

Обычно принимают угол давления $\Theta_{\text{опт}} \leq 40^\circ$, реже встречаются кулачки с углом Θ свыше 40° , но не более 45° .

Максимальный допустимый угол $\Theta_{\max}$ давления на среднем диаметре D_y кулачка может быть определен:

для синусоидального закона

$$\text{tg } \Theta_{\max} = 230^\circ (H_0 / D_y \varphi_0), \quad (9)$$

для косинусоидального

$$\text{tg } \Theta_{\max} = 180^\circ (H_0 / D_y \varphi_0), \quad (10)$$

$$K_{\min} = 4H_0 / (\varphi_0 D_y \text{tg } \Theta_{\text{опт}}) - 1. \quad (11)$$

Если при расчете окажется, что $K_{\min} < 0$, то кулачок можно профилировать по чистой синусоиде; если $0 < K_{\min} < 0,5$ – кулачок необходимо профилировать по комбинированному синусоидальному закону; если $K_{\min} > 0,5$ – необходимо провести конструктивную коррекцию, так как при выбранных значениях величин φ_0 , R_k , D_y и H_0 механизм не работает, ибо угол давления в центре кривой больше оптимального угла давления.

При конструктивной коррекции необходимо так изменить параметры привода, чтобы $K_{\min}$ уменьшилось.

Конструктивная коррекция может производиться за счет уменьшения расстояния между роликами H_0 (ролики устанавливаются на диске меньшего диаметра), увеличения диаметра улиты D_y и увеличения угла заложения φ_0 .

В тех случаях, когда невозможно применить привод с постоянно вращающейся улитой, необходимо применить привод с включаемой улитой. В этом случае вращение сообщается улите только во время перевода карусели, поэтому включаемая улита может иметь очень длинную переводящую часть и, как следствие этого, меньший диаметр при том же угле давления, чем при постоянно вращающейся улите.

Для включаемых улит угол заложения переводящей части может быть доведен до 360° , но из технологических соображений его не следует выполнять более 180° . Большая блокирующая часть улиты обеспечивает останов привода до начала перевода без применения тормоза.

После окончательного определения исходных данных: H_0 – шага роликов, φ_0 – угла заложения переводящей части улиты, z_k – числа роликов, R_k – радиуса расположения роликов, K – оптимального параметра закона движения – приступают к расчету координат профиля паза улиты и его построению.

Расчет координат профиля паза кулачка ведут по следующим формулам:

для синусоидального закона

$$h = H_0 \left(\frac{\varphi}{\varphi_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{360}{\varphi_0} \varphi \right); \quad (12)$$

для косинусоидального закона

$$h = (H_0 / 2) [1 - \cos(180^\circ / \varphi_0) \varphi], \quad (13)$$

где h – величина подъема профиля кулачка для каждой расчетной точки; φ – текущий угол поворота кулачка. После построения профиля производится его коррекция.

Для того чтобы определить коррекцию профиля в какой-либо точке, можно воспользоваться расчетной схемой, приведенной на рис. 4.

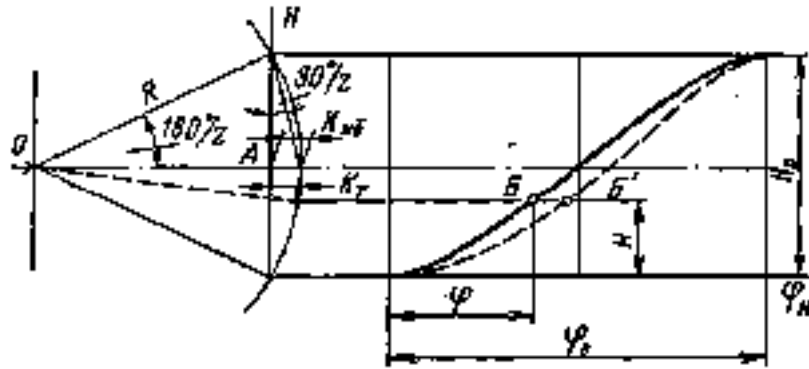


Рис. 4. Схема для расчета коррекции

Для какой-либо точки B профиля коррекция

$$K_T = \sqrt{R_k^2 - (H_0/2 - h)^2} - \sqrt{R_k^2 - H_0^2/4}. \quad (14)$$

Наибольшее значение коррекции (при $\varphi = \varphi_0/2$ и $H = H_0/2$)

$$K_{иБ} = R_k - \sqrt{R_k^2 - H_0^2/4}. \quad (15)$$

С другой стороны, наибольшее значение коррекции можно выразить через шаг роликов H_0 и число роликов:

$$K_{иБ} = \frac{H_0}{2} \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{z_k}. \quad (16)$$

Следует отметить, что введение еще одной коррекции K_T усложняет и расчеты, и обработку, а главное, может являться добавочным источником ошибок и ухудшения формы кривой. От введения коррекции можно отказаться, если перекос ролика относительно невелик и может быть компенсирован зазорами в размерной цепочке паз улиты – ролик – палец.

Силовой расчет кулачкового-роликового механизма заключается в определении моментов и усилий действующих в механизме, а также мощности, требуемой для поворота устройства. Кроме того, производятся проверочные расчеты на прочность элементов механизма, выбранных ранее конструктивно (диаметр ролика и его оси).

Момент сопротивления M_c , преодолеваемый механизмом поворота карусели, можно рассматривать состоящим из двух моментов: статического $M_{ст}$ и динамического $M_{дин}$.

Направления действия $M_{ст}$ и $M_{дин}$ совпадают в период разгона карусели, а в период замедления являются противоположными, поэтому

$$M_c = M_{ст} \pm M_{дин}. \quad (17)$$

В карусельных машинах обычно динамические моменты $M_{дин}$, обусловленные инерционными нагрузками, бывают больше статических моментов $M_{ст}$, обусловленных силами трения, т.е. $M_{дин} > M_{ст}$.

Статический момент $M_{ст}$ (Н·мм) в большинстве случаев достаточно точно определяется величиной сил трения в опорах карусели:

$$M_{ст} = P_{тр} R_k, \quad (18)$$

где $P_{тр}$ – усилие, которое необходимо приложить к карусели для преодоления сил трения в опорах, Н; R_k – радиус расположения роликов на карусели.

Усилие

$$P_{тр} = (a / R_p) F_{тр}, \quad (19)$$

где a – плечо сил трения; $F_{тр}$ – сила трения в упорном подшипнике качения карусели, Н.

Силу трения $F_{тр}$ можно определить по формуле

$$F_{тр} = (K_1 / p) G, \quad (20)$$

где K_1 – коэффициент трения качения ($K_1 = 0,001–0,005$ см); p – радиус тел качения (шариков), мм; G – вес карусели со всеми закрепленными на ней деталями, Н.

Приближенное значение статического момента сил трения в опорах карусели можно определить по эмпирической формуле (Н·мм)

$$M_{ст} = K_1 (D_o / d_{ш}) G, \quad (21)$$

где D_o – диаметр окружности центров шариков (средний диаметр упорного шарикоподшипника); $d_{ш}$ – диаметр шарика упорного шарикоподшипника.

Динамический момент $M_{дин}$ зависит от углового ускорения ε и момента инерции J_z карусели:

$$M_{дин} = \varepsilon J_z, \quad (22)$$

Так как угловое ускорение ε карусели изменяется при повороте карусели, то динамический момент $M_{\text{дин}}$ также изменяется и является переменной величиной. Вычисление и построение кривой изменения этого момента является трудоемким процессом. Поэтому на практике ограничиваются определением максимального значения динамического момента $M_{\text{дин max}}$, которое имеется при максимальном значении углового ускорения, т. е. при ε_{max} .

Тогда

$$M_{\text{дин max}} = \varepsilon_{\text{max}} J_z. \quad (23)$$

Максимальные значения ускорений определяются по формулам:

для косинусоидального закона поворота карусели

$$\varepsilon_{\text{max}} = (\pi^2 \varphi_p) / (2t_{\pi}^2); \quad (24)$$

для синусоидального закона

$$\varepsilon_{\text{max}} = (2\pi \varphi_p) / t_{\pi}^2; \quad (25)$$

для комбинированного синусоидального закона

$$\varepsilon_{\text{max}} = \frac{2\pi \varphi_0}{t_{\pi}^2} \frac{1}{1-K^2}, \quad (26)$$

где t_{π} – время поворота карусели; $\varphi_p = 2\pi/Z_k$ – максимальный угол поворота карусели; Z_k – число позиций; K – коэффициент, характеризующий закон движения.

Величину ускорения можно определить по формуле

$$\varepsilon_{\text{д max}} = K_{\text{д}} \varepsilon_{\text{max}}, \quad (27)$$

где $K_{\text{д}}$ – коэффициент динамичности.

Рекомендуется для синусоидального закона $K_{\text{д}} = 3$, а для косинусоидального $K_{\text{д}} = 6$.

Момент инерции карусели J_z условно рассчитывают как момент инерции диска:

$$J_z = (G/2g) r^2, \quad (28)$$

где r – приведенный радиус карусели, мм; g – ускорение силы тяжести, мм/с².

Максимальное значение момента $M_{\text{сmax}}$ сопротивления имеется в период разгона карусели, когда статический и динамический моменты суммируются.

Следовательно,

$$M_{\text{сmax}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин max}}. \quad (29)$$

После определения $M_{\text{сmax}}$ можно рассчитать окружное усилие, прикладываемое к ролику карусели:

$$P_{\text{рmax}} = M_{\text{сmax}} / R_{\text{к}}. \quad (30)$$

Для расчета на прочность необходимо определить полное (нормальное) усилие N , приложенное со стороны, кулачка к ролику. Это усилие определяется по формуле

$$N = P_{\text{рmax}} / \cos \Theta_{\text{ф}}. \quad (31)$$

Тогда окружное усилие на кулачке

$$P_{\text{кmax}} = N \sin \Theta_{\text{ф}}, \quad (32)$$

где $\Theta_{\text{ф}}$ – фактический угол давления, который после окончательного выбора среднего диаметра D_y кулачка можно определить по формулам (9), (10).

При расчете усилий не учтены потери на трение между роликом и пазом кулачка и в опоре ролика. Эти потери можно учесть с помощью к. п. д. кулачково-роликового механизма, который рекомендуется принимать равным $\eta = 0,6 \div 0,75$.

При передаче нагрузки в зоне контакта ролика и кулачка возникают контактные напряжения сжатия, которые определяют по формуле

$$\sigma_{\text{к}} = 0,418 \sqrt{(N_{\text{max}} / b) E (1/r_{\text{р}} + 1/p_{\text{к}})}, \quad (33)$$

где N_{max} – нормальное давление на профиль кулачка, Н; b – ширина контакта рабочей поверхности ролика, принимаемая равной $b = (0,7 \div 0,8) \cdot b_{\text{р}}$, $b_{\text{р}}$ – высота ролика, равная приблизительно его диаметру ($b_{\text{р}} \approx d_{\text{р}}$); $r_{\text{р}}$ – радиус ролика, практически принимаемый равным 12,5; 14; 15; 16 или 17,5 мм; $p_{\text{к}}$ – радиус кривизны рабочего профиля кулачка (принимаемый положительным для выпуклых участков профиля и отрицательным для вогнутых), мм; E – модуль упругости, Н/мм².

Полученное расчетом контактное напряжение σ_k сравнивают с допускаемым $[\sigma_k]$.

Допускаемые контактные напряжения для среднеуглеродистых сталей 45, 50 и других после закалки с нагревом током высокой частоты

$$[\sigma_k] = \text{HRC } 230 \div 260.$$

Для легированных сталей 15X, 20X и других после цементации и закалки

$$[\sigma_k] = \text{HRC } 280 \div 300.$$

Ось ролика подвергается изгибу под действием силы N . Диаметр d_0 оси ролика принимают из соотношения $d_0 = (0,5 \div 0,6) d_p$.

Проверку оси ролика на прочность при изгибе производят по формуле

$$\sigma_{\text{и}} = M_{\text{и}} / W, \quad (34)$$

где $M_{\text{и}}$ – изгибающий момент, действующий на ось ролика, Н·мм; W – момент сопротивления изгибу оси ролика, мм³;

$$M_{\text{и}} = N(b_p - b/2), \quad (35)$$

$$W = \pi d_o^3 / 32, \quad (36)$$

где b_p – ширина рабочей поверхности ролика; d_o – диаметр оси ролика.

Полученные изгибающие напряжения сравнивают с допускаемыми $[\sigma_{\text{и}}]$. Для стали ШХ15, закаленной до твердости HRC 58 ÷ 62, $[\sigma_{\text{и}}] = 405$ Н/мм². Для стали 20X, цементированной и закаленной до твердости HRC 56 ÷ 62, $[\sigma_{\text{и}}] = 200$ Н/мм².

Необходимую мощность электродвигателя для поворота карусели определяют в основном силами инерции и трения, по формуле

$$N_k = M_{\text{с max}} \omega_{\text{max}} / (1000 \eta_{\text{пр}}), \quad (37)$$

где $M_{\text{с max}}$ – максимальный момент сопротивления, Н·мм; ω_{max} – максимальная угловая скорость карусели, рад/с; $\eta_{\text{пр}}$ – общий к. п. д. привода кулаково-роликового механизма, учитывающий потери в отдельных передачах, расположенных между кулачком и электродвигателем (если ранее к. п. д. ку-

лачково-роликового механизма не учитывался, то его можно здесь учесть).

Максимальная угловая скорость $\omega_{\max}$ карусели определяется в зависимости от закона движения:

для косинусоидального

$$\omega_{\max} = \pi \varphi_p / (2t_n), \quad (38)$$

для синусоидального

$$\omega_{\max} = \varphi_p / t_n, \quad (39)$$

для комбинированного синусоидального

$$\omega_{\max} = 2\varphi_p / [t_n(1 + K)]. \quad (40)$$

Требуемая мощность N_k может быть также определена через окружное усилие на кулачке:

$$N_k = (P_{k\max} D_y / 2) \cdot (\omega_k / 1000 \eta_{\text{пр}}), \quad (41)$$

где $\omega_k = \pi n_k / 30$ – угловая скорость кулачка, рад/с.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Типы механизмов поворота.
3. Опишите принцип работы механизмов поворота, покажите схемы механизмов поворота.
4. Методика расчета механизма поворота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>
2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. произ-

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА. Часть 2

Цель: Практические занятия посвящены важной теме расчету механизмов поворота, которые используются в большинстве автоматических линий.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные группы механизмов поворота, их применение; рычажный, рычажно-храповой механизмы поворота; кулачковые механизмы поворота; преимущества и недостатки.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет кулачково-роликового механизма.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки выбора и проектирования механизмов поворота.

Актуальность темы: Механизмы поворота применяют для поворота качающихся приспособлений, револьверных головок, шпиндельных блоков, поворотных головок, поворотных столов и т. д. Механизмы поворота могут быть механические, гидравлические, пневмогидравлические и пневматические. Наибольшее применение в автоматах, агрегатных станках и автоматических линиях получили механические и гидравлические механизмы поворота. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пример. Произведем расчет кулачково-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k =$

24, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 250$ мм, время поворота карусели $t_n = 1$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,5$ с, средний диаметр улиты $D_y = 200$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

1. Определяем величину угла заложения кулачка улиты φ_0 по (7):

$$\varphi_0 = 360^\circ(t_n / T) = 360^\circ \cdot 1 / 4,5 = 80^\circ;$$

$$T = t_n + t_c = 1 + 3,5 = 4,5 \text{ с.}$$

2. Определяем расстояние между центрами роликов на карусели:

$$H_0 = 2R_k \sin 180^\circ / Z_k = 2 \cdot 250 \cdot \sin 180^\circ / 24 = 500 \cdot 0,131 = 65,5 \text{ мм.}$$

3. Определяем величину коэффициента K по (11):

$$K_{\min} = 4H_0 / (\varphi_0 D_y \operatorname{tg} \Theta_{\text{опт}}) - 1 = (4 \cdot 65,5) / (1,4 \cdot 200 \cdot 0,7) - 1 = 1,34 - 1;$$

$$\Theta_{\text{опт}} = 35^\circ; \quad \varphi_0 = 80^\circ = 80 / 360 \cdot 2\pi = 1,4 \text{ рад};$$

$$K_{\min} = 0,34.$$

Так как коэффициент $K_{\min}$ находится в пределах $\alpha < K_{\min} < 0,5$, то кулачок следует профилировать по комбинированному синусоидальному закону.

4. Определяем наружный диаметр кулачка улиты D_n и толщину блокирующей части кулачка B .

Так как диаметр ролика $d_p = 32$ мм, тогда его высоту принимаем равной $b_p = 32$ мм и ширину контакта рабочей поверхности ролика определяем из условия

$$b \approx (0,7 \div 0,8) b_p = 25 \text{ мм.}$$

Тогда наружный диаметр кулачка улиты

$$D_n = D_y + b = 200 + 25 = 225 \text{ мм};$$

$$B = H_0 - d_p = 65,5 - 32 = 33,5 \text{ мм.}$$

5. Определяем длину L переводящей части кулачка улиты по наружному диаметру;

$$L = (\pi D_n / 360^\circ) \varphi_0 = (3,14 \cdot 225 / 360^\circ) \cdot 80^\circ = 157 \text{ мм.}$$

6. Определяем угол переводящей части кулачка улиты, на котором подъем выполнен по прямой линии:

$$\varphi_n = K\varphi_0 = 0,34 \cdot 80^\circ = 27^\circ 12'.$$

Это соответствует длине по наружному диаметру кулачка:

$$L_n = (\pi D_n / 360^\circ) \varphi_n = (3,14 \cdot 225) / 360^\circ \cdot 27,2^\circ = 53,4 \text{ мм.}$$

7. Определяем параметры участков кулачка, выполняемых по синусоиде:

$$\varphi_c = (\varphi_0 - \varphi_n) / 2 = (80^\circ - 27,2^\circ) / 2 = 26^\circ 24'.$$

Это соответствует длине по наружному диаметру кулачка:

$$L_c = (\pi D_n / 360^\circ) \varphi_n = (3,14 \cdot 225) / 360^\circ \cdot 27,2^\circ = 53,4 \text{ мм.}$$

8. Производим расчет координат профиля паза кулачка улиты, выполненных по синусоиде. Обычно расчет координат профиля кулачка производят через каждые $0,5^\circ$, т. е. $\varphi = 0,5^\circ$.

Для синусоидального закона расчет производим по формуле (12):

$$h = H_0 [\varphi / \varphi_0 - (1 / 2\pi) \sin(360^\circ / \varphi_0) \varphi] \text{ мм.}$$

Например, для точки 4 при $\varphi = 4 \cdot 0,5^\circ = 2^\circ$

$$h_4 = 65,5 [2 / 80 - 1 / (2 \cdot 3,14) \sin(360^\circ / 80^\circ) \cdot 2^\circ] = 0,013 \text{ мм.}$$

Кроме координаты h для каждой расчетной точки определяем величину коррекции по формуле (14).

9. Определяем величину наибольшей коррекции в средней точке профиля паза кулачка (15):

$$K_{\text{иб}} = R_k - \sqrt{R_k^2 - H_0^2 / 4} = 250 - \sqrt{250^2 - (65,5^2 / 4)} = 2,15 \text{ мм.}$$

10. Выполняем силовой расчет.

а) Определяем статический момент в опорах карусели по (21). В опорах используется упорный подшипник № 8120 с параметрами $D_0 = 120$ мм, диаметр шариков $d_{\text{ш}} = 12,7$ мм. Коэффициент трения качения $K_1 = 0,005$ см:

$$M_{\text{ст}} = K_1 (D_0 / d_{\text{ш}}) G = 0,005 \cdot (120 / 12,7) \cdot 1250 = 59 \text{ Н} \cdot \text{см} = 590 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

б) Определяем максимальный динамический момент:

$$M_{\text{дин max}} = \varepsilon_{\text{max}} J_z.$$

Максимальное угловое ускорение карусели для комбинированного закона определяем по (26):

$$\varepsilon_{\max} = 2\pi\varphi_p / t_n^2 \cdot 1/(1 - K^2) = (2 \cdot 3,14 \cdot 0,262) / 1^2 \cdot 1/(1 - 0,34^2) = 1,86 \text{ рад/с}^2;$$

$$\varphi_p = 2\pi / Z_k = (2 \cdot 3,14) / 24 = 0,262 \text{ рад.}$$

Максимальное действительное ускорение карусели (с учетом коэффициента динамичности $K_d - 4$)

$$\varepsilon_{d \max} = K_d \varepsilon_{\max} = 4 \cdot 1,86 = 7,44 \text{ рад/с}^2.$$

Момент инерции вращающихся частей

$$J_z = (G / 2g) r^2 = (1250 / 2 \cdot 9810) \cdot 400^2 = 10192 \text{ Н} \cdot \text{мм} \cdot \text{с}^2.$$

Следовательно, динамический момент

$$M_{d \max} = \varepsilon_{d \max} J_z = 7,44 \cdot 10192 = 75830 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

в) Определяем наибольший суммарный момент сопротивления:

$$M_{c \max} = M_{ct} + M_{d \max} = 590 + 75830 = 76420 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

г) Определяем максимальное окружное усилие, которое необходимо приложить к ролику по (30):

$$P_{p \max} = M_{c \max} / R_k = 76420 / 250 = 308 \text{ Н.}$$

д) Определяем нормальное усилие, действующее на ролик по (31):

$$N_{\max} = P_{p \max} / \cos \Theta_\phi = 308 / \cos 35^\circ = 308 / 0,8192 = 376 \text{ Н.}$$

е) Определяем окружное усилие на кулачке по (32):

$$P_{k \max} = N_{\max} \sin \Theta_\phi = 376 \sin 35^\circ = 216 \text{ Н.}$$

11. Проверяем на прочность детали механизма.

а) Определяем напряжения в месте контакта ролика с пазом кулачка по (33):

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{(N_{\max} / b) \cdot E(1/r_p + 1/p_k)}.$$

Минимальный радиус p_k кривизны кулачка определяется графическим путем ($p_k = 25 \text{ мм}$), материал ролика – сталь 20Х.

Рабочие поверхности ролика и паза кулачка после цементации и закалки имеют твердость HRC 58 ÷ 62.

Допускаемые контактные напряжения

$$[\sigma_k] = 280 \text{ HRC} = 280 \cdot 60 = 16800 \text{ кгс/см}^2 = 1680 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{(376/25) \cdot 2,1 \cdot 10^5 (1/16 + 1/25)} = 234 \text{ Н/мм}^2.$$

Так как $\sigma_k < [\sigma_k]$, то принятые материалы и размеры механизма удовлетворяют требованиям прочности.

б) Проверяем ось ролика на прочность при изгибе по (34):

$$\sigma_{\text{и}} = M_{\text{и}} / W = 7332 / 400 = 18,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Изгибающий момент, действующий на ролик, определяем по формуле (35):

$$M_{\text{и}} = N_{\text{max}} l = N_{\text{max}} (b_p - b/2) = 376(32 - 25/2) = 7332 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Момент сопротивления определяем по изгибу (36):

$$W = \pi d_0^3 / 32 = (3,14 \cdot 16^3) / 32 = 400 \text{ мм}^3.$$

Диаметр оси ролика $d_0 = (0,5-0,6) d_p = 16 \text{ мм}.$

Ось ролика выполнена из стали ШХ15, допускаемые напряжения на изгиб $[\sigma_{\text{и}}] = 400 \text{ Н/мм}^2.$

Так как $\sigma_{\text{и}} < [\sigma_{\text{и}}]$, то размеры и материал оси ролика удовлетворяют требованиям прочности.

12. Определяем мощность, необходимую для поворота карусели по (37):

$$N_k = (M_{\text{с max}} \omega_{\text{max}}) / 1000 \eta_{\text{пр}} = (76420 \cdot 0,39) / (1000 \cdot 0,7) = 43 \text{ Вт}.$$

Максимальную угловую скорость карусели ω_{max} для комбинированного синусоидального закона определяем по (40):

$$\omega_{\text{max}} = 2\varphi_0 / [t_n (1 + K)] = (2 \cdot 0,262) / [1 (1 + 0,34)] = 0,39 \text{ рад/с}.$$

При определении мощности, необходимой только для поворота карусели в к. п. д. $\eta_{\text{пр}}$ учитывается к. п. д. кулачково-роликового механизма, который рекомендуется принимать $\eta_{\text{кр}} = 0,6 \div 0,75.$

При определении требуемой мощности электродвигателя привода при подсчете к. п. д. $\eta_{\text{пр}}$ учитываются потери, связанные с вращением шпинделей автомата, с работой кулачков целевых механизмов автомата, а также потери в подшипниках и других кинематических парах. Все эти данные можно установить с учетом кинематической схемы автомата.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Произвести расчет механизма поворота, по индивидуальным заданиям, полученным у преподавателя.

Вариант 1. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 24$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 260$ мм, время поворота карусели $t_n = 2$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,5$ с, средний диаметр улиты $D_y = 200$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 2. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 22$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 240$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,8$ с, средний диаметр улиты $D_y = 210$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 3. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 26$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 255$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 4,0$ с, средний диаметр улиты $D_y = 220$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 4. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 24$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 260$ мм, время поворота карусели $t_n = 2$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,5$ с, средний диаметр улиты $D_y = 200$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 5. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 24$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 260$ мм, время поворота карусели $t_n = 1$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,0$ с, средний диаметр улиты $D_y = 210$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 6. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 24$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 245$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,2$ с, средний диаметр улиты $D_y = 220$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 7. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 24$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 255$ мм, время поворота карусели $t_n = 2,0$ с, время стоянки карусели $t_c = 4,0$ с, средний диаметр улиты $D_y = 230$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр

ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 8. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 22$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 250$ мм, время поворота карусели $t_n = 1$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,5$ с, средний диаметр улиты $D_y = 210$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 9. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 24$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 280$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,5$ с, средний диаметр улиты $D_y = 200$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 10. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 20$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 230$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,8$ с, средний диаметр улиты $D_y = 210$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 11. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 20$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 240$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 4,0$ с, средний диаметр улиты $D_y = 220$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 12. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 24$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 260$ мм, время поворота карусели $t_n = 2$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,5$ с, средний диаметр улиты $D_y = 200$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 13. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 22$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 240$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 3,8$ с, средний диаметр улиты $D_y = 210$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

Вариант 14. Произвести расчет кулачкового-роликового механизма для поворота карусели полуавтомата по следующим исходным данным: число позиций $Z_k = 26$, радиус расположения роликов на карусели $R_k = 255$ мм, время поворота карусели $t_n = 1,5$ с, время стоянки карусели $t_c = 4,0$ с, средний диаметр улиты $D_y = 220$ мм.

Общий вес карусели $G = 1250$ Н; приведенный радиус карусели $r = 400$ мм, диаметр ролика $d_p = 32$ мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>
2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 420 с. : ил. – Доп. УМО. – ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

РАСЧЁТ МЕХАНИЗМА ФИКСАЦИИ

Цель: Изучить методику расчета механизмов фиксации.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: схемы механизмов фиксации, принцип действия, методика расчёта.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет механизмов фиксации.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки выбора и проектирования механизма фиксации.

Актуальность темы: Механизмы фиксации предназначены для точной установки поворотных устройств и предотвращения их смещения под действием усилий, возникающих в процессе обработки. Точность обработки изделий на многопозиционных автоматах может быть достигнута только при условии надежного фиксирования. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Фиксация точного положения поворачиваемого узла может быть одинарной при помощи одного фиксатора и двойной – при помощи двух элементов, один из которых служит фиксатором-упором, а второй доводит фиксируемый узел до точного положения, определяемого упором.

На рис. 1 показаны схемы механизмов фиксации: с одинарной фиксацией (рис. 1, а, б, в) и двойной фиксацией (рис. 1, г, д, е). Фиксаторы 1 (рис. 1, а, в) прямолинейного действия, которые входят в фиксаторные гнезда фиксируемой детали 2. Для устранения влияния зазоров иногда выполняют фиксатор 1 на некоторой длине разрезным (рис. 1, б), вследствие этого клиновые поверхности фиксаторных сухарей 3 при фиксации разводят части фиксатора, прижимая их к направляющим.

На рис. 1, в показан рычажный фиксатор 1, который сопрягается с клиновым пазом детали 2 по линиям (без учета деформации); такой вид фиксации можно применять только при малых нагрузках.

На рис. 1, г показана схема одного из вариантов двойной фиксации. Поворот детали 2 после отвода запирающего клина 4 происходит в направлении, обозначенном стрелкой. При этом вследствие наличия соответствующих скосов на пальце и фиксаторе 1 последний выжимается. После поворота на угол, больший требуемого, фиксатор 1 под действием пружины возвращается в исходное положение, а клин 4 запирает деталь 2 – поворачивает ее в обратном направлении до упора в фиксатор 1.

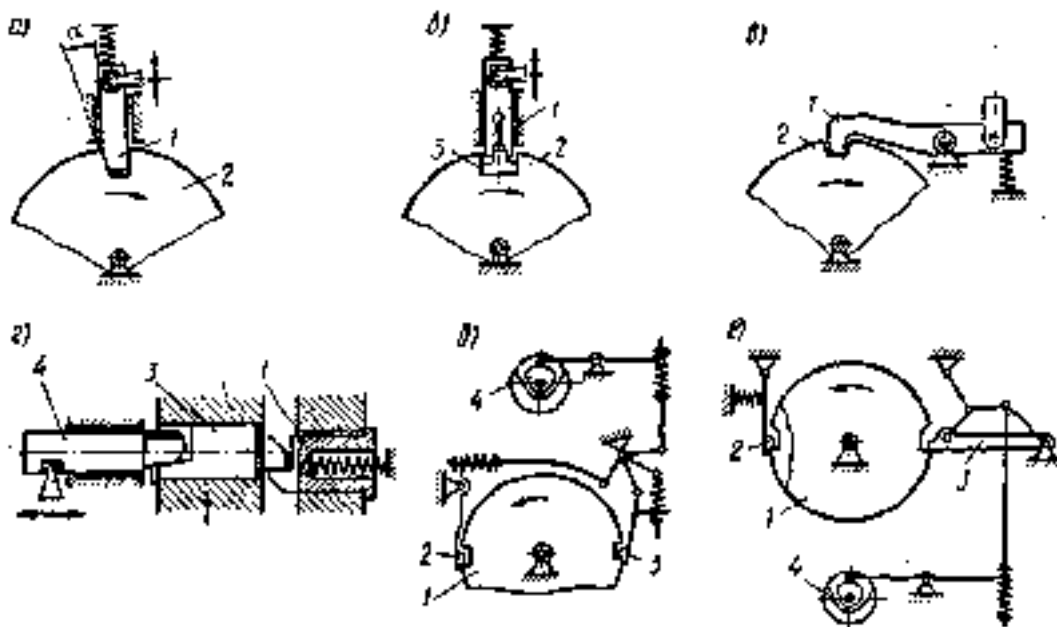


Рис. 1. Схемы механизмов фиксации

На рис. 1, д показана схема двойной фиксации, обычно применяемая в многошпиндельных токарных автоматах для фиксации шпиндельных блоков. После поворота шпиндельного блока 1 головки фиксирующего рычага 2 и запирающего рычага 3 свободно входят в пазы фиксирующих гнезд. Затем при помощи системы рычагов с приводом от кулачка 4 запирающий рычаг 3 поворачивает шпиндельный блок в обратном направлении, прижимая друг к другу фиксирующие поверхности гнезда и рычага 2; вследствие этого шпиндельный блок фиксируется. При освобождении шпиндельного блока оба рычага отводятся. В механизме, приведенном на рис. 4, е, имеются два последовательно включенных рычажных механизмов для передачи усилия запирающему рычагу 3 от кулачка 4 через упругое звено.

У фиксатора следует различать фиксирующие и направляющие поверхности. На точность и долговечность механизма фиксации большое влияние оказывают форма фиксирующих поверхностей и их относительное перемещение. Если начальное касание фиксирующих поверхностей происходит в точке или по линии, то возникают большие удельные давления, вызывающие смятие. При поверхностном контакте удельные давления могут быть резко снижены.

Если фиксирующие поверхности имеют скольжение при обработке, произ-

водимой на автомате, или при повороте, то они подвержены повышенному износу, особенно интенсивному при больших удельных давлениях. Если скольжение фиксирующих поверхностей происходит только при фиксации, то износ становится значительно меньшим.

Поскольку механизм фиксации доводит фиксируемый узел до точного положения, то при одинарной фиксации избежать скольжения фиксирующих поверхностей невозможно, износ этих поверхностей можно уменьшить путем увеличения фиксирующих поверхностей, соответствующего выбора материала и термической обработки.

Зазор в направляющих фиксатора увеличивается по мере износа, что оказывает большое влияние на точность фиксации, особенно при переменном направлении усилий, действующих на узел в процессе обработки.

При двойной фиксации износ направляющих упора уменьшается, так как при правильной конструкции скольжение в направляющих происходит при действии на упор незначительных усилий. Вследствие прижатия поворачиваемого узла к упору зазоры в направляющих упора и фиксатора выбираются. Поэтому при двойной фиксации зазоры в направляющих не оказывают сильного влияния на точность фиксации. Однако по мере износа направляющих упора точность фиксации понижается, поэтому следует обращать особое внимание на конструирование опор узла механизма ввода и вывода упора.

Влияние зазоров в направляющих и деформаций фиксаторов под действием больших усилий обработки можно устранить путем зажима поворачиваемого узла после фиксации. Такой зажим осуществляется во многих конструкциях револьверных полуавтоматов, столов агрегатных станков и т. п.

На рис. 2 приведена конструкция механизма одинарной фиксации поворотного стола. Перед началом поворота стола фиксатор 2 рычагом 3 выводится из гнезда 1 стола. Перед окончанием поворота стола фиксатор освобождается и под действием пружины 4, сила прижатия которой регулируется пробкой 5, прижимается (скользит) к цилиндрической поверхности стола. Скольжение фиксатора 2 совершается до тех пор, пока против его заостренного конца не

окажется гнездо 1 в столе. Тогда фиксатор 2 под действием пружины 4 входит в гнездо.

Скос на конце фиксатора способствует лучшему заходу его в гнездо. Кроме того, когда стол перемещается на величину, отклоняющуюся от заданной, фиксатор, входя в соприкосновение с наклонной гранью втулки, доводит (дожимает) стол до заданного положения. По мере доведения стола до заданного положения конец фиксатора скользит по наклонной грани втулки, что вызывает его износ. Фиксатор, кроме того, испытывает ударные нагрузки во время окончания поворота и начала фиксирования.

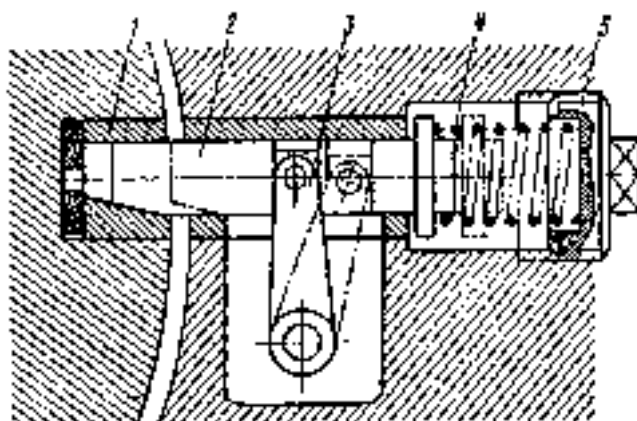


Рис. 2. Конструктивная схема фиксатора

Рассмотрим пример расчета фиксирующего механизма, показанного на рис. 2.

При поворотах стола в моменты останова и начала фиксирования на конец пальца-фиксатора действует сила Q , направленная перпендикулярно его оси, вызывающая неравномерное распределение давлений по длине направляющей (рис. 3). Если не учитывать зазоры между пальцем-фиксатором и направляющей, то характер эпюры давлений по длине направляющей можно принять линейным и считать давления распределенными по закону прямой AB .

Введя обозначения: p_1 – наибольшее удельное давление у нерабочего конца пальца-фиксатора; p_2 – наибольшее удельное давление у рабочего конца пальца-фиксатора; D – диаметр пальца-фиксатора; l – длина направляющей; a –

расстояние от точки приложения силы до начала направляющей; b – расстояние от точки приложения силы Q до точки O , – получаем:

$$p_1 = \frac{2Q(a+l-b)}{D[(b-a)^2 - (l+a-b)^2]}; \quad (1)$$

$$p_2 = \frac{2Q(b-a)}{D[(b-a)^2 - (l+a-b)^2]}, \quad (2)$$

где

$$b = \frac{2}{3} \frac{(a+l)^3 - a^3}{(a+l)^2 - a^2}. \quad (3)$$

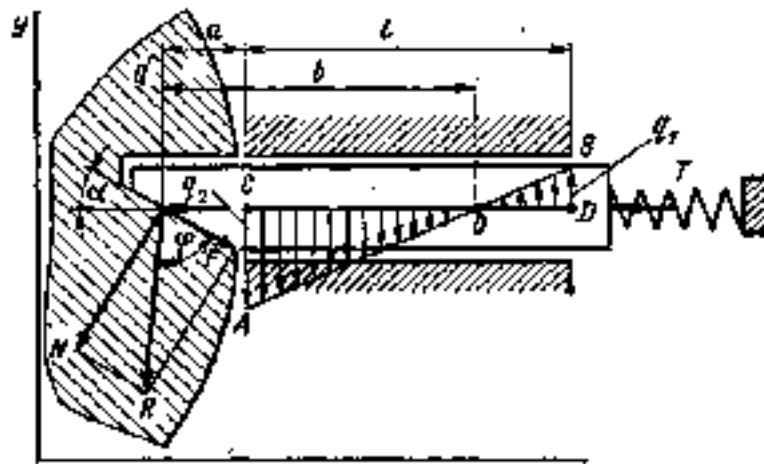


Рис. 3. Схема распределения давлений по длине направляющей

Как следует из полученных выражений, величины давлений p_1 и p_2 зависят от значения силы Q , а также от величины a и l (величина b определяется параметрами механизма фиксации a и l).

Таким образом, зная из предварительных конструктивных соображений (предварительной конструктивной схемы) величины a и l , а также величину силы Q , можно найти величины удельных давлений p_1 и p_2 , пользуясь которыми затем можно осуществить расчет пальца-фиксатора и направляющей на контактную прочность и износ.

Для нахождения величины силы Q можно использовать уравнение

$$Q = J\omega / (R\tau), \quad (4)$$

где J – суммарный момент инерции поворотного стола со всеми собираемыми изделиями, приспособлениями-спутниками и другими вращающимися вместе с ним элементами; ω – угловая скорость поворотного стола в момент его удара о палец-фиксатор; R – радиус поворотного стола; τ – время фиксирования, т. е. воздействия втулки поворотного стола на палец-фиксатор при ударе (обычно составляет 10–15% от времени движения стола).

Из уравнения (4) следует, что уменьшение скорости стола при входе пальца-фиксатора во втулку поворотного стола уменьшает нагрузку на фиксирующий механизм. Вследствие этого в ряде случаев системы поворота снабжают устройствами (тормозами и т. д.), обеспечивающими нулевую скорость стола в момент его подхода к очередной позиции.

Для точного доведения (дожатия) поворотного стола до заданного положения используют пружину (см. рис. 2), которая при помощи наклонной плоскости с соприкасаемой втулкой стола и пальцем-фиксатором воздействует на поворотный стол.

Таким образом, поворотный стол, имеющий к моменту начала воздействия на него пальца-фиксатора нулевую скорость, под действием подпружиненного пальца-фиксатора занимает заданное положение. В том случае, когда пружина предназначена не только для обеспечения захода пальца-фиксатора во втулку, но и для доводки стола, она должна быть рассчитана на соответствующую силу, создающую момент, достаточный для преодоления моментов сил сопротивления повороту стола. Следовательно, момент, развиваемый пружиной,

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}, \quad (5)$$

где $M_{\text{ст}}$ – момент сил сопротивления повороту стола; $M_{\text{дин}}$ – момент сил инерции стола.

Момент сил сопротивления повороту стола складывается из моментов сил трения стола о круговые направляющие и моментов сил трения в опорах; момент сил инерции составляет $M_{\text{дин}} = J\varepsilon$, где ε – ускорение движения стола при его повороте подпружиненным пальцем-фиксатором.

Необходимая для доведения поворотного стола до заданного положения сила

$$Q' = (M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}) / R = (M_{\text{ст}} + J\varepsilon) / R. \quad (6)$$

Для того чтобы палец-фиксатор мог повернуть стол, необходимо условие $\Sigma y = 0$.

Разложив реакцию R на составляющие N и F , из системы уравнения равновесия (с учетом силы пружины T')

$$\left. \begin{aligned} T' - Nf \cos \alpha + N \sin \alpha &= 0, \\ Q' - Nf \cos \alpha - N \sin \alpha &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где f – коэффициент трения пальца-фиксатора во втулке поворотного стола, связанный с углом трения φ соотношением $f = \operatorname{arctg} \varphi$, получаем

$$T' = Q' \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (8)$$

С учетом отсутствия заклинивания (защемления) пальца-фиксатора в направляющей получаем окончательно значение силы T , которую должна развивать пружина:

$$T = \beta Q' [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \mu_{\text{пр}} (2a/l + 1)], \quad (9)$$

где $\mu_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент трения [для круглой направляющей $\mu_{\text{пр}} = (4/\pi) \mu$, здесь μ – номинальный коэффициент трения пальца-фиксатора о направляющую]; β – коэффициент запаса, гарантирующий поворот стола.

Аналогично рассчитывают фиксаторы такого типа для линейных столов и конвейеров.

Пример. Рассчитать фиксатор поворотного стола (карусели) (см. рис. XIV-23). Поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом. Число пазов мальтийского креста $Z_k = 8$; вес карусели со всеми вращающимися деталями $G = 1200$ Н, радиус карусели $R = 380$ мм; размеры фиксатора (рис. 3): $D = 25$ мм, $l = 100$ мм, $a = 25$ мм, $\alpha = 5^\circ$. Материал фиксатора и втулки сталь ШХ15. После закалки HRC 58 ÷ 62.

Так как поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом, то в момент начала фиксации угловая скорость карусели $\omega = 0$.

При фиксации пружина фиксатора, преодолевая силы трения, сообщает карусели дополнительный поворот.

1. Определяем время фиксации карусели. Задаемся временем фиксации

$$t_{\phi} = 0,1 t_{\text{д}},$$

где $t_{\text{д}}$ – время поворота карусели, с:

$$t_{\text{д}} = \frac{Z_{\text{к}} - 2}{Z_{\text{к}}} \cdot \frac{30}{n_{\text{к}}} = \frac{8 - 2}{2} \cdot \frac{30}{40} = 0,56 \text{ с.}$$

где $n_{\text{к}}$ – число оборотов кривошипа, мин:

$$n_{\text{к}} = 40 \text{ об/мин.}$$

Тогда время фиксации

$$t_{\phi} = 0,1 \cdot 0,56 = 0,056 \text{ с.}$$

2. Определяем момент сил сопротивления поворота карусели (момент, который должна развивать пружина фиксатора):

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}.$$

Момент статический

$$M_{\text{ст}} = K_1 (D_o / d_{\text{ш}}) G = 0,005 (12 / 1,27) 1200 = 57 \text{ Н} \cdot \text{см} = 570 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Динамический момент карусели

$$M_{\text{дин}} = J \varepsilon.$$

Момент инерции карусели

$$J = (G / 2g) R^2 = (1200 / 2 \cdot 9810) 380^2 = 8800 \text{ Н} \cdot \text{мм} \cdot \text{с}^2.$$

Угловое ускорение ε карусели при фиксации определяем, исходя из времени фиксации:

$$\varepsilon = \frac{l_1 \operatorname{tg} \alpha}{R t_{\phi}^2} = \frac{30 \cdot \operatorname{tg} 5^\circ}{380 \cdot 0,056^2} = \frac{30 \cdot 0,087}{380 \cdot 0,056^2} = 2,2 \text{ рад/с}^2,$$

где l_1 – величина осевого перемещения фиксатора за время фиксации, $l_1 = 30 \text{ мм}$.

Тогда

$$M_{\text{дин}} = J \varepsilon = 8800 \cdot 2,2 = 19360 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}} = 570 + 19360 = 19930 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Определяем силу Q' , необходимую для доведения стола до заданного по-

ложения (6):

$$Q' = \frac{M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}}{R} = \frac{19360}{390} = 51 \text{ Н.}$$

3. Определяем силу T , которую должна развивать пружина (9):

$$T = \beta Q' [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \mu_{\text{пр}} (2a/l + 1)].$$

Коэффициент трения фиксирующих поверхностей $f = 0,2$; тогда $\varphi = 12^\circ$:

$$\mu_{\text{пр}} = (4/\pi)\mu = (4/\pi)0,25 = 0,32,$$

где $\mu = 0,25$ – коэффициент трения в направляющих фиксатора, $\beta = 1,3$ – коэффициент запаса;

$$T = 1,3 \cdot 51 [\operatorname{tg}(5 + 12) + 0,32(2 \cdot 25/100 + 1)] = 52,5 \text{ Н.}$$

4. Определяем максимальные удельные давления в направляющих фиксатора в момент фиксации карусели:

$$b = \frac{2(a+l)^3 - a^3}{3(a+l)^2 - a^2} = \frac{2(25+100)^3 - 25^3}{3(25+100)^2 - 25^2} = 86 \text{ мм};$$

$$p_1 = \frac{2Q'(l+a-b)}{D[(b-a)^2 - (l+a-b)^2]} = \frac{2 \cdot 51(25+100-86)}{25[(86-25)^2 - (100+25-86)^2]} = 0,15 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_2 = \frac{2Q'(b-a)}{D[(b-a)^2 - (l+a-b)^2]} = \frac{2 \cdot 51(86-25)}{25[(86-25)^2 - (100+25-86)^2]} = 0,196 \text{ Н/мм}^2;$$

Допускаемое удельное давление $[p]$ зависит от скорости скольжения и материала. Для материалов чугун-сталь можно принимать $p = 1,2-1,5 \text{ Н/мм}^2$ при малых скоростях скольжения (меньше 200 мм/с) и $p = 0,4 \text{ Н/мм}^2$ при больших скоростях. Для материалов сталь-сталь эти значения можно принять больше на 20–30%.

Таким образом, размеры механизма фиксации и материал фиксатора и втулки (сталь ШХ15) выбраны правильно, так как удельные давления в направляющих фиксатора меньше допускаемых.

На рис. 4 показана конструкция механизма фиксации, предложенная Московским СКВ АЛиАС, для многопозиционных поворотных столов. Фиксатор 1 выполнен подпружиненным, а упор 2 – сменным. Контактующие по-

верхности плоские и параллельны оси фиксатора. Для этой конструкции характерно полное отсутствие износа фиксирующих плоскостей фиксатора и упора, так как их рабочие поверхности не подвергаются истиранию и дают возможность за счет доводки упоров произвести выверку каждого приспособления с любой практически необходимой точностью.

Механизм двойной фиксации шпиндельного блока многошпиндельного токарного автомата показан на рис. 5. Перед началом поворота шпиндельного блока 1 кулачок 8 распределительного вала нажимает на ролик рычага 7, который поворачивается по ходу часовой стрелки. При этом тяга 6, перемещаясь вправо, выбирает зазор *Б* и поворачивает рычаг 4. Запирающий рычаг 3, а также фиксирующий рычаг 10, связанный с рычагом 4 сектором и тягой 9, выводятся из замков 2 шпиндельного блока 1.

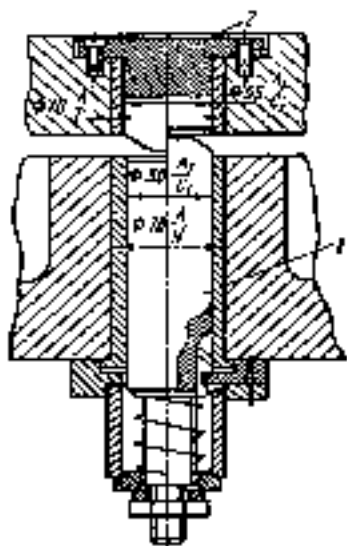


Рис. 4. Фиксатор многопозиционного поворотного стола

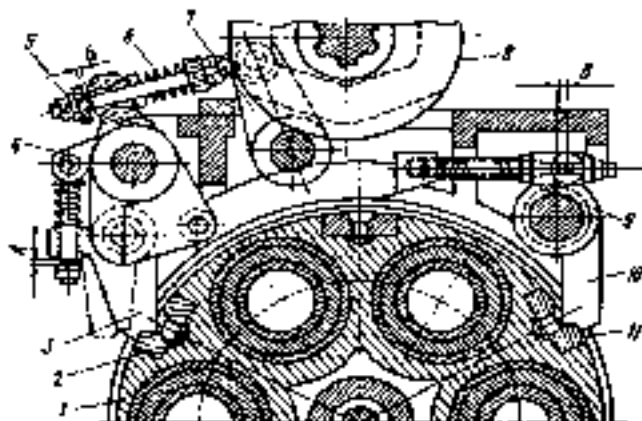


Рис. 5. Механизм двойной фиксации шпиндельного блока многошпиндельного токарного автомата

После расфиксации происходят подъем шпиндельного блока и поворот его на одну позицию. Поворот шпиндельного блока осуществляется с небольшим «перебегом» вперед. В результате между фиксирующими поверхностями паза 11 замка и головки фиксирующего рычага 10 образуется зазор (1,5–3 мм).

При фиксации шпиндельного блока кулачок 8 через рычаг 7 и тягу 6 поворачивает рычаг 4 против хода часовой стрелки. При повороте рычага 4 сек-

тора и тяги 9 фиксирующий рычаг 10 под действием пружины поворачивается и свободно входит в паз 11. После этого запирающий рычаг 3 под действием пружины также сначала поворачивается и входит в паз 2 замка. При дальнейшем повороте рычага 4 он опускается вниз, поворачивая шпиндельный блок и приводя в соприкосновение фиксирующие поверхности паза 11 замка и головки фиксирующего рычага 10. В результате обеспечивается точное положение шпиндельного блока относительно суппортов автомата. Величина усилия фиксации шпиндельного блока регулируется путем изменения величины сжатия тарельчатых пружин, установленных на тяге 6, гайками 5.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Произвести расчет механизма фиксации, по индивидуальным заданиям, полученным у преподавателя.

1. Рассчитать фиксатор поворотного стола (карусели). Поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом. Число пазов мальтийского креста $Z_k = 6$; вес карусели со всеми вращающимися деталями $G = 1100$ Н, радиус карусели $R = 380$ мм; размеры фиксатора (рис. 3): $D = 25$ мм, $l = 110$ мм, $a = 25$ мм, $\alpha = 5^\circ$. Материал фиксатора и втулки сталь ШХ15. После закалки HRC 58 ÷ 62.

2. Рассчитать фиксатор поворотного стола (карусели). Поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом. Число пазов мальтийского креста $Z_k = 10$; вес карусели со всеми вращающимися деталями $G = 1100$ Н, радиус карусели $R = 400$ мм; размеры фиксатора (рис. 3): $D = 25$ мм, $l = 110$ мм, $a = 25$ мм, $\alpha = 5^\circ$. Материал фиксатора и втулки сталь ШХ15. После закалки HRC 58 ÷ 62.

3. Рассчитать фиксатор поворотного стола (карусели). Поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом. Число пазов мальтийского креста $Z_k = 10$; вес карусели со всеми вращающимися деталями $G = 1000$ Н, радиус карусели $R = 360$ мм; размеры фиксатора (рис. 3): $D = 25$ мм, $l = 110$ мм, $a = 20$ мм, $\alpha = 5^\circ$. Материал фиксатора и втулки сталь ШХ15. После закалки HRC 58 ÷ 62.

4. Рассчитать фиксатор поворотного стола (карусели). Поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом. Число пазов мальтийского креста $Z_k = 12$; вес карусели со всеми вращающимися деталями $G = 1000$ Н, радиус карусели $R = 340$ мм; размеры фиксатора (рис. 3): $D = 30$ мм, $l = 110$ мм, $a = 20$ мм, $\alpha = 5^\circ$. Материал фиксатора и втулки сталь ШХ15. После закалки HRC 58 ÷ 62.

5. Рассчитать фиксатор поворотного стола (карусели). Поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом. Число пазов мальтийского креста $Z_k = 8$; вес карусели со всеми вращающимися деталями $G = 1300$ Н, радиус карусели $R = 360$ мм; размеры фиксатора (рис. 3): $D = 30$ мм, $l = 120$ мм, $a = 20$ мм, $\alpha = 5^\circ$. Материал фиксатора и втулки сталь ШХ15. После закалки HRC 58 ÷ 62.

6. Рассчитать фиксатор поворотного стола (карусели). Поворот карусели осуществляется мальтийским механизмом. Число пазов мальтийского креста $Z_k = 10$; вес карусели со всеми вращающимися деталями $G = 1400$ Н, радиус карусели $R = 380$ мм; размеры фиксатора

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>

2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 420 с. : ил. — Доп. УМО. — ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ПРОГРАММИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ЦИКЛА СТАНКОВ С ЦИКЛОВОЙ СИСТЕМОЙ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Цель: Ознакомление со способом программирования рабочего цикла станков с цикловой системой программного управления.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика программирования станков с цикловой системой программного управления.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: составление расчетного листа наладки; заполнение программной перфокарты.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки программирования рабочего цикла станков с цикловой системой программного управления.

Актуальность темы: в станках с цикловой, коммутаторной системой программного управления последовательность выполнения рабочих и холостых движений рабочего цикла задают обычно путем вставления штекеров в контактные гнезда коммутатора, а величину перемещений – расстановкой упоров на

специальном барабане упоров и на специальной линейке с упорами. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для составления программы обработки детали совмещенно вычерчивают контур заготовки по максимальным допускам и контур обработанного изделия. Весь допуск разбивают на оптимальное количество проходов копировальным суппортом по упорам и копирам, а также для обработки подрезными суппортами. Пользуясь нормативами, задают величины v , s , t , для каждого прохода определяют число оборотов шпинделей n . По окончательно установленным данным определяют величины минутных подач и рабочее время обработки в каждом проходе.

Пример. Обработке подлежит двухступенчатый конец вала из проката $\varnothing 180$ мм (рис. 1) на станке модели 1Б732.

Обработку заготовки ведут в три прохода копировальным суппортом (два прохода по упорам на барабане упоров и один проход по черновому копиру) и снятие фаски – одним подрезным суппортом.

В соответствии с технологическим процессом составляем расчетный лист наладки. Следует иметь в виду, что движение копировального суппорта на рабочей подаче влево после ускоренного хода вниз включается от реле давления и является как бы продолжением ускоренного хода вниз и отдельной цифрой этот раздел не обозначают. При ускоренном отводе копировального суппорта вверх и вправо оба эти движения обозначают в начале первого и в конце второго. Подрезные суппорты имеют независимый цикл работы, и все изменения в движении обозначают одной цифрой, с которой запускают в работу подрезной суппорт, а для различения точек к цифре добавляют различные индексы.

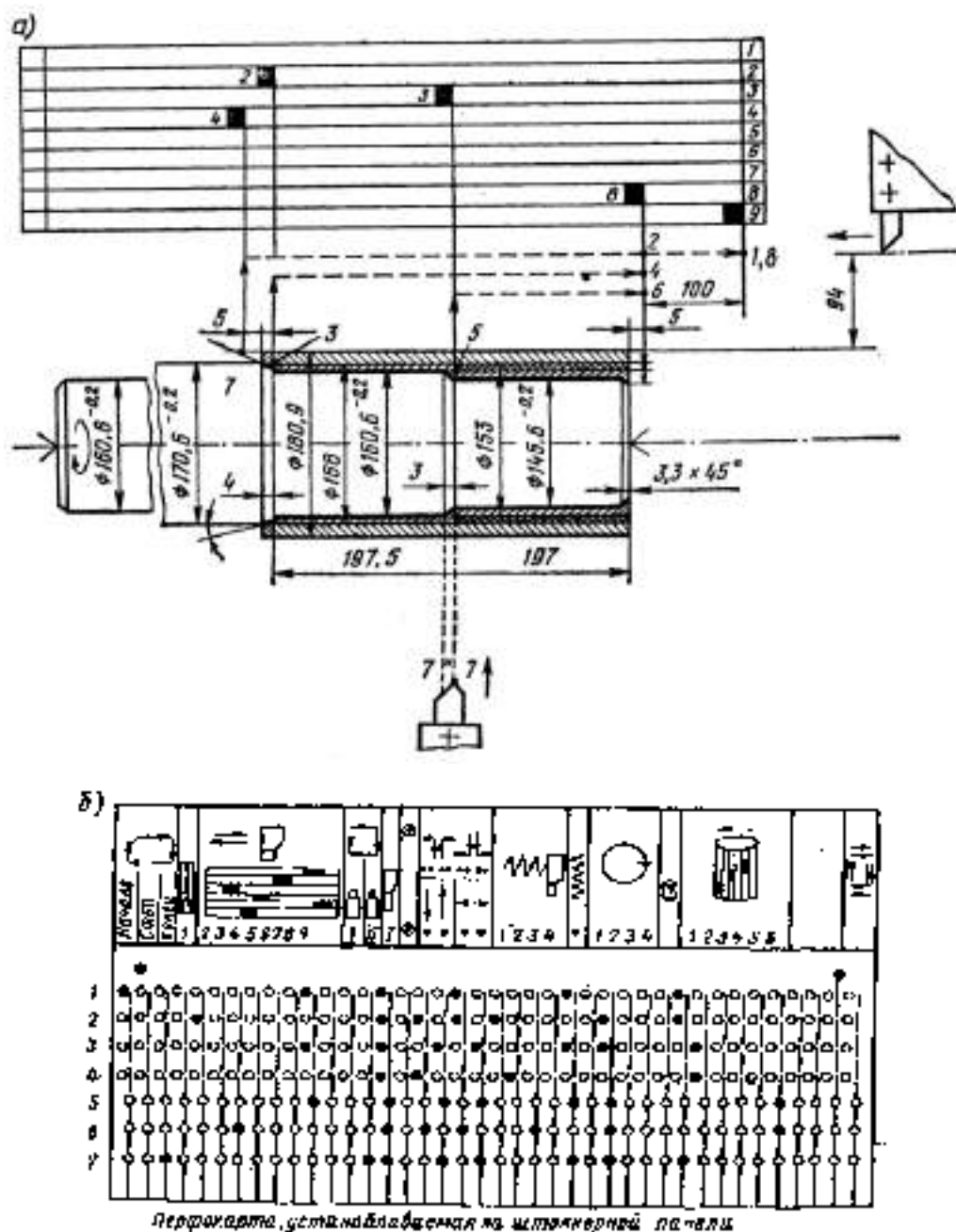


Рис. 1. Схема заполнения перфокарты

Первоначальное расстояние между первым инструментом и заготовкой выбираем 100 мм (исходя из удобств снятия и закрепления детали и доступности инструментов). Все остальные рабочие ходы подсчитываем по той же методике, как и для токарных автоматов. Рабочие подачи и числа оборотов шпинделя определяем по известной методике и корректируем по паспортным данным станка. В станке имеется четыре диапазона скоростей и подач, в каждом из которых можно выбрать и установить заранее при помощи сменных шестерен по

одной скорости или подаче. Переключение диапазонов в процессе обработки осуществляется автоматически по командам от программирующего устройства.

Составляем расчетный лист наладки. По данным расчетного листа наладки заполняем программную перфокарту. В строке 1 перфокарты запрограммировано начало цикла обработки с движения копировального суппорта на ускоренном ходу (род этого движения постоянный и отдельно не программируется), затем влево на первой рабочей подаче до второго кулачка, с барабаном упоров в позиции 1, причем с началом движения от точки 2 включается "вращение шпинделя на второй скорости.

По третьей строке 3 копировальный суппорт на ускоренном ходу поднимается вверх, затем вправо на ускоренном ходу до кулачка 8, барабан упоров поворачивается в позицию 2, шпиндель вращается на второй скорости.

По строке 4 копировальный суппорт идет на ускоренном ходу вниз, затем влево на второй рабочей подаче до кулачка 3, имея барабан упоров позиции 2; шпиндель вращается на второй скорости.

По строке 5 копировальный суппорт на ускоренном ходу идет вверх и вправо до кулачка 8, барабан упоров повернется в шестую позицию 6, шпиндель вращается на второй скорости.

По строке 6 копировальный суппорт на ускоренном ходу идет вниз, по достижении щупом копира идет влево на третьей рабочей подаче до кулачка 4, барабан упоров в позиции 6, шпиндель вращается на второй скорости.

По строке 7 копировальный суппорт идет на ускоренном ходу вверх и влево до кулачка 9, барабан упоров поворачивается в позицию 1, шпиндель вращается на второй скорости, подрезной суппорт с началом движения копировального суппорта идет на ускоренном ходу до 7", на рабочей подаче до 7' и на ускоренном ходу возвращается в 7", шпиндель тормозится – конец цикла, т. е. станок переключается на строку 1.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Разработать рабочий цикл станков с цикловой системой программного управления, по индивидуальным заданиям, полученным у преподавателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>
2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 420 с. : ил. — Доп. УМО. — ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

РАСЧЕТ ВИБРАЦИОННЫХ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Цель: Ознакомление с расчетом вибрационных загрузочных устройств.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика расчета вибрационных загрузочных устройств.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: проектирование вибрационных загрузочных устройств.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки расчета вибрационных загрузочных устройств.

Актуальность темы: Автоматизация загрузки штучными предметами обработки (ПО) - одна из задач при создании производственных машин-автоматов и автоматических линий различного технологического назначения,

штампов и прессов, установок физико-химической обработки, металлорежущих станков, сборочных, контрольно-сортировочных, упаковочных машин и т.д. Автоматизация загрузки особо важное значение приобретает при создании автоматических линий, т.к. надежная и экономичная конструкция загрузочного устройства, гарантирующая бесперебойную подачу правильно ориентированных в пространстве ПО, во многом определяет качественные и количественные показатели всей линии. Устройства, обеспечивающие автоматическую загрузку машин-автоматов и автоматических линий штучными ПО, являются одними из наиболее совершенных современных устройств, объединяющих потоки материала, энергии и информации и обеспечивающих получение качественной продукции в течение определенного промежутка времени без участия человека - называются автоматические загрузочные устройства (АЗУ). Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При проектировании вибрационных загрузочных устройств необходимо учитывать, что режимы с проскальзыванием следует использовать при перемещении хрупких и нежестких деталей, но они обеспечивают сравнительно малые скорости перемещения заготовок по лотку – порядка 4 – 5 м/мин. Значительно большие скорости перемещения (20 м/мин и более), а следовательно, и высокую производительность можно получить при использовании режимов с подбрасыванием.

Требуемая скорость перемещения заготовок $v_{тр}$ (м/мин) определяется в зависимости от заданной производительности Q (шт/мин) и габаритов заготовок:

$$v_{тр} = (Qd_3 / 1000) \eta, \quad (1)$$

где d_3 – диаметр или длина подаваемой заготовки, мм; η – коэффициент равномерности подачи заготовок, зависящий от формы детали, способа ориентации и

других факторов ($\eta > 1$).

Считаем, что предельная скорость перемещения заготовок, которую сможет обеспечить данное загрузочное устройство, – это скорость перемещения в режиме непрерывного подбрасывания, т. е. при $X_{\max} = X_n$,

При использовании в приводе вибрационного загрузочного устройства электромагнитного вибратора любую скорость, меньшую предельной, можно легко получить за счет изменения амплитуды колебания лотка.

Тогда, используя формулу (XIII-29), определяем необходимый угол наклона подвесок:

$$\operatorname{tg} \alpha = 206 / (f_n v_n). \quad (2)$$

Угол наклона подвесок α должен находиться в пределах $5 - 45^\circ$. Амплитуду колебания лотка в режиме непрерывного подбрасывания определяем по формуле $X_n = \frac{g \sqrt{\pi^2 n^2 + 1}}{\omega^2 \operatorname{tg} \alpha}$, при $n = 1$:

$$X_{\max} = X_n = 3,32g^2 / (\omega^2 \operatorname{tg} \alpha). \quad (3)$$

Угол подъема лотка Θ обычно выбирают минимально возможным по конструктивным соображениям. Проведенные исследования показывают, что при увеличении угла подъема лотка Θ до 2° скорость перемещения заготовок снижается примерно на 10 – 15%.

Для получения больших амплитуд колебания лотка при малых усилиях электромагнитов необходимо, чтобы вибрационная система работала в режиме, близком к резонансу. Собственная частота системы зависит от жесткости подвесок. При расчете геометрических параметров подвесок необходимо учитывать, что условия работы являются наиболее благоприятными, если собственная частота системы оказывается несколько большей частоты возмущающей силы. Тогда вынужденные колебания системы происходят в той же фазе, что и колебания возмущающей силы. Рекомендуется, чтобы собственная частота колебаний системы была на 10% больше частоты колебаний возмущающей силы.

Конструктивно подвески можно выполнять круглыми или плоскими

(набранными из пластин). При использовании плоских пружин необходимо определить их длину, ширину и толщину; при круглых – длину и диаметр.

Параметры пружин определяем из условия, что подвеска представляет собой балку, закрепленную жестко с двух сторон.

Расчетная схема пружин показана на рис. 1.

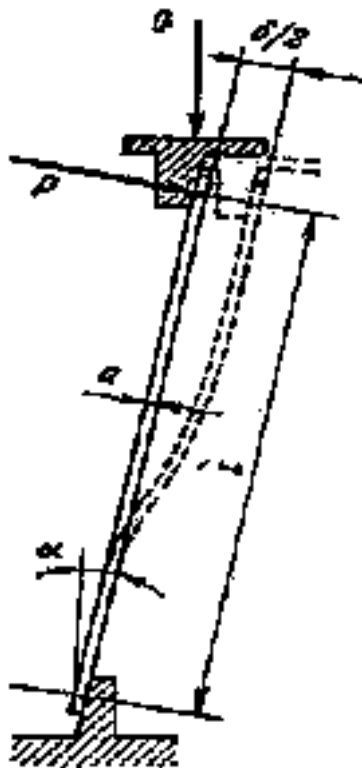


Рис. 1. Расчетная схема пружин

При плоских пружинах длину и ширину задают конструктивно, а толщину можно определить по формуле

$$a = \frac{l}{372} \sqrt[3]{\frac{G\varphi^2}{nib}}, \quad (4)$$

где a – толщина пружин подвески, см; b – ширина пружин, см; l – рабочая длина пружин, см; n – число подвесок; i – число пружин в подвеске; G – вес колеблющихся частей и загруженных в бункер заготовок, φ – собственная частота колебаний системы, 1/с;

$$\varphi = 1,1 f_{\text{д}}.$$

При круглых подвесках длину задают конструктивно, а диаметр (см)

можно определить по формуле

$$d = 0,0135 \sqrt[4]{Gl^3 \varphi^2 / n}. \quad (5)$$

Напряжение изгиба (кгс/см²) при максимальном прогибе для плоских пружин определяем по формуле

$$\sigma_{из} = 1,5 E a \delta / l^2, \quad (6)$$

где E – модуль упругости, $E = 2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²; δ – размах колебаний лотка, см.

Для круглых подвесок

$$\sigma_{из} = 1,5 E d \delta / l^2. \quad (7)$$

Если в приводе вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком у каждой подвески установлен один электромагнит перпендикулярно ее

плоскости, то его усилие (кгс) можно определить по следующим формулам:

при плоских подвесках

$$P = \delta E b a^3 i / (2l^3 \mu), \quad (8)$$

где μ – динамический коэффициент, $\mu = 1 / [1 - (f_n / \varphi)^2]$;

при круглых подвесках

$$P = 0,3 \delta E d^4 / (\mu l^3). \quad (9)$$

Если в приводе вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком имеется один электромагнит, установленный в центре, его усилие при плоских подвесках определяем по формуле

$$P_0 = \delta E b a^3 i n / (2l^3 \mu \sin \alpha); \quad (10)$$

при круглых подвесках

$$P_0 = 0,3 \delta E d^4 n / (\mu l^3 \sin \alpha). \quad (11)$$

Для прямолинейных вибрационных лотков общее требуемое усилие электромагнита при условии, что он установлен перпендикулярно плоскости пружин, определяется по формуле

$$P_{общ} = \delta E b d^3 i n / 2l^3 \mu. \quad (12)$$

На величину амплитуды колебания лотка (при прочих равных условиях)

большое влияние оказывает величина массы основания вибрационного грузочного устройства. Отношение массы основания к массе колеблющихся частей должно быть не менее 5 – 7.

Пример. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного грузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 100$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 40$ мм, $h = 10$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 50$ Гц (1/с).

1. Определяем требуемую скорость перемещения заготовок по формуле $y_0 = x_0 \operatorname{tg} \alpha$:

$$v_{\text{тр}} = (Q \cdot d_3 / 1000) \eta = (100 \cdot 40 / 1000) \cdot 2 = 8 \text{ м/мин.}$$

Здесь η – коэффициент, учитывающий неравномерность перемещения заготовок, способ их ориентации и другие факторы.

2. Определяем параметры чаши бункера:

диаметр чаши $D = (10 \div 20) d_3$, принимаем $D = 400$ мм;

шаг спирали $t = (1,4 \div 1,7) \cdot h_3 + m$, m – толщина лотка, мм; $t = 1,5 \cdot 10 + 10 = 25$ мм;

высота чаши $H = (0,2 \div 0,4) D$, $H = 0,3 \cdot 400 = 120$ мм;

ширина лотка до буртика

$$B = d_3 + 2 = 40 + 2 = 42 \text{ мм};$$

ширина лотка с буртиком

$$B' = B + 3 = 42 + 3 = 45 \text{ мм.}$$

Для того чтобы заготовки перемещались в один слой, лоток выполнен с наклоном к центру под углом 4° .

3. Определяем угол подъема лотка Θ :

$$\operatorname{tg} \Theta = t / \pi d = 25 / (3,14 \cdot 400) = 0,02; \quad \Theta = 1^\circ 10'.$$

4. Определяем требуемую скорость перемещения заготовок с учетом угла подъема лотка.

При Θ , равном 2° , снижение скорости составляет $10 \div 15\%$:

$$v'_{\text{тр}} = v_{\text{тр}} \cdot 1,15 = 8 \cdot 1,15 \approx 10 \text{ м/мин.}$$

5. Определяем требуемый угол наклона подвесок α , исходя из обеспечения необходимой скорости перемещения заготовок, по формуле (2):

$$\operatorname{tg} \alpha = 206 / (f_n v_{\text{тр}}) = 206 / (50 \cdot 10) = 0,4014; \quad \alpha = 22^\circ.$$

6. Определяем амплитуду колебания лотка X_n , при которой обеспечивается скорость $v_{\text{тр}}$ по формуле (3):

$$X_n = 3,32g / (\omega^2 \operatorname{tg} \alpha) = (3,32 \cdot 10^3) / (10^5 \cdot 0,4014) = 0,083 \text{ см};$$

$$g \approx 10^3 \text{ см/с}^2; \quad \omega^2 \approx (2\pi f_n)^2 \approx 10^5 \text{ 1/с}^2.$$

7. Определяем параметры пружин подвесок. В вибрационном загрузочном устройстве используют плоские пружины. Число подвесок $n = 3$, число пружин в подвеске $i = 3$. Из конструктивных соображений длина пружин $l = 18$ см и ширина $b = 3$ см.

Вес колеблющихся частей и загруженных в бункер заготовок $G = 15$ кгс.

По формуле (4) определяем толщину пружин a :

$$a = \frac{l}{372} \sqrt[3]{\frac{G\varphi^2}{nib}} = \frac{18}{372} \sqrt[3]{\frac{15 \cdot 55^2}{3 \cdot 3 \cdot 3}} = 0,57 \text{ см}.$$

8. Определяем максимальное напряжение изгиба пружин при амплитуде колебания X_n по формуле (6):

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{1,5Ea\delta}{l^2} = \frac{1,5 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,57 \cdot 0,09 \cdot 2}{18^2} = 990 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\frac{\delta}{2} = \frac{X_n}{\cos \alpha} = \frac{0,083}{0,927} = 0,09 \text{ см}.$$

9. Определяем требуемое усилие одного электромагнита по формуле (8)

$$P = \frac{\delta E b a^3 i}{2l^3 \mu} = \frac{0,09 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 0,57^3 \cdot 3}{18^3 \cdot 5,7} \approx 10 \text{ кгс};$$

$$\mu = \frac{1}{1 + (f_n / \varphi)^2} = \frac{1}{1 + (50 / 55)^2} = 5,7.$$

Зная необходимое тяговое усилие электромагнита, можно определить его параметры.

На рис. 2 и 3 показаны конструкции вибрационных загрузочных устройств типа В-2 и В-4, разработанных на кафедре «Станки и автоматы»

МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Вибрационное загрузочное устройство типа В-2 (рис. 2) выполнено с тремя электромагнитными приводами. Оно включает чашу бункера 1 со спиральным лотком (угол наклона спирального лотка $\Theta = 1^{\circ}35'$, материал – алюминий); основание бункера 2, выполненное из текстолита; три кронштейна с якорями 3; три электромагнитных вибратора 4, закрепленных на кронштейнах 5; три подвески (пружины) 6, которые прикреплены к кронштейнам с якорями 3 и кронштейнам 7. Кронштейны 5 с электромагнитными вибраторами и кронштейны 7 установлены на массивном основании 8. Для того чтобы вибрации не передавались на станок, загрузочное устройство установлено на резиновых амортизаторах 9.

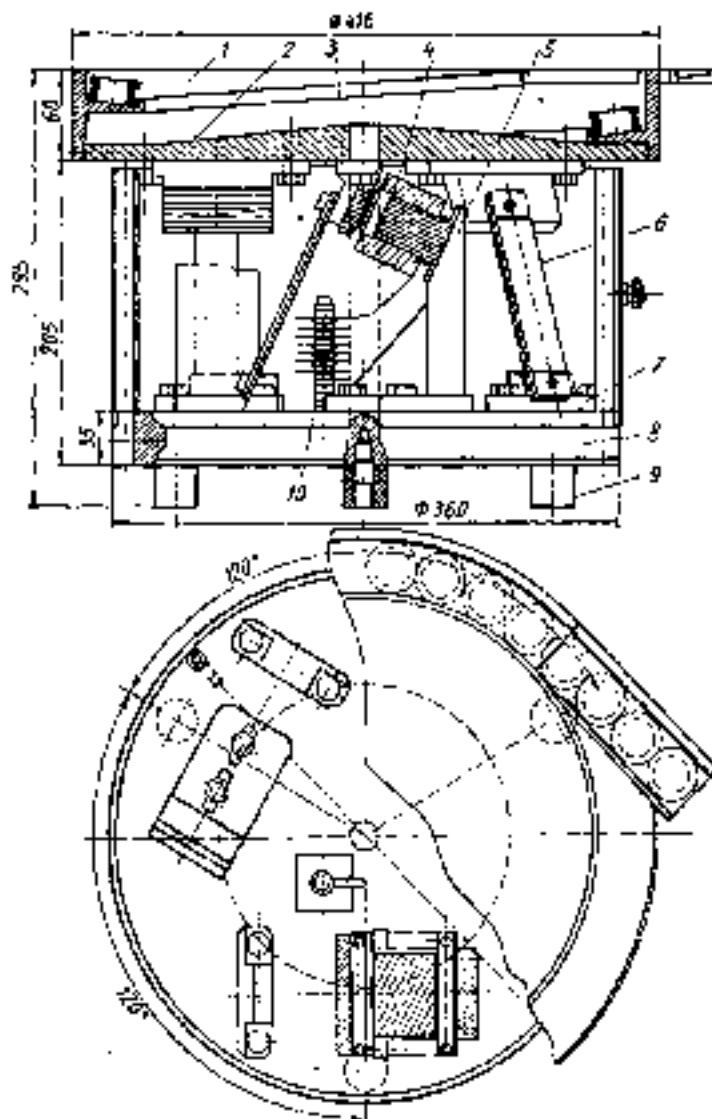


Рис. 2. Вибрационное загрузочное устройство типа В-2

Подвески 6 выполнены из набора плоских пружин; изменяя их число, можно изменять собственную частоту колебаний системы. Зазор между якорем и электромагнитом вибратора изменяется путем перемещения кронштейна 5 относительно основания 8.

Питание электромагнитов вибраторов осуществляется через однополупериодный выпрямитель 10. Частота колебаний спирального лотка 3000 кол/мин.

Скорость перемещения заготовок по спиральному лотку изменяется путем регулирования напряжения питания электромагнитов вибраторов автотрансформатором; при этом изменяется усилие притяжения электромагнитов, а следовательно, и амплитуда колебания лотка. Для того чтобы вибраторы работали синхронно, они включены параллельно друг другу. Для нормальной работы загрузочного устройства необходимо точно установить чашу с бункером на подвесках относительно оси основания 8, зазор между якорями и электромагнитами вибраторов у всех вибраторов должен быть одинаков. Пружины подвесок должны надежно закрепляться на кронштейнах 3 и 7.

Вибрационное загрузочное устройство типа В-4 (рис. XIII-21) выполнено с одним электромагнитом в приводе. Конструктивная особенность загрузочного устройства в том, что электромагнит вибратора 4 закреплен на планке 5, которая установлена на резиновых буферах 6. При перемещении тяги 8, жестко прикрепленной к планке 5, с помощью вращения гаек изменяется зазор между якорем и электромагнитом вибратора.

Питание электромагнита вибратора также осуществляется через однополупериодный выпрямитель.

В последнее время в промышленности находят применение вибрационные загрузочные устройства с отдельным электромагнитным приводом, в которых можно отдельно регулировать амплитуду горизонтальных (круговых) и вертикальных осевых колебаний. Это позволяет получить высокие скорости перемещения заготовок по вибрирующим лоткам порядка 40 м/мин и более.

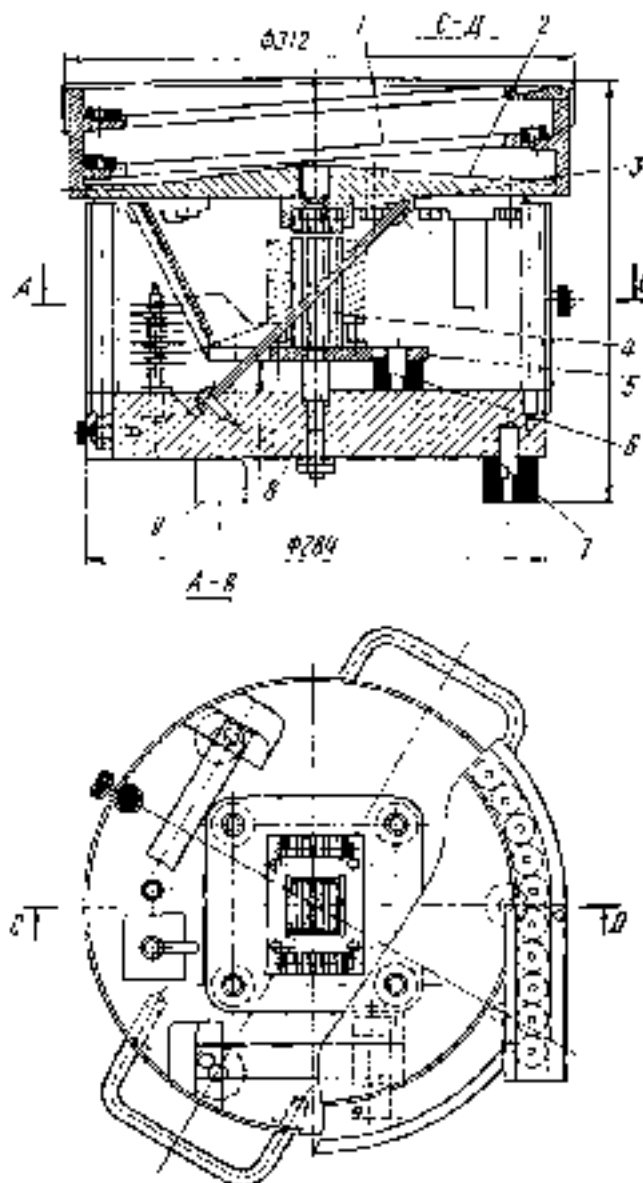


Рис. 3. Вибрационное загрузочное устройство типа В-4:

1 – чаша бункера со спиральным лотком; 2 – основание бункера; 3 – якорь вибратора; 4 – электромагнит вибратора; 5 – планка; 6 – резиновый буфер; 7 – основание; 8 – тяга; 9 – амортизаторы; 10 – выпрямитель (однополупериодный)

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Рассчитать вибрационное загрузочное устройство по выданным преподавателем индивидуальным заданиям.

Отчет должен содержать схемы (рис. 1), результаты расчета и описание

новых конструкций ЗУ (рис. 2 и 3). Их нужно изучить. Обратите внимание на пояснения к формулам в теории и на некоторые параметры, которые выбираются конструктивно.

Вариант 1. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 100$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 40$ мм, $h = 10$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 50$ Гц (1/с).

Вариант 2. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 150$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 30$ мм, $h = 10$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 60$ Гц (1/с).

Вариант 3. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 90$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 45$ мм, $h = 15$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 40$ Гц (1/с).

Вариант 4. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 120$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 35$ мм, $h = 10$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 65$ Гц (1/с).

Вариант 5. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 130$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 40$ мм, $h = 15$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 50$ Гц (1/с).

Вариант 6. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 110$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 50$ мм, $h = 20$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 40$ Гц (1/с).

Вариант 7. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 90$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 45$ мм, $h = 10$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 45$ Гц (1/с).

Вариант 8. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 125$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 45$ мм, $h = 15$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 50$ Гц (1/с).

Вариант 9. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 105$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 42$ мм, $h = 10$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 65$ Гц (1/с).

Вариант 10. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 140$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 38$ мм, $h = 10$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 60$ Гц (1/с).

Вариант 11. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного устройства со спиральным лотком и тремя электромагнитами в приводе. Необходимая производительность $Q = 130$ шт/мин; деталь-колпачок $d_3 = 44$ мм, $h = 12$ мм. Материал – сталь. Частота колебания лотка $f_{\text{л}} = 45$ Гц (1/с).

Вариант 12. Требуется рассчитать основные параметры вибрационного загрузочного

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>

2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 420 с. : ил. — Доп. УМО. — ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

РАСЧЕТ ДВУХ КООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Цель: Ознакомление со способом расчета двух координатных систем программного управления.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: способы расчета двух координатных систем программного управления.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет точности приводов подач в станках в ПУ.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыки Определения динамических ошибок воспроизведения излома траектории под прямым углом приводами подач.

Актуальность темы: Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процес-

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В станках с ПУ, предназначенных для обработки контурных деталей, характерной является одновременная работа приводов подач двух или более координат управления. При этом вследствие инерционности следящих гидравлических приводов возникают погрешности отработки запрограммированной траектории, зависящие от вида траектории, величины подачи и параметров приводов подач.

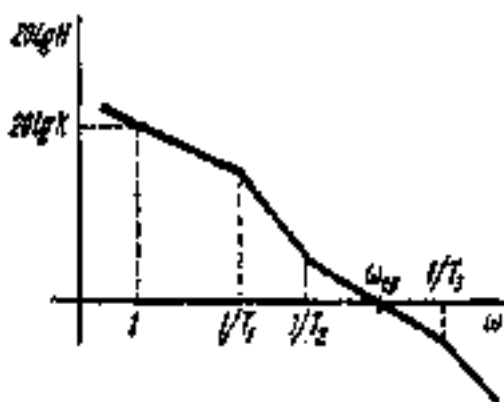


Рис. 1. Амплитудно-частотная характеристика

Гидроприводы подач большинства станков с достаточной точностью можно описать передаточной функцией разомкнутого контура

$$W(p) = K(T_2 p + 1)/p(T_1 p + 1) \times (T_3 p + 1), \quad (1)$$

где K — коэффициент передачи разомкнутого привода; p — оператор Лапласа; T_1 , T_2 , T_3 — постоянные времени звеньев привода.

Этой передаточной функции соответствует логарифмическая амплитудно-частотная характеристика, представленная на рис. 1. Передаточная функция замкнутого привода

$$\Phi(p) = W(p)/[1 + W(p)] \quad (2)$$

При отработке приводами подач траектории в виде окружности на вход каждого привода действуют синусоидальные сигналы:

$$x_{bx} = R \cos \omega t, \quad y_{bx} = R \sin \omega t, \quad (3)$$

где R – радиус запрограммированной окружности; s/R – угловая скорость отработки окружности; x – подача вдоль траектории; t – время.

По окончании переходных процессов, возникающих в начале движения по этой траектории, движения вдоль координат управления можно представить в виде:

$$x = p_x \cos(\omega t - \varphi_x); \quad (4)$$

$$y = p_y \sin(\omega t - \varphi_y), \quad (5)$$

где p_x ; p_y – амплитуды установившегося движения по координатам x и y соответственно; φ_x и φ_y – фазовые ошибки соответствующих замкнутых приводов.

В результате этих двух движений управляемый орган станка описывает эллипс

$$x + iy = p_{\text{вых}} e^{i\varphi} \quad (6)$$

где

$$p_{\text{вых}} = \sqrt{p_x^2 \cos^2(\omega t - \varphi_x) + p_y^2 \sin^2(\omega t - \varphi_y)}; \quad (7)$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{p_y \sin(\omega t - \varphi_y)}{p_x \cos(\omega t - \varphi_x)}. \quad (8)$$

При одинаковых параметрах приводов подач по координатам управления

$$p_{\text{вых}} = p_x = p_y = AR, \quad (9)$$

где A – модуль амплитудно-частотной характеристики замкнутого привода;

$$p_{\text{вых}} = R + \delta, \quad (10)$$

откуда

$$\delta = R(A - 1) = (s/\omega)(A - 1). \quad (11)$$

Анализ точности по параметрам замкнутого привода затруднен, поэтому целесообразно перейти к расчету параметров разомкнутого привода.

Известно, что амплитуда A и фаза φ определяются из условий:

$$A = H/\sqrt{H^2 + 2H \cos \Theta + 1}, \quad (12)$$

$$\varphi = \arctg[\sin \Theta/(H + \cos \Theta)], \quad (13)$$

где H – коэффициент передачи разомкнутого привода на частоте входного воздействия; Θ – фазовый сдвиг выходного сигнала этого привода на этой же частоте.

Для приводов, описываемых передаточными функциями вида (1)

$$W(p) = f(K, T_1, T_2, T_3); \quad (14)$$

$$H = \frac{K}{\omega} \sqrt{\frac{1 + (\omega T_2)^2}{[1 + (\omega T_1)^2][1 + (\omega T_3)^2]}}; \quad (15)$$

$$\Theta = \arctg \omega T_2 - \arctg \omega T_1 - \arctg \omega T_3 - (\pi/2). \quad (16)$$

Подставляя формулу (10) в выражение (11), получаем

$$\delta = R \left(\frac{H}{\sqrt{H^2 + 2H \cos \Theta + 1}} - 1 \right). \quad (17)$$

При малых угловых скоростях обработки окружностей, когда H и R велики, это выражение можно заменить приближенным:

$$\delta = -R(\cos \Theta/H + 1/2H^2) \text{ при } H > 1 \quad (18)$$

Выражения (17) и (18) справедливы в том случае, когда приводы по координатам управления обладают строго одинаковыми параметрами. На практике идентичности параметров достигнуть невозможно из-за различия передвигаемых масс, влияния температуры, старения и износа элементов, неточности настройки, погрешностей изготовления и т. д.

При малых отклонениях какого-либо параметра Δf приводов двух координат управления от среднего значения f из выражения (7) можно получить

$$\begin{aligned} \delta = R \sqrt{\left[A^2 + \frac{d(A^2)}{df} \Delta f \right] \left[\cos^2(\omega t - \varphi) + \frac{d[\cos^2(\omega t - \varphi)]}{df} \Delta f \right]} \ddot{} \rightarrow \\ \rightarrow + \left[A^2 - \frac{d(A^2)}{df} \Delta f \right] \left[\sin^2(\omega t - \varphi) - \frac{d[\sin^2(\omega t - \varphi)]}{df} \Delta f - 1 \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

Произведя дифференцирование и обозначив

$$(dA / df) \Delta f = \Delta A; \quad (20)$$

$$(d\varphi / df) \Delta f = \Delta \varphi, \quad (21)$$

после преобразований получим

$$\delta = R \left(\sqrt{A^2 + 2A\Delta A \cos 2(\omega t - \varphi) - 2A^2 \Delta \varphi \sin 2(\omega t - \varphi)} - 1 \right) \quad (22)$$

При малых отклонениях параметра f , используя разложение в ряд Тейлора, имеем

$$\delta \approx R[A - 1 + \Delta A \cos 2(\omega t - \varphi) - A \Delta \varphi \sin 2(\omega t - \varphi)]. \quad (23)$$

Как показывает эта формула, погрешность воспроизведения окружности системой программного управления с неидентичными приводами подачи можно представить в виде суммы двух слагаемых: основной погрешности, возникающей при средних значениях параметров приводов, и дополнительной, являющейся следствием неидентичности приводов:

$$\delta = \delta_{\text{осн}} + \delta_{\text{доп}}, \quad (24)$$

где

$$\delta_{\text{доп}} = R[\Delta A \cos 2(\omega t - \varphi) - A \Delta \varphi \sin 2(\omega t - \varphi)]. \quad (25)$$

Дополнительную погрешность можно после сложения синусоидальных величин представить в виде

$$\delta_{\text{доп}} = R \sqrt{(\Delta A)^2 + (A \Delta \varphi)^2} \sin 2[\omega t - \arctg(\Delta A / A \Delta \varphi)]. \quad (26)$$

Дополнительная погрешность изменяется с частотой, в два раза большей, чем частота входного сигнала. Это значит, что вместо окружности получается эллипс (рис. 2). Подставив в формулу (26) выражение (12) и (13) и обозначив

$$(dH / df) \Delta f = \Delta H \quad (27)$$

и

$$(d\Theta / df) \Delta f = \Delta \Theta \quad (28)$$

после дифференцирования получим

$$\delta_{\text{доп}} = R \frac{\sqrt{(\Delta H)^2 + (H \Delta \Theta)^2}}{H^2 + 2H \cos \Theta + 1} \sin \times \left[\omega t - \arctg \frac{\Delta H (\cos \Theta + 1) + H \sin \Theta \Delta \Theta}{\Delta H \sin \Theta - H (\cos \Theta + 1) \Delta \Theta} \right]. \quad (29)$$

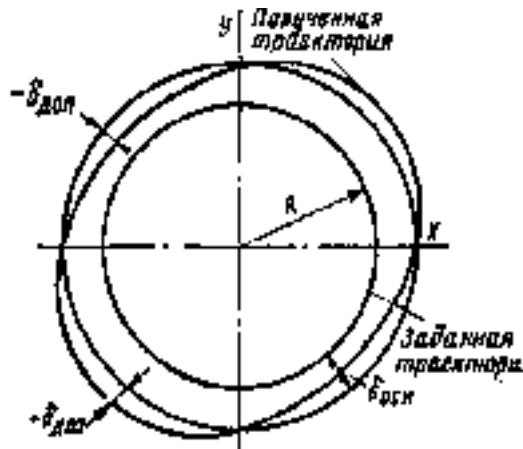


Рис. 2. Схема контура

При расчетах точности приводов подач важны главным образом экстремальные значения погрешностей, которые вычисляют по первым двум сомножителям формулы (29). С учетом (12) максимальное значение дополнительной погрешности можно выразить в виде

$$\delta_{\text{доп max}} = \pm (RA^2 / H) \times \sqrt{(\Delta H / H)^2 + (\Delta \Theta)^2}. \quad (30)$$

При $H > 1$ $A \approx 1$; поэтому приближенно

$$\delta_{\text{доп max}} = \pm (R / H) \times \sqrt{(\Delta H / H)^2 + (\Delta \Theta)^2}. \quad (31)$$

При воспроизведении траектории в виде прямой линии для приводов с передаточной функцией (11)

$$R / H = (s / \omega) / (K / \omega) = s / K; \quad (32)$$

$$\Delta H / H = \Delta K / K; \quad (33)$$

$$\Delta \Theta = 0, \quad (34)$$

благодаря чему формула (29) приобретает вид

$$\delta_{\text{доп}} = s (\Delta K / K^2) \sin 2\alpha, \quad (35)$$

где α – угол наклона прямой к осям координат станка.

Рассчитаем динамические погрешности воспроизведения приводами подач прямой, наклоненной под углом 45° к осям координат станка, и окружности радиусом 5 мм при $s = 3000$ мм/мин = 5 мм/сек:

$$W_x = \frac{160(0,3p + 1)}{p(6,5p + 1)(0,06p + 1)}; \quad W_y = \frac{140(0,5p + 1)}{p(5p + 1)(0,04p + 1)}.$$

Погрешность при воспроизведении прямой линии можно определить по формуле (36):

$$K = (K_x + K_y) / 2 = (140 + 160) / 2 = 150 \text{ 1/с};$$

$$\Delta K = K_x - K = 10 \text{ 1/с};$$

$$\delta_{np} = 5 \cdot 10 / 150^2 = 10 \text{ 1/с}.$$

Погрешности отработки приводами траектории в виде окружности определяем по формуле (25):

$$\omega = s / R = 5 / 5 = 1 \text{ 1/с};$$

$$H_x = \frac{160\sqrt{1 + (0,3 \cdot 1)^2}}{5\sqrt{[1 + (1 \cdot 6,5)^2][1 + (1 \cdot 0,05)^2]}} = 25,5;$$

$$H_y = \frac{140\sqrt{1 + (1 \cdot 0,5)^2}}{5\sqrt{[1 + (1 \cdot 5)^2][1 + (1 \cdot 0,04)^2]}} = 30,7;$$

$$H = \frac{H_x + H_y}{2} = \frac{25,5 + 30,7}{2} = 28,1;$$

$$\Delta H = H_y - H = 30,7 - 28,1 = 2,6;$$

$$\Theta_x = (-\pi / 2) - \arctg 6,5 + \arctg 0,3 - \arctg 0,06 = -2,75 \text{ рад};$$

$$\Theta_y = (\pi / 2) - \arctg 5 + \arctg 0,5 - \arctg 0,04 = -2,55 \text{ рад};$$

$$\Theta = (\Theta_x + \Theta_y) / 2 = -(2,75 - 2,55) / 2 = -2,65 \text{ рад};$$

$$\Delta \Theta = \Theta_y - \Theta = -2,55 + 2,65 = 0,1 \text{ рад};$$

$$\delta_{осн} = -5 \left[\frac{\cos(-2,65)}{28,1} + \frac{1}{2 \cdot 28,1^2} \right] = 0,154 \text{ мм};$$

$$\delta_{доп} = \pm(5 / 28,1) \sqrt{(2,6 / 28,1)^2 + (0,1)^2} = \pm 0,024 \text{ мм};$$

$$\delta_{окр} = 0,154 \pm 0,024 \text{ мм}.$$

Погрешности воспроизведения приводами подач изломов траектории максимальны при пересечении отрезков траектории под углом 90° . В том случае, когда эти отрезки параллельны осям координат станка, привод координаты

x , отстающий от положения заданного программой на величину скоростной ошибки

$$\delta_s = s / K,$$

начинает тормозиться, причем может перейти за заданное положение, а затем снова возвратиться в него. В это же время происходит разгон по оси y . В результате сложения этих двух движений получается траектория, показанная на рис. 3 и приводящая к появлению двух погрешностей: внутренней δ_b и наружной δ_n .

На кафедре «Станки и автоматы» МВТУ им. Баумана проведено исследования зависимости этих погрешностей от величины подачи параметров приводов и получены графики, показанные на рис. 4, для приводов с вышеприведенными передаточными функциями.

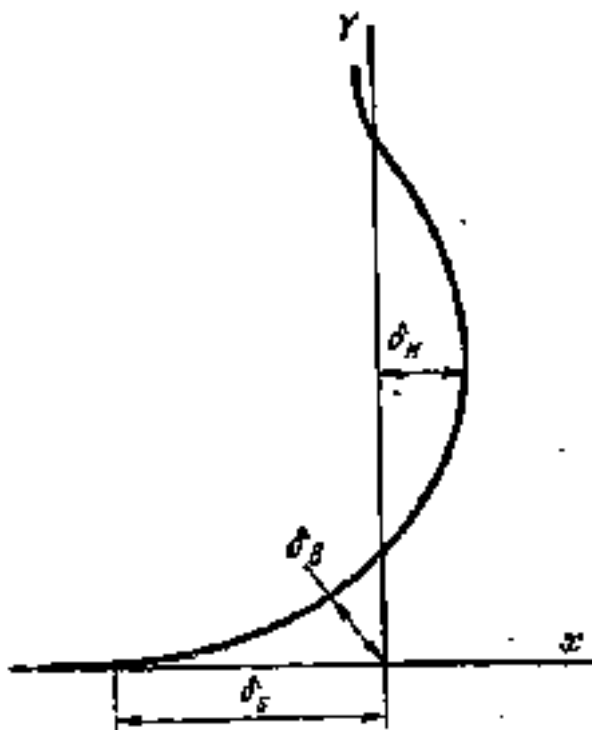


Рис. 3. Схема траектории

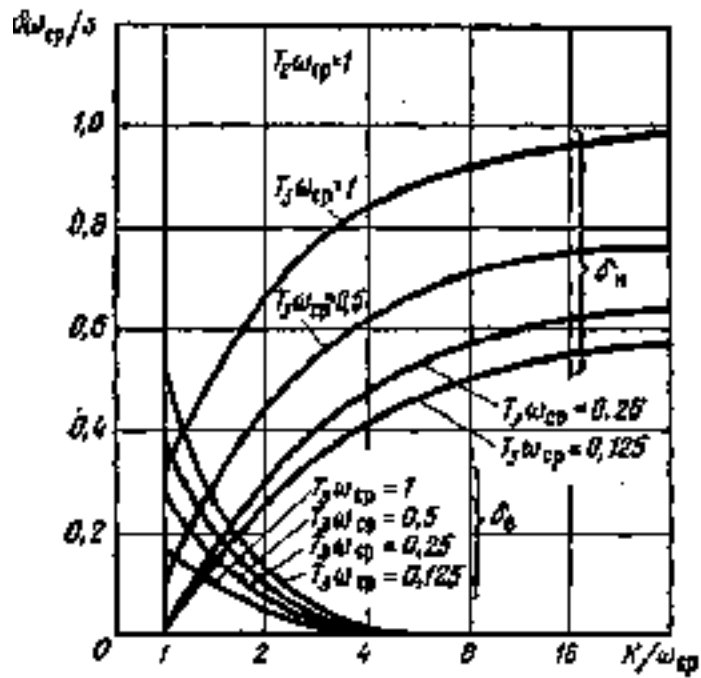


Рис. 4. График работы приводов

Пример. Определим динамические ошибки воспроизведения излома траектории под прямым углом приводами подачи: электрическим, описываемым передаточной функцией

$$W'(p) = [150(0,4p + 1)] / [6p + 1] \times (0,05p + 1),$$

и электрогидравлическим, характеризуемым передаточной функцией

$$W \cdot (p) = 50 / [p(0,01p + 1)]$$

при величине подачи $s = 300 \text{ мм/мин} = 5 \text{ мм/с}$:

а) для электрического привода

$$\omega_{cp} = KT_2 / T_1 = (150 \cdot 0,4) / 6 = 10 \text{ 1/с}$$

$$T_2 \omega_{cp} = 4; \quad T_3 \omega_{cp} = 0,5.$$

По графику (рис. 4) находим:

$$\delta_n(\omega_{cp}) / s = 0,9;$$

$$\delta_n = 0,9 s / \omega_{cp} = 0,45 \text{ мм};$$

$$(\delta_b \omega_{cp}) / s \approx 0; \quad \delta_b = 0;$$

б) для электрогидравлического привода

$$\omega_{\text{ср}} = K = 50; \quad T_1 = T_2; \quad T_3 \omega_{\text{ср}} = 0,5.$$

Так как $T_1 = T_2$, погрешности не зависят от $T_2 \omega_{\text{ср}}$. По указанному графику (рис. 4) определяем:

$$(\delta_{\text{нар}} \omega_{\text{ср}}) / s = 0,1; \quad \delta_{\text{нар}} = 0,15 / \omega_{\text{ср}} = 0,01 \text{ мм};$$

$$(\delta_{\text{вн}} \omega_{\text{ср}}) / s = 0,26; \quad \delta_{\text{вн}} = 0,265 / \omega_{\text{ср}} = 0,026 \text{ мм}.$$

Таким образом, более быстродействующий электрогидравлический привод позволяет снизить динамические ошибки более чем на порядок по сравнению со статическими.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Рассчитать две координатные системы программного управления по индивидуальным заданиям, выданным преподавателем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>

2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 420 с. : ил. — Доп. УМО. — ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

РАСЧЕТ И ВЫБОР МЕХАНИЗМОВ ЗАЖИМА

Цель: Ознакомление со способом расчета и выбора механизмов зажима станков.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные этапы расчета зажимных механизмов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет зажимных механизмов.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика расчета зажимных механизмов.

Актуальность темы: Комплексная автоматизация технологических операций на технологическом оборудовании заключается в автоматизации не только основных, но и всех вспомогательных операций, в том числе операций зажима и разжима заготовок на позициях обработки. С этой целью технологическое оборудование оснащают всевозможными автоматизированными зажимными устройствами и приспособлениями, специализированными и универсальными. Последние легко переналаживаются, поэтому придают оборудованию технологическую мобильность. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Всякое автоматизированное зажимное устройство состоит из механизма зажима, осуществляющего установку (базирование), фиксацию и зажим заготовки (зажим осуществляется одним элементарным движением), привода зажимного механизма, а также устройства управления приводом, которое является состав-

Расчет зажимных механизмов сводится к определению сил, с которыми зажимные звенья должны удерживать обрабатываемый материал, и к определению параметров привода, обеспечивающих это зажимное усилие. Методика расчета зажимных механизмов единая, однако расчет приводных механизмов с силовым и жестким замыканием имеет свои особенности.

Зная работу, производимую на данном шпинделе, можно определить усилие, которое должен обеспечить зажимной механизм.

83

$$P = \sum_{i=1}^{i=n} P_i(r_i / r) + M / r, \quad (1)$$

где $\sum P_i(r_i / r)$ – сумма усилий резания, приведенная к наружному диаметру прутка; r_i – радиус действия усилия резания, мм; r – радиус прутка, мм; M – крутящий момент от осевого инструмента, Н·мм; n – число резцов, участвующих в обработке.

2. Определяем результирующую силу P_p , которая стремится повернуть деталь в цанге:

$$P_p = \sqrt{P^2 + P_o^2}, \quad (2)$$

где P_o – суммарное осевое усилие, действующее на обрабатываемый материал от резцов и осевого инструмента (сверла).

3. Определяем необходимую силу сжатия лепестков цанги:

$$W\mu_1 > P_p, \quad (3)$$

где W – суммарная сила зажима прутка, распределенная на поверхности зажима; $W\mu_1$ – окружное усилие, передаваемое зажимной цангой; μ – коэффициент трения между материалом и цангой. Можно принимать следующие значения коэффициента μ_1 : гладкие губки 0,25; губки с пониженной за счет кольцевых канавок площадью зажима 0,3–0,35; губки с насечкой крест-накрест 0,45–0,5; губки с острым зубом при возможности врезания в металл 0,8–1 и более.

Величину силы зажатия цанги W необходимо умножить на коэффициент запаса $m = 1,2–1,5$:

$$W\mu_1 = mP_p.$$

Тогда

$$W = mP_p / \mu_1. \quad (4)$$

Для большей надежности расчета рекомендуется производить проверку полученного результата по мощности станка:

$$W\mu_1 \geq 716200[N\eta/(n_{\text{ш}}rq)], \quad (5)$$

где η – к. п. д. привода; N – мощность станка; $n_{\text{ш}}$ – число оборотов шпинделя в минуту; r – радиус прутка; q – радиус шпинделей.

4. Определяем тяговое усилие Q_0 , которое необходимо приложить к зажимной трубе, чтобы обеспечить зажим материала.

$$Q_0 = W \operatorname{tg} (\Theta + \varphi), \quad (6)$$

где Θ – половина угла конуса цанги, $\Theta = 12\text{--}15^\circ$; φ – угол трения между цангой и шпинделем ($\mu_2 = \operatorname{tg} \varphi$).

Для шлифованных поверхностей цанги и шпинделя при относительно больших удельных давлениях принимают $\mu_2 \leq 0,2$.

Для цанг типа III с перпендикулярным торцом эта зависимость имеет вид

$$Q_0 = W / [\operatorname{ctg} (\Theta + \varphi) - \mu_2]. \quad (7)$$

5. Определяем необходимые усилия в зажимной муфте.

Сила Q_1 , действующая на зажимной муфте и направленная вдоль оси шпинделя, необходимая для создания осевой силы Q_0 , зависит от конструкции зажимной муфты. Для типовых конструкций рычажных муфт (рис. 1, а, б, в, г) можно вывести следующую зависимость:

$$Q_1 = Q_0 \operatorname{tg} (\beta_1 + \varphi_1) \frac{h + (a + r)\mu_2}{b \pm \operatorname{ctg} (\Theta + \varphi)}, \quad (8)$$

где Q_1 – сила на зажимной муфте, направленная вдоль оси шпинделя; β_1 – угол подъема конуса муфты; μ_2 , φ_1 – коэффициент трения и угол трения в механизме; h , b – плечи рычажков.

Знак «+» в знаменателе берется для конструкций с внешним конусом зажимной муфты, а знак «—» принимается для конструкций с внутренним конусом.

Для шариковой зажимной муфты имеются следующие соотношения:

$$Q_0 = Q_1 \frac{\sin(\gamma + 2\varphi) \sin(\beta + \varphi)}{\cos(\beta + 2\varphi) \cos(\gamma + \varphi)} \quad (9)$$

или

$$Q_0 = Q_1 \frac{\sin(\gamma + 2\varphi) \sin(\beta + \varphi)}{\cos(\gamma - \varphi) \cos \varphi}, \quad (10)$$

где углы γ и β обозначены на рис. 1, ∂ .

Дальнейшие этапы расчета зависят от того, является ли рассматриваемый механизм с силовым или жестким замыканием.

При силовом замыкании на усилия Q_1 или Q_0 рассчитывают весь механизм зажима (цангу, резьбу, рычаги и т. д.) и производят подбор необходимых параметров источника усилия зажима (диаметра пневмо- или гидроцилиндра, диаметра проволоки пружины и т. д.).

Напряжения во всех звеньях не должны превышать допустимых. Для звена, работающего на растяжение-сжатие,

$$\sigma_p = Q_0 / F \leq [\sigma_p], \quad (11)$$

где σ_p – фактическая величина напряжения; F – площадь поперечного сечения трубы, цанги и т. д.; $[\sigma_p]$ – допустимая величина напряжений при работе на растяжение-сжатие.

При расчете зажимных механизмов с приводом от механизмов с жестким замыканием производится оценка колебаний размеров обрабатываемого материала, а следовательно зажимных усилий.

Если цанга или другое звено рассчитано, исходя из нормальной силы зажима Q_0 , то при отклонении диаметра обрабатываемого материала в звеньях механизма возникает перенапряжение, вследствие чего слабое звено выходит из строя. Обычно таковым является зажимная цанга. Поэтому происходит либо поломка цанги при зажиме первых же прутков с верхними пределами допусков на диаметры, либо поломка от усталости после многократных перегрузок.

Следовательно, при расчете зажимных механизмов и отдельных его звеньев следует исходить из допусков на обрабатываемый материал и применять методы расчета, изложенные выше для кинематических цепей с жестким замыканием.

Расчет механизмов с жестким замыканием включает в себя следующие

этапы:

1. Составление принципиальной схемы механизма и назначение из конструктивных соображений габаритов всех звеньев.

При этом габариты некоторых звеньев определяются из конструктивных соображений и могут находиться в весьма незначительных пределах, но могут быть и такие звенья, размеры которых можно изменять в более широких пределах.

Выбирают материал звеньев (E ; R_d).

2. Определение величины деформации упругой системы под действием силы Q_0 .

Для заготовок с минимальными размерами деформация звеньев составляет

$$\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots, \quad (12)$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ – деформации цанги, зажимной трубы, гайки, собачек и т. д.

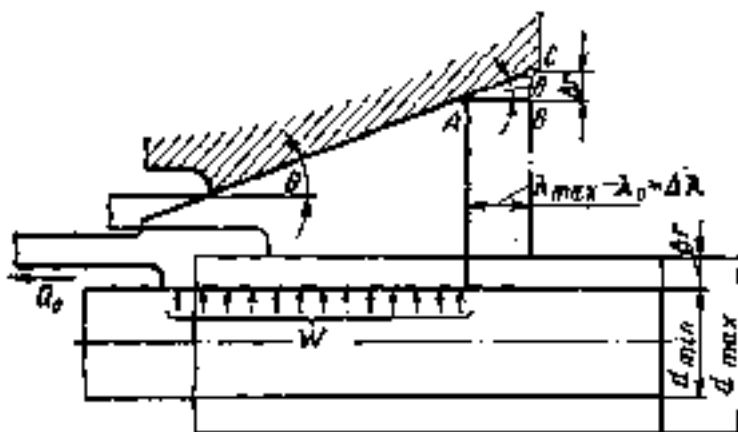


Рис. 2. Зависимость между допуском на диаметр прутка и приращением деформации

Деформация по цанге и трубе

$$\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 = \frac{Q_0 l_1}{EF_1} + \frac{Q_0 l_2}{EF_2} = \frac{Q_0}{E} \left(\frac{l_1}{F_1} + \frac{l_2}{F_2} \right), \quad (13)$$

где l_1 – длина деформируемой части цанги; l_2 – длина зажимной трубы;

$F_1; F_2$ – площади сечения цанги и трубы.

3. Определение величины приращения деформации жесткого звена (цангового механизма) $\Delta\lambda$ при зажиме заготовок с максимальным диаметром (рис. 2):

$$\Delta\lambda = \lambda_{\max} - \lambda_0 = \lambda_0 (K - 1), \quad (14)$$

где $\lambda_{\max}$ – деформация цанги при максимальном диаметре прутка $d_{\max}$; λ_0 – деформация цанги при минимальном диаметре прутка $d_{\min}$; K – коэффициент возрастания деформации или коэффициент возрастания усилий, зависящий от допуска на размер зажимаемого материала.

Из рис. 2 $\Delta r / \Delta\lambda = \operatorname{tg} \Theta$. Тогда зависимость между допуском Δd на диаметр прутка, деформацией звеньев и коэффициентом возрастания усилию имеет вид:

$$\Delta d = 2\Delta r = 2\Delta\lambda \operatorname{tg} \Theta, \quad (15)$$

$$\Delta d = 2\lambda_0 (K - 1) \operatorname{tg} \Theta, \quad (16)$$

$$\Delta d_{\max} = 2\lambda_0 (K_{\max} - 1) \operatorname{tg} \Theta. \quad (17)$$

Из формулы (17) следует, что чем больше деформация звеньев механизма при данном коэффициенте K , тем большие отклонения диаметра обрабатываемого материала допускает данный механизм.

Из формулы (17) можно сделать вывод, что если допуск на размер обрабатываемого прутка $\delta < \Delta d_{\max}$, то механизм работоспособен, все размеры выбраны правильно; если $\delta > \Delta d_{\max}$, то в механизме возможны поломки и необходимо изменять его конструктивные размеры, т. е. надо увеличить $\Delta d_{\max}$.

Отсюда можно установить основное правило при конструировании зажимных механизмов: в конструкцию зажимных механизмов необходимо вводить специальное звено, допускающее повышение деформации. Наличие такого звена обеспечивает надежный зажим при отклонении диаметра обрабатываемого материала и предотвращает перегрузку в звеньях механизма, в первую очередь в зажимных цангах. Введя специальное звено-буфер, допускающее

деформации в сравнительно больших пределах, для надежности расчета можно пренебречь деформациями других звеньев.

Формула (16) позволяет производить и проверочные расчеты по определению коэффициента K при заданном допуске прутка по формуле

$$K = [\Delta d / (2\lambda_0 \operatorname{tg} \Theta)] + 1. \quad (18)$$

При проектных расчетах допустимое значение Δd определяют при $K=3$ и $K=2$ и оценивают необходимость применения упругих звеньев.

Пример. Произведем проверочный расчет цангового зажимного механизма автомата 1261М, в котором используется цанга типа II и для ее осевого перемещения применима роликовая муфта с компенсационным звеном (пружинящая шайба).

При этом силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1900$ Н (190 кгс); суммарное осевое усилие $P_0 = 750$ Н (75 кгс); крутящий момент $M = 350$ Н·м (35 000 кгс·мм); диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

1. Определяем суммарное окружное усилие P , действующее на поверхности детали в цанге:

$$P = P_z \frac{r_i}{r} + \frac{M}{r} = 1900 \frac{12,5}{15} + \frac{35000}{15} = 3910 \text{ Н.}$$

2. Определяем результирующую силу:

$$P_p = \sqrt{P^2 + P_0^2} = \sqrt{3910^2 + 750^2} = 3980 \text{ Н.}$$

3. Определяем необходимую силу зажима прутка:

$$W = \frac{mP_p}{\mu_1} = \frac{1,5 \cdot 3980}{0,35} = 17060 \text{ Н.}$$

Принимаем $m = 1,5$ и $\mu_1 = 0,35$.

4. Определяем тяговое усилие Q_0 , которое необходимо приложить к зажимной трубе, чтобы обеспечить зажим материала:

$$Q_0 = W \operatorname{tg} (\Theta + \varphi) = 17060 \cdot 0,495 = 8440 \text{ Н.}$$

Угол $\Theta = 15^\circ$, $\operatorname{tg} \varphi = 0,2$, тогда $\varphi = 11^\circ 20'$.

5. Определяем величины деформаций упругих звеньев механизма,

а) Зажимная цанга

$$\lambda_1 = \frac{Q_0 l_1}{EF_1} = \frac{8440 \cdot 135}{2,10 \cdot 10^5 \cdot 840} = 0,00645 \text{ мм.}$$

Длина цанги $l_1 = 135$ мм.

Площадь поперечного сечения цанги $F_1 = 840 \text{ мм}^2$.

б) Зажимная труба

$$\lambda_2 = \frac{Q_0 l_2}{EF_2} = \frac{8440 \cdot 270}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 110} = 0,0099 \text{ мм.}$$

Длина трубы $l_2 = 270$ мм.

Площадь сечения трубы $F_2 = 110 \text{ мм}^2$.

в) Компенсатор

$$\lambda_3 = \frac{15,4 Q_0 r^3}{En^4 b h^3} = \frac{15,4 \cdot 8440 \cdot 125}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 81 \cdot 7,29 \cdot 12,5} = 0,105 \text{ мм,}$$

где r – средний диаметр выступов компенсатора, $r = 5$ мм; n – число изгибов (или число выступов с одной стороны компенсатора), $n = 3$; $b = (D_k - D_0)/2$, D_k и D_0 – диаметры компенсатора и его отверстия; h – толщина компенсатора, $n = 2,4$ мм.

Суммарная деформация звеньев зажимного механизма

$$\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 0,00645 + 0,0099 + 0,105 = 0,122 \text{ мм.}$$

При обеспечении такой суммарной деформации цанга может зажать прутки с допуском

$$\Delta d = 2\lambda_0 (K - 1) \operatorname{tg} \Theta.$$

Принимаем для всех звеньев механизма $K = 3$:

$$\Delta d = 2 \cdot 0,122 (3 - 1) \cdot 0,27 = 0,132 \text{ мм.}$$

Таким образом, расчеты показывают, что цанга может зажать прутки с допуском до 0,132 мм. Калиброванный материал диаметром 30 мм (по пятому классу точности) имеет допуск 0,28 мм.

Следовательно, при закреплении прутков с более широкими допуска-

ми (в частности, 0,28 мм) может произойти поломка слабого звена, так как силы закрепления возрастают:

$$K = \frac{\Delta d}{2\lambda_0 \operatorname{tg} \theta} + 1 = \frac{0,28}{2 \cdot 0,122 \cdot 0,27} + 1 = 5,25 \text{ раза.}$$

В действительности при таких перегрузках механизмы во многих случаях продолжают работать успешно. Объяснения этого явления следует искать в наличии контактных деформаций между звеньями зажимного механизма.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Произвести расчет механизмов зажима по индивидуальному заданию.

Вариант 1. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1800$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 800$ Н; крутящий момент $M = 350$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 2. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 2000$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 700$ Н; крутящий момент $M = 300$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 3. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 2100$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 900$ Н; крутящий момент $M = 400$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 4. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 2100$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 900$ Н; крутящий момент $M = 400$ Н·м; диаметр прутка $D = 40$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 30$ мм.

Вариант 5. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1600$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 600$ Н; крутящий момент $M = 200$ Н·м; диаметр прутка $D = 40$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 30$ мм.

Вариант 6. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1600$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 600$ Н; крутящий момент $M = 200$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 20$ мм.

Вариант 7. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1500$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 610$ Н; крутящий момент $M = 250$ Н·м; диаметр прутка $D = 25$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 20$ мм.

Вариант 8. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1800$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 800$ Н; крутящий момент $M = 360$ Н·м; диаметр прутка $D = 32$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 9. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 2100$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 700$ Н; крутящий момент $M = 300$ Н·м; диаметр прутка $D = 35$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 10. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1800$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 900$ Н; крутящий момент $M = 400$ Н·м; диаметр прутка $D = 35$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 30$ мм.

Вариант 11. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1800$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 900$ Н; крутящий момент $M = 300$ Н·м; диаметр прутка $D = 40$ мм;

диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 30$ мм.

Вариант 12. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1600$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 700$ Н; крутящий момент $M = 200$ Н·м; диаметр прутка $D = 40$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 30$ мм.

Вариант 13. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1600$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 650$ Н; крутящий момент $M = 250$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 20$ мм.

Вариант 14. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1550$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 630$ Н; крутящий момент $M = 260$ Н·м; диаметр прутка $D = 25$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 20$ мм.

Вариант 15. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1850$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 810$ Н; крутящий момент $M = 350$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 16. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 2050$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 760$ Н; крутящий момент $M = 320$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 17. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1900$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 900$ Н; крутящий момент $M = 410$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 18. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 2200$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 920$ Н; крутящий момент $M = 410$ Н·м; диаметр прутка $D = 40$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 30$ мм.

Вариант 19. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1700$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 620$ Н; крутящий момент $M = 210$ Н·м; диаметр прутка $D = 40$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 30$ мм.

Вариант 20. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1700$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 620$ Н; крутящий момент $M = 210$ Н·м; диаметр прутка $D = 30$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 20$ мм.

Вариант 21. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1700$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 630$ Н; крутящий момент $M = 270$ Н·м; диаметр прутка $D = 25$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 20$ мм.

Вариант 22. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1850$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 850$ Н; крутящий момент $M = 380$ Н·м; диаметр прутка $D = 34$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 25$ мм.

Вариант 23. Силы резания составляют: окружное усилие $P_z = 1700$ Н; суммарное осевое усилие $P_0 = 700$ Н; крутящий момент $M = 200$ Н·м; диаметр прутка $D = 25$ мм; диаметр, на котором действует окружное усилие P_z , $D_1 = 20$ мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>

2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 420 с. : ил. – Доп. УМО. – ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ШАРИКОВОГО ПЕРЕДАТОЧНОГО МЕХАНИЗМА

Цель: Ознакомление с методикой расчета ШМП.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
устройство, принцип работы шарикового передаточного механизма.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет шарикового передаточного механизма.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:
методика конструирования шарикового передаточного механизма.

Актуальность темы: Шариковый передаточный механизм (ШПМ) предназначен для передачи прямолинейного движения целевым механизмам автомата. Применение ШПМ позволяет значительно упростить конструкцию автомата за счет устранения плоских и пространственных многозвенных передаточных механизмов, которые заменяются трубопроводами. Распределительный вал при использовании ШПМ заменяется быстросменными оправками-валами длиной 150–200 мм, а это значительно сокращает время переналадки автомата и позволяет применять широкую унификацию обрабатываемых изделий, создавая магазины наладок. Актуальность данной темы определяется

необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В последнее время для передачи движения от кулачков распределительного вала к целевым механизмам автомата находят применение шариковые передаточные механизмы.

На рис. 1 показана принципиальная схема шарикового передаточного механизма, предложенного проф. Г. А. Шаумяном,

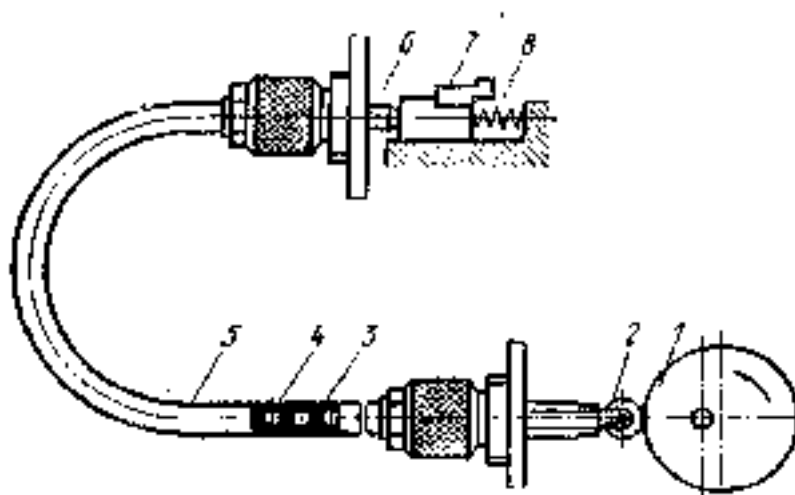


Рис. 1. Схема шарикового передаточного механизма ШПМ

Шариковый передаточный механизм ШПМ предназначен для передачи прямолинейного движения целевым механизмам автомата. Он состоит из двух толкателей 2 и 6, замыкающих цепочку шариков 4 и сферических втулок 3, расположенных в калиброванной трубке (трубопроводе) 5. Движение, сообщаемое одному толкателю 2 кулачком 1, передается через цепочку шариков и втулок другому толкателю 6, а им – исполнительному механизму 7. Пружина 8 служит для возврата исполнительного механизма в исходное положение.

Применение ШПМ позволяет значительно упростить конструкцию автомата за счет устранения плоских и пространственных многосвязных переда-

точных механизмов, которые заменяются трубопроводами. Распределительный вал при использовании ШПМ заменяется быстросменными оправками-валами длиной 150–200 мм, а это значительно сокращает время переналадки автомата и позволяет применять широкую унификацию обрабатываемых изделий, создавая магазины наладок.

Для ШПМ применяют шарики степени точности I и II, группы П (по ГОСТ 3722–60), диаметром 6,8 и 10 мм. В зависимости от диаметра применяемого шарика в трубопроводе к толкателю ШПМ можно приложить наибольшее допускаемое усилие соответственно 800, 1800 и 2500 Н.

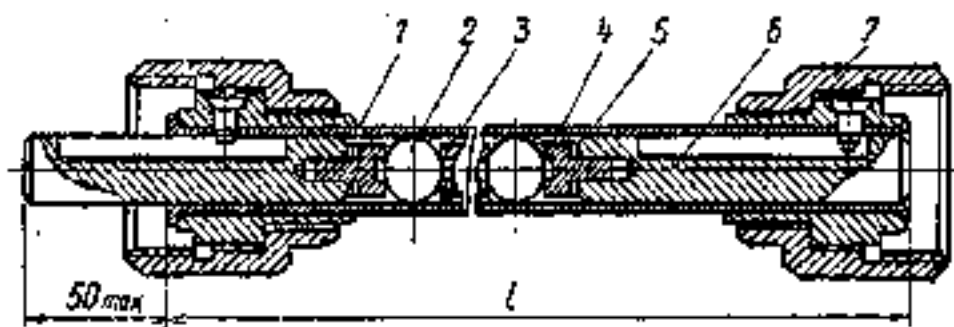


Рис. 2. Конструкция шарикового передаточного механизма (ШПМ):
1 – трубопровод, 2 – шарики, 3 – втулки, 4 – головка толкателя, 5 – регулировочная шайба, 6 – толкатель, 7 – установочный винт

Трубопровод выполняют из труб размерами 8×1 , 10×1 и 12×1 мм из латуни Л62. Сферические втулки обычно изготавливают из латуни ЛС59-1. На рис. 2 приведена конструкция ШПМ. Рабочий ход предварительно устанавливают подбором количества шариков 2 и втулок 3 и окончательно подгоняют регулировочными шайбами 5. Длину трубопровода 1 устанавливают в зависимости от расположения кулачка и исполнительного механизма; наибольшая длина трубопровода не превышает 2 м. Пространство между шариками и втулками заполняется консистентной смазкой ЦИАТИМ-201 или ЦИАТИМ-203. Ход толкателя должен быть плавным, без заеданий и рывков.

При конструировании ШПМ стремятся к уменьшению числа колен,

суммы их углов и суммарной длины прямых участков, а также к увеличению радиусов изгиба колен, так как при этих условиях увеличивается к. п. д. механизма. Угол каждого колена не должен, превышать 210° .

Минимально допустимый радиус изгиба трубопровода (рис. 3) $R_{\min} \geq 6d$ где d – диаметр шарика, а минимально допустимая длина прямого участка на конце трубопровода $l_{\min} \geq l_1 + 25$ мм, где l_1 – предельный рабочий ход механизма.

При расчете ШПМ определяют движущую силу Q , которая должна быть приложена к толкателю кулачка, величину погрешности перемещения исполнительного механизма ΔS , вызванную податливостью ШПМ за цикл работы, и производят проверку выбранных размеров трубопровода.

Для выполнения расчета необходимы следующие исходные данные:

а) схема трубопровода с указанием длины l прямых участков (мм), углов колен α (град) и радиусов изгиба колен R (мм) (для расчета пространственную схему трубопровода следует привести к плоской);

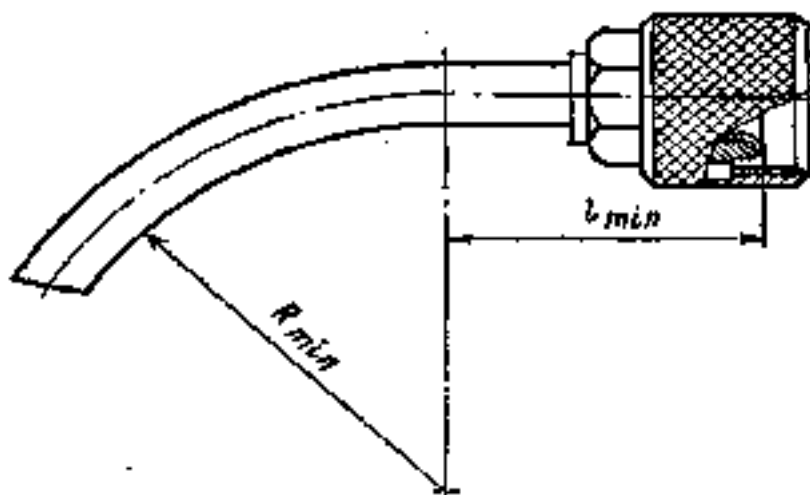


Рис. 3. Размеры элементов ШПМ

б) усилие P , необходимое для перемещения исполнительного механизма, Н;

в) допустимая величина погрешности перемещения исполнительного механизма ΔS_a , мм;

г) диаметр d шариков, мм.

1. Р а с ч е т д в и ж у щ е й с и л ы .

а) По графикам, приведенным на рис. 4 и 5, для каждого участка трубопровода находят значения коэффициентов возрастания осевых сил: $K_{\text{п}}$ – для прямых участков и $K_{\text{и}}$ – для колен.

б) Для каждого участка трубопровода определяют движущую силу:

для прямого

$$Q_{\text{п}} = K_{\text{п}} P_{\text{п}}; \quad (1)$$

для колена

$$Q_{\text{и}} = K_{\text{и}} P_{\text{и}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{п}}$, и $P_{\text{и}}$ – нагрузки соответственно на прямом участке и на колене.

Для первого участка трубопровода нагрузкой является заданное усилие P . Для всех последующих участков нагрузки $P_{\text{п}}$ и $P_{\text{и}}$ являются движущие силы $Q_{\text{п}}$ и $Q_{\text{и}}$ предыдущих участков. Искомое усилие Q равно движущей силе $Q_{\text{п}}$ последнего участка.

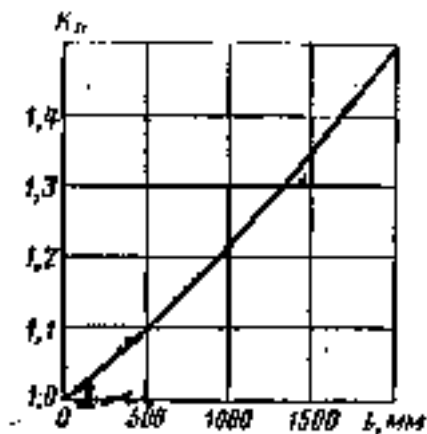


Рис. 4. Зависимость коэффициента $K_{\text{п}}$ от длины l

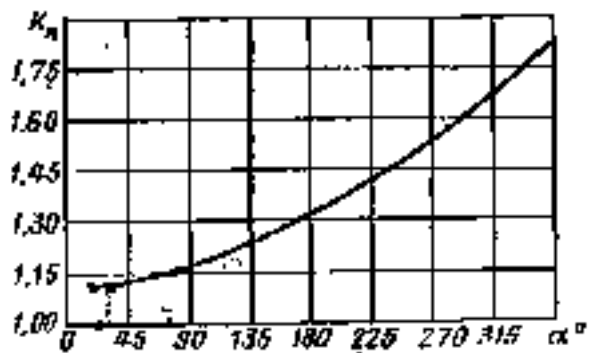


Рис. 5. Зависимость коэффициента $K_{\text{и}}$ от угла α изгиба ко-

в) По найденному усилию Q проверяют соответствие выбранного диаметра шарика требованиям по передаче наибольшего усилия: для $\varnothing$ 6–800 Н, для $\varnothing$ 8–1800 Н, для $\varnothing$ 10–2500 Н.

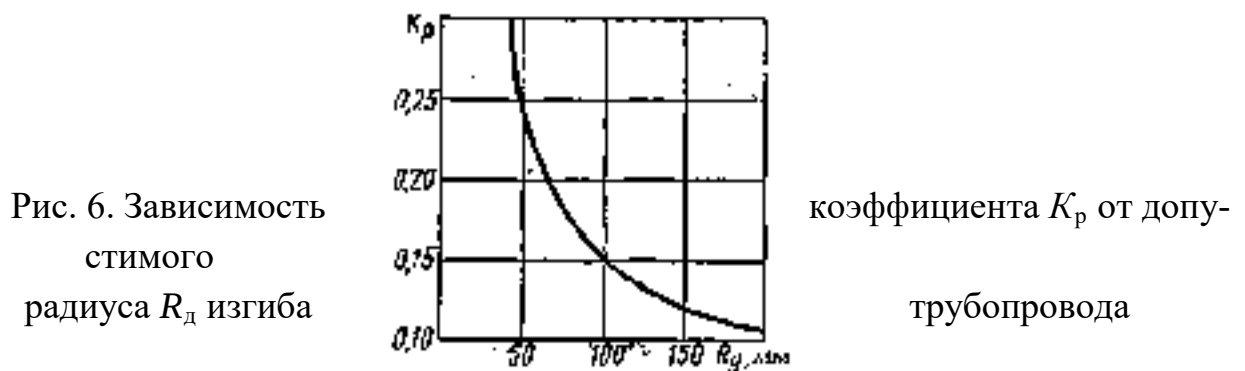
2. Проверка заданных радиусов изгиба колен.

а) Для каждого колена определяют значение коэффициента возрастания радиальных сил:

$$K_p = F / Q_n, \quad (3)$$

где F – допустимое значение радиальной силы, действующей на трубопровод. Для латунной трубки $F = 200$ Н.

б) По полученному значению коэффициента K_p для каждого колена находят значение допустимого радиуса R_d изгиба трубопровода по графику, приведенному на рис. 6.



Найденное значение R_d не должно превышать заданного радиуса R изгиба колена.

3. Определение величины погрешности ΔS перемещения исполнительного механизма, вызываемой податливостью ШПМ, за цикл работы:

$$\Delta S = CLP_3 \frac{K^2 - 1}{2K} + CL(P - P_3) \frac{K + 1}{2}, \quad (4)$$

где C – удельная податливость ШПМ, $1/\text{Н}$; L – общая длина трубопровода, мм; P_3 – усилие замыкающей (возвратной) пружины, Н; K – общий коэффициент возрастания осевых сил, равный произведению коэффициентов возрастания осевых сил отдельных участков трубопровода.

ШПМ с трубопроводом и втулками из латуни имеют следующие значения удельной податливости $1/\text{Н}$:

с шариками $\varnothing 5$ мм		$1,5 \cdot 10^{-6}$
» $\varnothing 8$ мм		$1,3 \cdot 10^{-6}$
» $\varnothing 10$ мм		$0,85 \cdot 10^{-6}$

Усилие P_3 замыкающей пружины выбирают в пределах $10 \div 50$ Н. Меньшее значение P_3 назначают в случае расположения трубопровода в вертикальной плоскости, а большие – в случае расположения трубопровода в горизонтальной плоскости.

Расчетная величина ΔS не должна превышать заданную допустимую величину ΔS_d . Если расчетная величина погрешности ΔS перемещения исполнительного механизма превышает заданную допустимую величину ΔS_d , то необходимо обеспечить работу механизма по жестким упорам или вместо латунных применить сферические втулки из стали 45, закаленные до $HRC = 40-45$ после обжата сферических поверхностей шариками рабочего диаметра (это позволяет снизить удельную податливость ШПМ в два раза); для трубопровода вместо латунных также нужно применить трубки из стали 10 (эта замена снижает величину удельной податливости приблизительно на $0,2 \cdot 10^{-6}$ 1/Н),

Пример. Рассчитаем ШПМ. Усилие, необходимое для перемещения исполнительного механизма, $P = 700$ Н. Допускаемая величина погрешности перемещения исполнительного механизма $\Delta S_d = 1$ мм. Диаметр шариков привода принят $d = 10$ мм.

Схема трубопровода ШПМ приведена на рис. 7

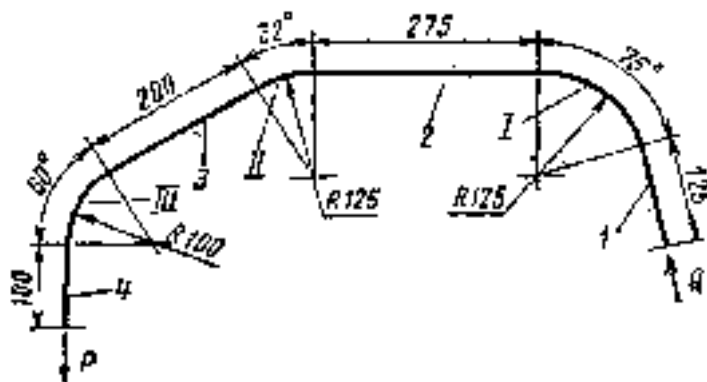


Рис. 7. Схема трубопровода для расчета ШПМ

1. По графикам (рис. 6 и 7) для каждого участка трубопровода находим значения коэффициентов $K_{\text{п}}$ и $K_{\text{и}}$ возрастания осевых сил:

для прямого участка 1

$$K_{\text{п1}} = 1,023;$$

для колена I

$$K_{\text{и1}} = 1,17;$$

для прямого участка 2

$$K_{\text{п2}} = 1,052;$$

для колена II

$$K_{\text{иII}} = 1,13;$$

для прямого участка 3

$$K_{\text{п3}} = 1,04;$$

для колена III

$$K_{\text{иIII}} = 1,15;$$

для прямого участка 4

$$K_{\text{п4}} = 1,02;$$

По формулам (1) и (2) для каждого участка трубопровода определяем значение движущих сил $Q_{\text{п}}$ и $Q_{\text{и}}$ (в Н):

для прямого участка 1

$$Q_{\text{п1}} = K_{\text{п1}} P = 1,023 \cdot 700 = 716;$$

для колена I

$$Q_{\text{и1}} = K_{\text{и1}} Q_{\text{п1}} = 1,17 \cdot 716 = 838;$$

для прямого участка 2

$$\Delta Q_{\text{п2}} = K_{\text{п2}} Q_{\text{и1}} = 1,052 \cdot 838 = 882;$$

для колена II

$$Q_{\text{иII}} = K_{\text{иII}} Q_{\text{п2}} = 1,13 \cdot 882 = 997;$$

для прямого участка 3

$$Q_{п3} = K_{п3} Q_{иII} = 1,04 \cdot 997 = 1037;$$

для колена *III*

$$Q_{иIII} = K_{иIII} Q_{п3} = 1,15 \cdot 1037 = 1192;$$

для прямого участка 4

$$Q_{п4} = K_{п4} Q_{иIII} = 1,02 \cdot 1232 = 1220.$$

Искомое усилие $Q = Q_{п4} = 1220$.

Усилие $Q = 1220$ Н допускается при использовании трубопровода с диаметром шарика $d = 10$ мм.

2. По формуле (3) для каждого колена определяем значение коэффициента K_p возрастания радиальных сил:

для колена *I*

$$K_{pI} = F / Q_{иI} = 200 / 838 = 0,238;$$

для колена *II*

$$K_{pII} = F / Q_{иII} = 200 / 997 = 0,2;$$

для колена *III*

$$K_{pIII} = F / Q_{иIII} = 200 / 1192 = 0,167.$$

По графику (рис. 6) находим допускаемые значения радиусов изгиба трубопровода в зависимости от коэффициентов K_p :

для колена *I*

$$R_{дI} = 50 \text{ мм};$$

для колена *II*

$$R_{дII} = 63 \text{ мм};$$

для колена *III*

$$R_{дIII} = 87 \text{ мм}.$$

Найденные значения R_d меньше принятых радиусов колен. Следовательно, значения R приняты правильно.

3. По формуле (4) определяем величину погрешности перемещения исполнительного механизма, вызываемую податливостью ШПМ за цикл работы. Пред-

варительно определяем значение общего коэффициента возрастания осевых сил:

$$K = K_{п1} K_{и1} K_{п2} K_{и11} K_{п3} K_{и111} K_{п4} = 1,023 \cdot 1,17 \cdot 1,052 \cdot 1,13 \cdot 1,04 \cdot 1,15 \cdot 1,02 = 1,74.$$

Общая длина трубопровода

$$L = l_1 + l_{11} + l_2 + l_{111} + l_3 + l_{1111} + l_4 = 125 + 165 + 275 + 70 + 200 + 105 + 100 = 1040 \text{ мм.}$$

Подставляем значения K и L в формулу (4):

$$\Delta S = 0,85 \cdot 10^6 \cdot 1040 \cdot 50 \frac{1,74^2 - 1}{2 \cdot 1,74} + 0,85 \cdot 10^{-6} \cdot 1040 (700 - 50) \frac{1,74 + 1}{2} = 0,81 \text{ мм.}$$

Так как расчетная величина $\Delta S = 0,81$ мм не превышает заданную допускаемую величину $\Delta S_d = 1$ мм, то проверяемый ШПМ обеспечит необходимую точность перемещения исполнительного механизма.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Произвести расчет автомата с помощью изученного метода ШМП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>
2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 420 с. : ил. — Доп. УМО. — ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

МЕТОДИКА ВЫБОРА (РАСЧЕТА) СИЛОВЫХ ГОЛОВОК

Цель: Ознакомление с методикой выбора силовых головок.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: классификация силовых головок; гидравлические, пневмогидравлические и механические силовые головки, устройство и принцип действия.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: расчет силовых головок.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методика выбора силовых головок.

Актуальность темы: Силовые головки являются унифицированными узлами агрегатных станков. Они сообщают режущим инструментам главное (вращательное) движение, подачу и быстрое движение подвода и отвода. По технологическому назначению их подразделяют на сверлильные, расточные, резьбонарезные, фрезерные. Головки большинства конструкций позволяют выполнять ряд операций. Актуальность данной темы определяется необходимостью изучения составляющих частей и способов автоматизации процессов.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Силовые головки предназначены для сообщения режущим инструментам главного вращательного движения и движения продольной подачи. Они являются основными исполнительными механизмами агрегатных станков и автоматических линий.

По конструкции и назначению создано большое количество различных силовых головок. С помощью силовых головок можно производить токарные, фрезерные, сверлильные, расточные, резьбонарезные, шлифовальные и другие операции.

Для привода главного движения (вращательного) в силовых головках обычно применяют электродвигатели, а для привода подачи – кулачки, винтовые передачи, цилиндры (пневматические, гидравлические и пневмогидравлические).

Классификация силовых головок по виду привода подач приведена на рис. 1.

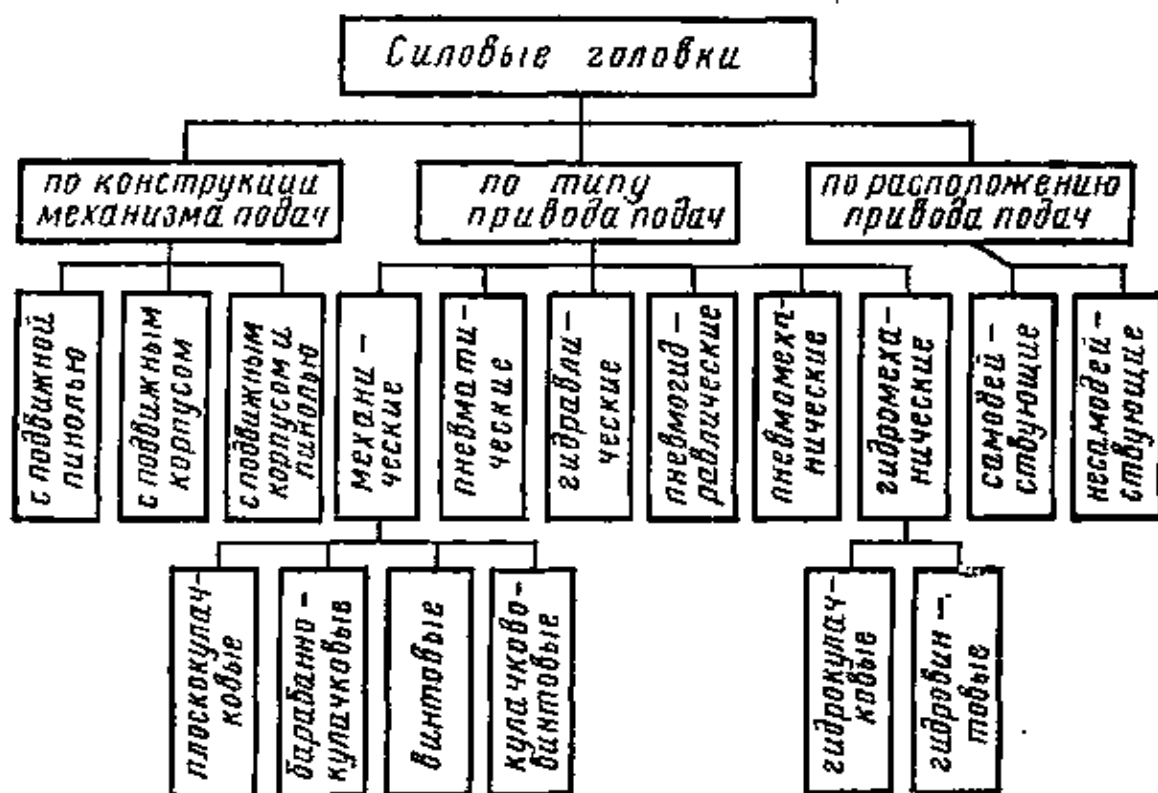


Рис. 1. Классификация силовых головок по типу привода подач

По конструкции механизма подачи головки выполняется с подвижной пинолью и подвижным корпусом. Подачу инструмента перемещением пиноли обычно используют в головках малых и средних мощностей (не выше 1,5 кВт), что обеспечивает удобный подход инструмента к обрабатываемой детали. Силовые головки средних и больших мощностей выполняют с подвижным корпусом, что обеспечивает более жесткое направление инструментам.

В зависимости от расположения привода подач силовые головки могут

быть самодействующими и несамодействующими.

В самодействующих силовых головках как привод вращения шпинделя, так и привод подач встроены в головку. В несамодействующих головках привод подач расположен вне головки и силовая головка обычно устанавливается на силовом столе, который подключается к насосной станции станка или имеет самостоятельный привод.

Силовые головки могут работать с различными циклами, например: а) быстрый подвод – рабочая подача (одна или две) – быстрый отвод; б) быстрый подвод – рабочая подача – быстрый подвод – рабочая подача – быстрый отвод и др.

Силовые головки в значительной степени определяют производительность, надежность и точность работы агрегатных станков и автоматических линий.

Поэтому силовые головки, применяемые в агрегатных станках и автоматических линиях, должны автоматически и точно выполнять заданный цикл работы; иметь достаточную жесткость конструкции головки при различных режимах обработки; обладать высокой надежностью, возможностью быстрого устранения возникающих отказов и простотой обслуживания.

При компоновке агрегатных станков и автоматических линий наибольшее применение получили гидравлические, пневмогидравлические и механические силовые головки.

Гидравлические силовые головки. Гидравлические силовые головки получили наиболее широкое применение в агрегатных станках и автоматических линиях. Это объясняется значительными их преимуществами по сравнению с головками других типов. Гидравлические силовые головки рассчитаны для выполнения как легких, так и тяжелых работ.

Гидравлические механизмы подач позволяют легко автоматизировать работу головок – сложные циклы движений осуществляются сравнительно просто, без помощи каких-либо специальных устройств. Это обеспечивает про-

стоту конструкции головки.

В гидравлическом приводе подач отсутствуют сильно нагруженные пары, подверженные быстрому износу (винты, гайки, муфты и т. д.). Этот привод имеет широкий диапазон выбора подач, возможность получать значительные усилия подач, величина которых поддается точной регулировке. Защита механизма от перегрузок решается относительно легко путем использования предохранительного клапана, просто осуществляются обратный ход, точный останов, работа по жесткому упору.

По способу регулирования подачи гидроприводы головок делят на приводы с дроссельным и объемным регулированием.

На рис. 2 приведена самодействующая силовая головка габарита 3. Следует отметить, что головки габаритов 2 и 4 имеют такую же конструкцию.

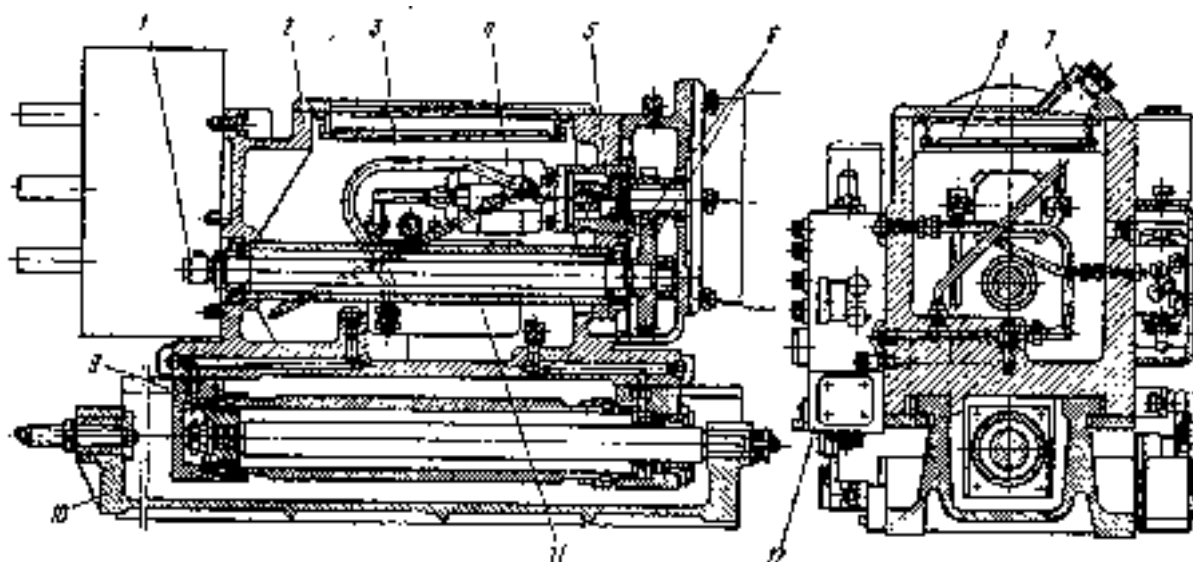


Рис. 2. Самодействующая гидравлическая силовая головка габарита

Головка (рис. 2) многошпиндельная; на переднем конце приводного вала устанавливается шестерня, которая зацепляется с приводной шестерней шпиндельной коробки. Приводной вал 1 получает вращение от электродвигателя через пару зубчатых колес 6. Корпус 2 головки перемещается по направляющей плите 10 от гидроцилиндра подачи 9. Гидроцилиндр соединен с корпу-

сом головки, а шток – с направляющей плитой. Малогабаритный пластинчатый насос 4 расположен в полости 3, являющейся резервуаром для масла. Гидро-насос приводится во вращение через упругую муфту с резиновой звездочкой 5 от вала электродвигателя; масло заливается через отверстие 7 с сетчатым фильтром 8. Для предупреждения вытекания масла из полости 3 через подшипники приводного вала он защищен трубкой 11 с уплотняющими резиновыми кольцами.

Управление циклом работы головки производится кулачками, закрепленными в Т-образных пазах направляющей плиты и непосредственно воздействующими на рычаг переключения гидропанели 12 (гидравлические упоры управления), либо посредством переключения электромагнитов, включаемых конечными выключателями, на которые воздействуют соответствующие кулачки (электрические упоры управления). Количество и расположение упоров управления зависят от требуемого цикла работы головки.

Пневмогидравлические силовые головки. Пневмогидравлические головки получили применение при выполнении сравнительно нетяжелых работ. Мощность двигателя обычно не превышает 3 кВт, а усилие подачи – не более 9000 Н.

Пневмогидравлический привод несложен по конструкции – в нем отсутствуют насосная станция и часть гидроаппаратуры, применяемой в гидравлических приводах. Перемещение поршня привода подач осуществляется воздухом, а скорость перемещения регулируется маслом вытесняемым поршнем из цилиндра. Питание привода сжатым воздухом производится от цеховой сети. Регулирование величины подачи производится с помощью дроссельного устройства. Следует отметить, что температура масла в гидросистеме головки остается всегда постоянной, поэтому подача в процессе работы остается стабильной.

Пневмогидравлические головки обычно выполняют с выдвижной пинолью, но в некоторых случаях корпус головки может перемещаться по специ-

альным направляющим.

На рис. 3 показана пневмогидравлическая схема головки ГС-2М. Головка применяется для одно- и многошпиндельной обработки отверстий сверлами, зенкерами, развертками. С использованием насадок и устройств на головке могут выполняться операции глубокого сверления, растачивания и легкого фрезерования.

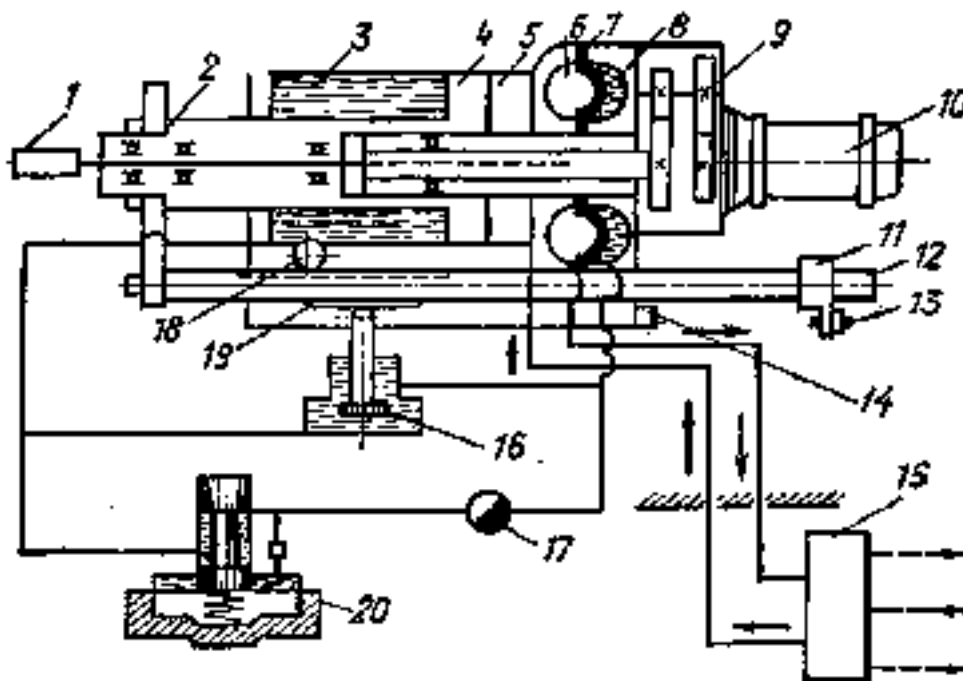


Рис. 3. Пневмогидравлическая силовая головка ГС-2М

Вращение шпинделя 1 головки осуществляется через редуктор 9 от электродвигателя 10 мощностью 1,7 кВт. Подача в головке осуществляется сжатым воздухом от заводской, компрессорной станции.

Шпиндель 1 установлен в пиноли 2, которая составляет одно целое с поршнем 4 привода подачи. При перемещении пиноли вперед в полость 5 подается сжатый воздух из сети через воздухораспределительный клапан 15. Масло, находящееся в полости 3 переходит в полость 8, отделенную от полости 6 эластичной тонкостенной резиновой диафрагмой 7. Включением рабочего хода управляют упоры, расположенные на скалке 12, которая перемещается вместе с пинолью 2. При ускоренном подводе клапан 16 открыт, так

как его стержень находится на шпонке 19, закрепленной на скалке 12, и масло имеет возможность через большое проходное отверстие клапана 16 поступать из полости 3 в полость 8. По окончании быстрого подвода стержень клапана 16 сходит со шпонки и клапан закрывается под действием пружины, масло из полости 3 в полость 8 перетекает через редукционный клапан 20 и дроссель 17, сообщая рабочую подачу пиноли 2 и шпинделю 1. Величина рабочей подачи регулируется дросселем 17.

При быстром ходе назад сжатый воздух подается в полость 6 и масло, находящееся в полости 8, выдавливается в полость 3 рабочего цилиндра, при этом под давлением масла клапан 16 открывается. Это происходит в конце прямого хода, когда регулируемый упор 11 винтом 13 нажимает на конечный выключатель 14, который подает импульс на переключение клапана 15. Зубчатое колесо 18 предназначено для перемещения пиноли вручную.

Механические силовые головки. В механических силовых головках используют кулачковые и винтовые приводы подач. Величина подачи устанавливается сменой зубчатых колес гитары; она не зависит от температурных условий и является постоянной. Механический привод обладает большими преимуществами при нарезании резьб, когда требуется соответствие величины подачи и числа оборотов шпинделя. Кулачковый привод используют для силовых головок, имеющих малый ход и мощность до 2 кВт. Все головки средней и большой мощности при электромеханической подаче выполняют винтовыми.

П л о с к о к у л а ч к о в ы е г о л о в к и применяют для выполнения сверлильных и резьбонарезных операций, а также для легкого фрезерования; мощность их электродвигателей в пределах 0,4 – 2,8 кВт; общий ход, инструмента 35 – 75 мм при длительности цикла 5 – 30 с. Эти головки имеют небольшие габариты.

Б а р а б а н н о - к у л а ч к о в ы е г о л о в к и применяют для выполнения более тяжелых работ, чем плоскокулачковые. Конструктивно выполняются как с подвижной пинолью, так и с перемещающимся корпусом.

Силовые головки с винтовым приводом подач применяют для выполнения сверлильных, расточных, фрезерных и резьбонарезных операций. Их проектируют как с перемещающимся корпусом, так и с подвижной пинолью. Мощность электродвигателя главного привода находится в пределах 0,6 – 15 кВт и выше.

Методика выбора (расчета) силовых головок. Агрегатные станки и автоматические линии komponуют из заранее изготовленных взаимозаменяемых нормализованных узлов и деталей. Поэтому силовые головки: как унифицированные узлы, при проектировании агрегатных станков и линий подбирают по типоразмерам, исходным данным режимов обработки, затрачиваемой мощности, величине рабочих перемещений и т. д.

При выборе типоразмера силовых головок необходимо учитывать, что при обработке деталей на автоматических линиях, специальных и специализированных станках целесообразно применять силовые головки одного типа и вида привода, если это допускает технологический процесс обрабатываемой детали.

При этом необходимо определить режимы резания: глубину резания t (мм), ширину обработки B (мм), подачи s_z (мм/зуб), s_0 (мм/об) и s_m (мм/мин), число оборотов n (об/мин), скорость резания v (м/мин), стойкость режущего инструмента, а также усилие резания P , крутящий момент $M_{кр}$ и эффективную мощность N , по каждой операции в отдельности.

Пример. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 12$ мм на глубину $l = 45$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Режимы резания выбираем согласно нормативам.

1. Осевая подача на один оборот сверла s_0 ; карта С-2, стр. 112 [24]; при отношении $l/d = 4 ÷ 8$ — $s_0 = 0,3$ мм/об.

2. Стойкость режущего инструмента T_p ; карта С-3, стр. 114 [24]. Для сверла $d = 12$ мм при условии, что одновременно обрабатываются четыре отверстия, $T_p = 100$ мин.

3. Скорость резания v . Карта С-4, стр. 118, 119 [26].
Определяется по формуле

$$v = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3,$$

где $v_{\text{табл}}$ – значение скорости резания; K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала; K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента; K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру.

Для $d = 12$ мм и $s_0 = 0,3$ мм/об $v_{\text{табл}} = 18$ м/мин. Для серого чугуна НВ 170 ÷ 229 $K_1 = 1,0$.

При обработке сверлами из быстрорежущей стали и стойкости $T_p = 100$ мин $K_2 = 1,0$; при соотношении l/d до 5 $K_3 = 1,0$.

Таким образом, выбираем скорость резания $v = 18$ м/мин.

4. Числа оборотов сверл в минуту

$$n = \frac{1000v}{(\pi d)} = \frac{1000 \cdot 18}{(\pi \cdot 12)} = 475 \text{ об/мин.}$$

Следовательно, многошпиндельная насадка должна обеспечивать вращение шпинделей с числом оборотов $n = 475$ об/мин.

5. Минутная подача

$$s_m = s_0 n = 0,3 \cdot 475 = 143 \text{ мм/мин.}$$

6. Суммарная осевая сила резания $P_{\text{общ}}$. Карта С-5, стр. 124, 126 [24].
Осевая сила на одно сверло определяется по формуле

$$P_0 = P_{\text{табл}} K_p,$$

где K_p – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

Для $d = 12$ мм и $s_0 = 0,3$ мм/об $P_{\text{табл}} = 2600$ Н. Для серого чугуна НВ 170 ÷ 229 $K_p = 1,0$.

Следовательно, $P_0 = 2600$ Н. Тогда суммарная осевая сила при обработке четырьмя сверлами составит:

$$P_{\text{общ}} = P_0 \cdot 4 = 2600 \cdot 4 = 10400 \text{ Н.}$$

7. Суммарная мощность резания. Карта С-6, стр. 126, 127, 128 [24].

Мощность резания на одно сверло определяется по формуле

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} K_N (n/1000) \text{ кВт,}$$

где K_N – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

Для $d = 12 \text{ мм}$ и $s_0 = 0,3 \text{ мм/об}$ $N_{\text{табл}} = 1,2 \text{ кВт}$.

При обработке серого чугуна HB 170 ÷ 229 $K_N = 1,0$:

$$N_{\text{рез}} = 1,2 \cdot 1,0 (475/1000) = 0,57 \text{ кВт.}$$

Тогда суммарная мощность резания при обработке четырьмя сверлами составит

$$N_{\text{сум}} = N_{\text{рез}} \cdot 4 = 0,57 \cdot 4 = 2,28 \text{ кВт.}$$

8. Необходимая мощность электродвигателя головки. Карта С-1, стр. 108 [24].

При выборе силовой головки по мощности должно соблюдаться условие $N_{\text{сум}} \leq 1,2 N_{\text{дв}} \eta$, где η – к. п. д. силовой головки.

Кроме того, в самодействующих силовых головках часть мощности электродвигателя затрачивается на привод гидравлического насоса.

В самодействующих силовых головках наибольшая мощность, потребная на привод насоса подачи, составляет: габарит 2 $N_{\text{н}} = 0,5 \text{ кВт}$; габарит 3 $N_{\text{н}} = 0,7 \text{ кВт}$.

Тогда мощность двигателя самодействующей силовой головки

$$N_{\text{дв}} = N'_{\text{дв}} + N_{\text{н}};$$

$$N'_{\text{дв}} = N_{\text{сум}} / (1,2\eta) = 2,28 / (1,2 \cdot 0,8) = 2,2 \text{ кВт.}$$

Таким образом, силовая головка должна соответствовать следующим техническим условиям:

1. Мощность двигателя $N_{\text{дв}} = 2,2 + N_{\text{н}} \text{ кВт}$.
2. Наибольшее осевое усилие подачи $P_{\text{сум}} = 10400 \text{ Н}$.
3. Минутная подача $s_{\text{м}} = 143 \text{ мм/мин}$.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Произвести расчет силовых головок изученным способом по индивидуальным заданиям.

Вариант 1. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 10$ мм на глубину $l = 45$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 2. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 10$ мм на глубину $l = 20$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 3. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 12$ мм на глубину $l = 45$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 4. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 14$ мм на глубину $l = 20$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 5. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 10$ мм на глубину $l = 15$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 6. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 10$ мм на глубину $l = 10$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 4. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 12$ мм на глубину $l = 35$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 8. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей

Вариант 25. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 20$ мм на глубину $l = 45$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

Вариант 26. Рассмотрим выбор типоразмера гидравлической самодействующей силовой головки, которая используется в автоматической линии для обработки корпусной детали. Материал детали – серый чугун НВ 170 ÷ 229. Необходимо просверлить одновременно четыре отверстия диаметром $d = 16$ мм на глубину $l = 20$ мм; материал сверл – быстрорежущая сталь Р18.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунина Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Бакунина Т.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86613.html>

2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : Изготовление деталей и сборка изделий : учебник для студентов, обучающихся по напр. "Конструк.-технолог. обеспечение машиностроит. производств" / [Ю. З. Житников и др.] ; Под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 420 с. : ил. — Доп. УМО. — ISBN 975-5-94178-217-8; 621 А 22

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Цель работы: определение основных параметров пневматического привода технологической оснастки.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные параметры пневматических цилиндров, методика определения основных параметров пневмоцилиндров.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Определять основные параметры пневматических цилиндров.

Актуальность темы: Пневматические цилиндры широко используются в машиностроении для автоматизации производственных процессов. Поэтому актуальной является задача изучения и практического применения методики расчета технологической оснастки с пневматическим приводом.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Расчет и подбор пневмоцилиндра рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1. **Определяем расчетный диаметр пневмоцилиндра** по требуемой технологической силе на штоке и ее направлению P_T

$$D_p = k \sqrt{\frac{P_T}{p \cdot \eta}}, \quad (1)$$

где D_p – расчетный диаметр пневмоцилиндра, мм;

k – коэффициент, учитывающий направление силы на штоке, для толкающей силы P_{T1} на штоке цилиндра коэффициент $k = 1,13$, а для тянущей силы P_{T2} на штоке цилиндра коэффициент $k = 1,165$;

P_T – требуемая технологическая сила на штоке (зажима детали, запрессовки, распрессовки и т. п.), Н;

p – давление сжатого воздуха в сети. МПа, обычно $p = 0,4 \dots 0,6$ МПа;

η – КПД пневмоцилиндра, $\eta = 0,85$.

Расчетный диаметр округляем по таблице 1 или по до ближайшего большего стандартного размера D .

Размеры пневмоцилиндров без торможения на удлиненных стяжках представлены на рисунке 1.

Сокращенные ряды хода штока L , мм: 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; (56); 63; (70); 80; 100; (110); 125; (140); 160; (180); 200; (220); 250; (280); 320 и т.

д.

Таблица 1 – Параметры пневматических цилиндров (ГОСТ 15608-81)

Параметры	Диаметр цилиндра, мм							
	32	50	80	100	125	160	200	250
Диаметр штока, мм	10	16	25	25	32	40	50	63
Ход штока, мм	10... 320	10... 500	10... 100; 180... 800	10... 1000	10... 1250	10... 1600	10... 2000	10... 2500

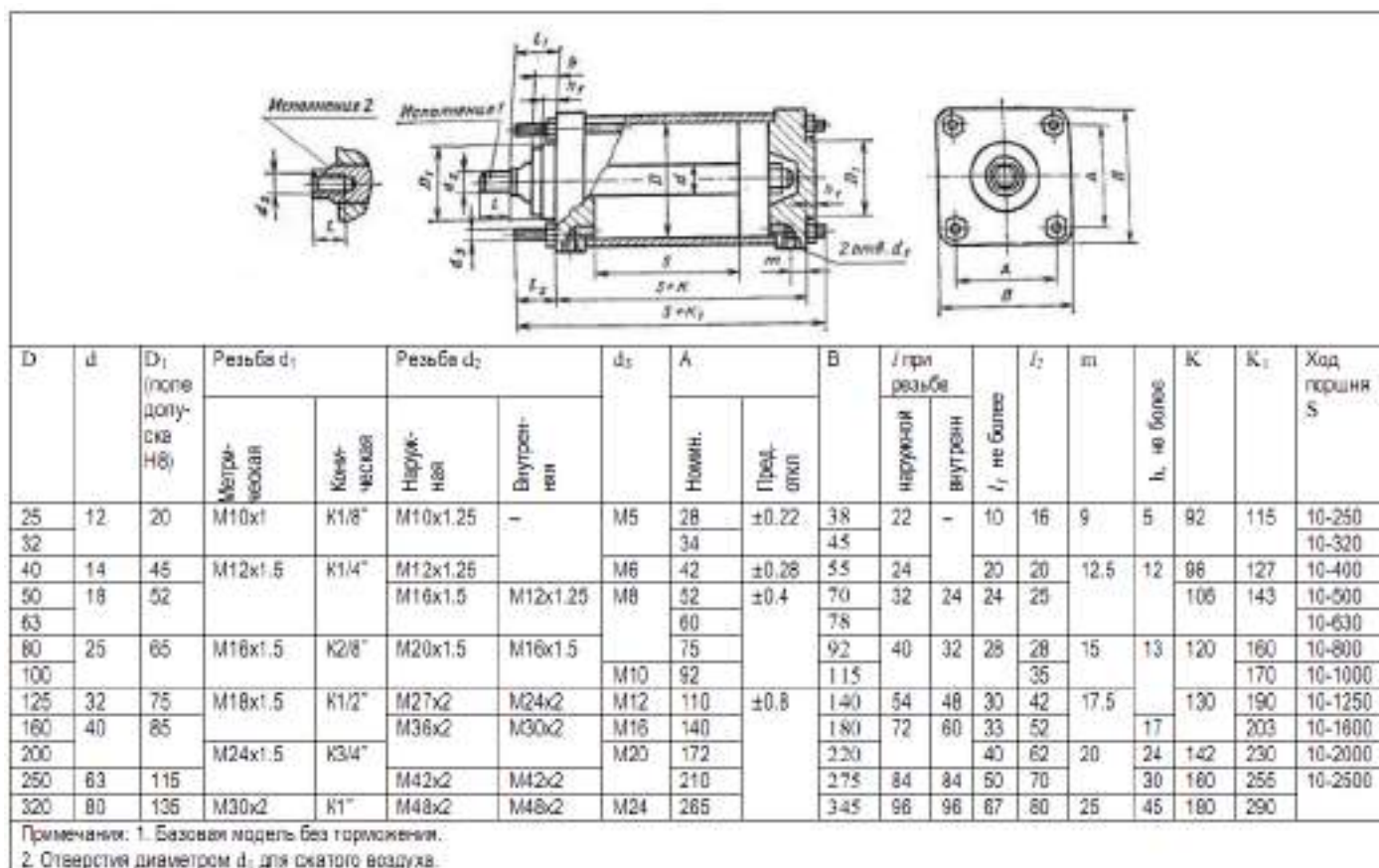


Рисунок 1 – Пневмоцилиндры без торможения, размеры

Пневмоцилиндры двустороннего действия обычно применяются в тех случаях, когда при зажиме и разжиме детали в приспособлении требуется большой рабочий ход штока и большая сила.

2. Определяем действующую силу на штоке пневмоцилиндра при рабочем ходе.

На рисунке 2 приведена расчетная схема сил на штоке пневмоцилиндра двустороннего действия в двух позициях: «Обратный ход» и «Прямой ход».

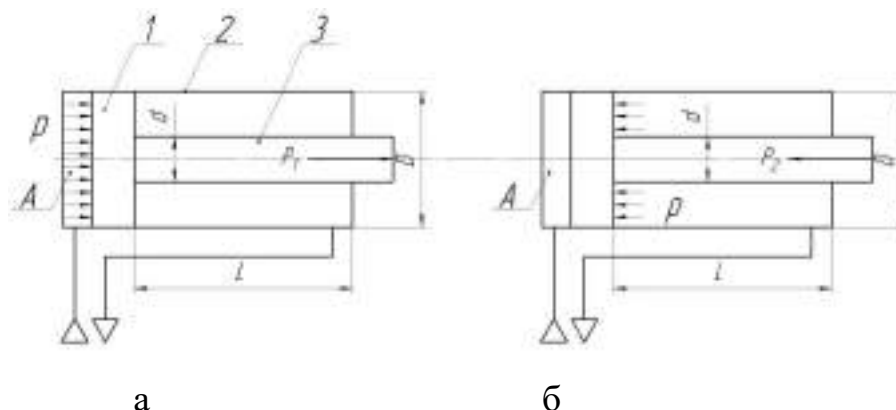


Рисунок 2 – К расчету силы на штоке пневмоцилиндра двустороннего действия в положениях рукоятки крана управления:

(а) – «Прямой ход» и (б) – «Обратный ход»

При установке рукоятки крана управления в положение «Прямой ход» (рисунок 2 а) сжатый воздух поступает в полость А пневмоцилиндра и происходит прямой ход штока 3. При этом осуществляется зажим детали или сборочной единицы в технологической оснастке. Воздух из штоковой полости гильзы 2 выталкивается в атмосферу через выхлопное отверстие.

Толкающую силу на штоке можно определить по формуле

$$P_1 = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (2)$$

где P_1 – толкающая сила на штоке, Н;

D – внутренний диаметр пневмоцилиндра, мм;

p – давление сжатого воздуха в сети, обычно $p = 0,4 \dots 0,6$ МПа;

η – КПД цилиндра, можно принять $\eta = 0,85 \dots 0,90$.

При переключении крана управления в положение «Обратный ход» (рисунок 2б) сжатый воздух поступает в штоковую полость гильзы 2. Под его действием поршень 1 и шток 3 перемещаются влево с тянущей силой P_2 . При этом происходит разжим детали или сборочной единицы, а поршень занимает крайнее левое положение. Воздух из полости A выходит в атмосферу через выхлопное отверстие крана управления (рисунок 2).

Тянущую силу P_2 на штоке можно определить по формуле

$$P_2 = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3)$$

где P_2 – тянущая сила на штоке, Н;

d – диаметр штока, мм.

Проверяется правильность выбора пневмоцилиндра. Необходимо, чтобы сила, развиваемая на штоке при рабочем ходе, была не менее требуемой технологической силы: $P_1 \geq P_T$ или $P_2 \geq P_T$.

Пневмоцилиндры на давление до 1 МПа по ГОСТ 15608-81 изготавливают следующих исполнений:

по способу торможения: 1 – без торможения; 2 – с торможением;

по выполнению конца штока: 1 – с наружной резьбой; 2 – с внутренней резьбой;

по присоединительной резьбе для подвода воздуха: 1 – с метрической резьбой; 2 – с конической резьбой.

3. Определяем условный диаметр и ведем подбор воздухопровода

Условный (внутренний) диаметр воздухопровода определяют исходя из требуемого времени срабатывания привода

$$d_o = \sqrt{\frac{D^2 \cdot L}{t_c \cdot v_g}}, \quad (4)$$

где d_o – внутренний диаметр воздухопровода, см;

D и L – диаметр цилиндра и длина хода поршня, см;

t_c – время срабатывания пневмопривода, обычно - 0,5...2,5 с;

v_g – скорость протекания воздуха в воздухопроводе в см/с, которая принимается равной 170...250 см/с.

Для подвода сжатого воздуха к пневмоприводам рекомендуется применять латунные (ГОСТ 494-90) и медные (ГОСТ 617-90) трубки с наружным диаметром 8, 10 и 12 мм и с толщиной стенки 1 мм.

Сортамент и примеры обозначений трубок приведены в соответствующих стандартах. Например, труба тянутая, холоднокатаная (Д), круглая (КР), нормальной точности (Н), полутвердая (П), наружным диаметром 12 мм и толщиной стенки 1 мм, кратной длины (КД) из латуни Л 63 обозначается в конструкторской документации: «Труба Д КР Н П 12×1 КД 1500 Л 63 ГОСТ 494-90».

4. Часовой расход сжатого воздуха.

Расход сжатого воздуха W в м³ за час работы пневмопривода с цилиндром двустороннего действия определяется по формуле

$$W = 0,785 \cdot (2D^2 - d)^2 \cdot L \cdot n, \quad (5)$$

где D – рабочий диаметр цилиндра, м;

d – диаметр штока цилиндра, м;

L – длина рабочего хода штока, м;

n – число рабочих ходов поршня в час, условно принимаем $n = 100$.

Пример выполнения работы.

Составить расчетную схему, выполнить расчет и подобрать для приспособления пневмоцилиндр двустороннего действия с толкающей технологической силой на штоке $P_T = 5000 \text{ Н}$ и ходом штока $L = 150 \text{ мм}$; рассчитать условный диаметр и подобрать воздухопровод; определить часовой расход сжатого воздуха.

Решение.

Пневмоцилиндры двустороннего действия обычно применяются в тех случаях, когда при зажиме и разжиме детали в приспособлении требуется большой

рабочий ход штока и большая сила. Расчет и подбор пневмоцилиндра выполняем в следующей последовательности:

1. Определяем расчетный диаметр пневмоцилиндра по требуемой технологической силе на штоке и ее направлению P_T

$$D_p = k \sqrt{\frac{P_T}{p \cdot \eta}},$$

где D_p – расчетный диаметр пневмоцилиндра, мм;

k – коэффициент, учитывающий направление силы на штоке, для толкающей силы P_{T1} на штоке цилиндра коэффициент $k = 1,13$, а для тянущей силы P_{T2} на штоке цилиндра коэффициент $k = 1,165$;

P_T – требуемая технологическая сила на штоке (зажима детали, запрессовки, распрессовки и т. п.), по заданию $P_T = 5000 \text{ Н}$;

p – давление сжатого воздуха в сети, МПа, принимаем $p = 0,5 \text{ МПа}$;

η – КПД пневмоцилиндра, принимаем $\eta = 0,85$.

$$D_p = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5000}{0,5 \cdot 0,85}} = 122,57 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр округляем по таблице 1 до ближайшего большего стандартного размера $D = 125 \text{ мм}$.

2. Определяем действующую силу на штоке пневмоцилиндра при рабочем ходе. На рис. 9.2 приведена расчетная схема сил на штоке пневмоцилиндра двустороннего действия в двух позициях: «Обратный ход» и «Прямой ход».

Толкающую силу на штоке определяем по формуле

$$P_1 = 0,785 \cdot D^2 p \eta,$$

где P_1 – толкающая сила на штоке, Н;

D – внутренний диаметр пневмоцилиндра, $D = 125 \text{ мм}$;

p – давление сжатого воздуха в сети, принимаем $p = 0,5 \text{ МПа}$;

η – КПД цилиндра, $\eta = 0,85 \dots 0,90$, можно принять $\eta = 0,85$.

$$P_1 = 0,785 \cdot 125^2 \cdot 0,5 \cdot 0,85 = 5212,89 H$$

Так как $5212,89 H > 5000 H$, то сила P_1 достаточная для зажима детали.

Принимаем по справочнику [3] стандартный пневмоцилиндр без торможения 1, на удлиненных стяжках 0, с наружной резьбой на конце штока 1, с метрической присоединительной резьбой 1, диаметром $D = 125$ мм и длиной хода $L = 150$ мм:

Пневмоцилиндр 1011 - 125 × 150 ГОСТ 15608 - 81.

3. Рассчитаем условный диаметр воздухопровода.

Определим внутренний диаметр воздухопровода по формуле

$$d_o = \sqrt{\frac{D^2 L}{t_c v_g}}, \text{ см,}$$

где D – диаметр цилиндра, $D = 12,5$ см;

L – длина хода поршня, $L = 15,0$ см;

t_c – время срабатывания пневмопривода, обычно оно равно $0,5...2,5$ с, принимаем $t_c = 2,0$ с;

v_g – скорость протекания сжатого воздуха в воздухопроводе в см/с, принимаем $v_g = 2000$ см/с.

$$d_o = \sqrt{\frac{12,5^2 \cdot 15,0}{2,0 \cdot 2000}} = 0,765 \text{ см.}$$

Принимаем $d_o = 8$ мм. Для нашего примера подходит труба из меди МЗ, тунная, мягкая (М), с наружным диаметром 10 мм и толщиной стенки 1 мм, немерной длины, которая обозначается: «Труба МЗ М 10×1 ГОСТ 617-90». Внутренний диаметр её составляет 8 мм.

4. Часовой расход сжатого воздуха пневмоцилиндром W , м³/ч,

$$W = 0,785 \cdot (2D^2 - d^2) \cdot L \cdot n ,$$

где D – рабочий диаметр цилиндра, $D = 0,125$ м;

d – диаметр штока цилиндра, $d = 0,032$ м;

L – длина рабочего хода штока, $L = 0,15$ м; n – число рабочих ходов поршня в час, условно принимаем $n = 100$.

$$W = 0,785 \cdot (2 \cdot 0,125^2 - 0,032^2) \cdot 0,15 \cdot 100 = 0,356 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выбрать исходные данные для расчета из таблицы 2.
2. Определить основные параметры пневматического привода технологической оснастки.
3. Оформить работу и сделать выводы.

Таблица 2 – Исходные данные и варианты расчетов

Вариант	1	2	3	4	5	6
P_{T1} , кН	1,2	3,6	5,5	8,0	9,0	1,2
L , мм	320	70	70	63	120	120
Вариант	7	8	9	10	11	12
P_{T2} , кН	2,45	3,7	5,6	10,0	16,0	23,0
L , мм	63	80	100	95	110	175
Вариант	13	14	15	16	17	18
P_{T1} , кН	20,5	15,0	7,5	5,1	3,2	2,0
L , мм	200	220	250	280	320	130
Вариант	19	20	21	22	23	24
P_{T2} , кН	21,2	9,9	5,5	4,9	2,4	1,4
L , мм	76	90	90	100	125	125
Вариант	25	26	27	28	29	30
P_{T1} , кН	5,9	2,5	3,10	4,8	4,9	5,0
L , мм	80	63	110	118	120	150

Примечание. P_{T1} – толкающая сила; L – ход штока; P_{T2} – тянущая сила.

1. Какие параметры влияют на расчетный диаметр пневмоцилиндра?
2. Как определить действующую силу на штоке пневмоцилиндра?
3. Какие исполнения пневмоцилиндров Вы знаете (по ГОСТ 15608-81)?
4. Как выполняется подбор воздухопровода к пневмоцилиндру?
5. От чего зависит расход сжатого воздуха пневмоцилиндром?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фаскиев, Р.С. Проектирование приспособлений : учебное пособие / Р.С. Фаскиев, Е.В. Бондаренко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 178 с.
2. Ющенко, Н.И. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технологическая оснастка для ремонта и обслуживания автомобилей» / Н.И. Ющенко, Н.С. Новоходский. - Издательство Северо-Кавказского государственного технического университета, Ставрополь. – 70 с.
3. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. – М.: Машиностроение, 2006. – 728 с., ил.
4. ГОСТ 15608-81. Пневмоцилиндры поршневые. Технические условия.
5. ГОСТ 617-90. Трубы медные. Технические условия.
6. ГОСТ 494-90. Трубы латунные. Технические условия.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Цель работы: Изучение устройства, принципа работы и определение основных параметров электрогидравлического привода технологической оснастки.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: устройство и принцип работы электрогидравлического привода, конструктивные параметры гидроцилиндра, характеристики гидронасосов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: выполнять расчет основных параметров и подбирать элементы электрогидравлического привода технологической оснастки с гидроцилиндром двустороннего действия.

Актуальность темы: Основной тенденцией развития современного ремонтного производства становится повышение степени автоматизации основных и вспомогательных технологических операций. Одним из способов решения этой задачи является применение электрогидравлических приводов. Поэтому актуальной является задача изучения устройства и принципа действия электрогидравлических приводов, а также освоения методики определения их основных параметров.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрогидравлические системы обладают следующими преимуществами по сравнению с электромеханическими приводами: малой инерционностью подвижных элементов; низкими массогабаритными показателями (в 3...10 раз меньше); высоким быстродействием и значительными развиваемыми усилиями; долговечностью работы привода за счет самосмазываемости узлов.

Наличие электрических устройств управления такими приводами облегчает их интеграцию с ЭВМ и расширяет область применения по сравнению с неэлектрифицированными гидравлическими системами управления.

Электрогидравлический привод технологической оснастки представляет собой установку (рисунок 1), состоящую из насосной станции 1, гидрораспределителя 5, гидроцилиндра 6 двустороннего действия и соединительных маслопроводов 7.

Насосная станция создает поток рабочей жидкости (масла) высокого давления для привода в движение штока гидроцилиндра и создания на нем необходимого усилия. Насосная станция выполнена в виде отдельного агрегата и включает в себя: гидробак 1 открытого типа, гидронасос 2 с приводом от электродвигателя М, фильтр 3 и предохранительный клапан 4, ограничивающий максимальное давление в напорной магистрали. Гидрораспределитель 5 управляет реверсом гидроцилиндра 6.

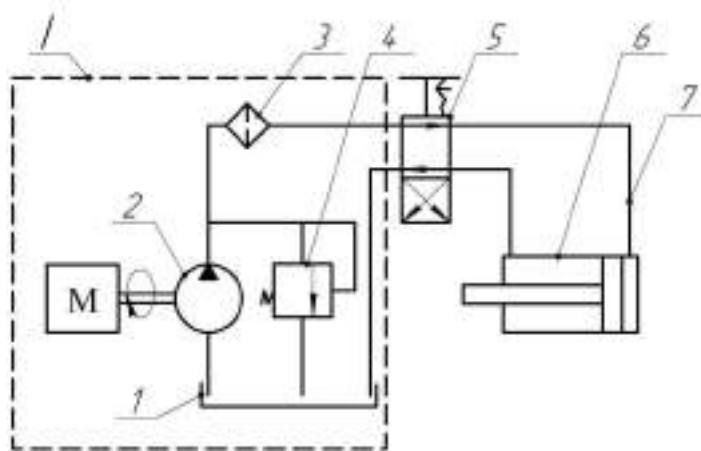


Рисунок 1 – Принципиальная схема электрогидравлического привода технологической оснастки с применением гидроцилиндра двустороннего действия

Гидроцилиндр 6 является самостоятельным узлом гидропривода, он предназначен для передачи толкающего или тянущего усилия зажимным устройствам технологической оснастки.

Основными деталями гидроцилиндра двустороннего действия (рисунок 2 а) являются: корпус 2, крышка 4 в сборе с уплотнительными деталями, поршень 1 в сборе со штоком 3.

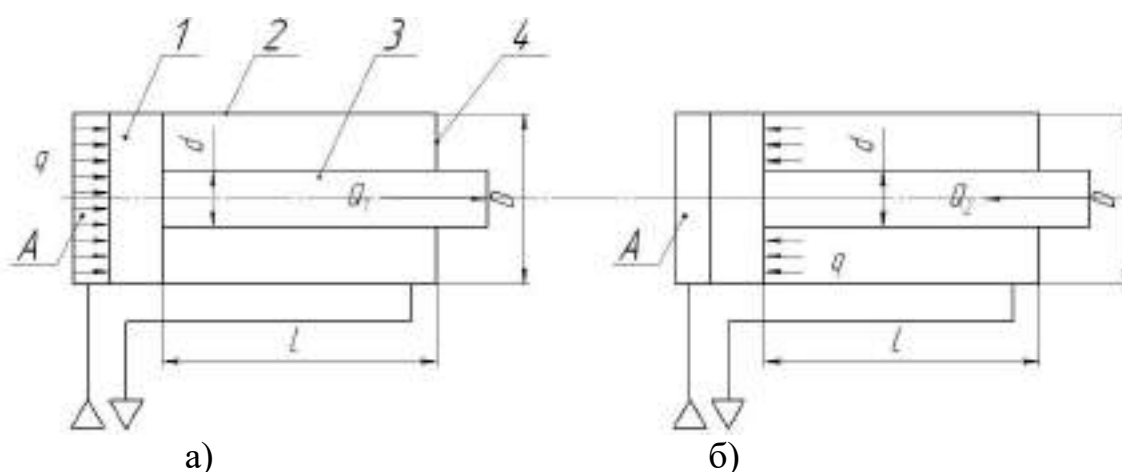


Рисунок 2 – Схема к расчету сил на штоке гидроцилиндра двухстороннего действия в двух позициях: а) – «Прямой ход» и б) – «Обратный ход»

Корпус и крышка соединяются на резьбе. Поршень и крышка в сборе имеют резиновые уплотнения для обеспечения герметичности с сопрягаемыми деталями.

При прямом ходе (рисунок 2 а) масло под давлением подается в бесштоковую полость, поршень перемещается вправо и на штоке создается толкающая сила Q_1 .

При подаче масла под давлением в штоковую полость (как показано на рисунке 2 б) поршень перемещается влево (в исходное положение), а на штоке возникает тянущая сила Q_2 .

Электрогидравлический привод технологической оснастки применяется в тех случаях, когда необходимо создавать значительные технологические усилия на исполнительном механизме при малых размерах привода.

Расчет конструктивных параметров гидроцилиндра рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1. Определим расчетный диаметр гидроцилиндра

$$D_p = k \sqrt{\frac{P_T}{q \cdot \eta}}, \quad (1)$$

где D_p – расчетный диаметр гидроцилиндра, мм;

P_T – технологическая сила (зажима детали, запрессовки, распрессовки, клепки и т. п.), Н;

q – давление масла в рабочей полости цилиндра, МПа;

η – КПД цилиндра, можно принять $\eta = 0,9 \dots 0,95$;

k – коэффициент, учитывающий направление силы, действующей на шток, и соотношение диаметра штока и внутреннего диаметра цилиндра.

Для толкающей силы P_{T1} коэффициент $k = 1,13$.

Для тянущей силы P_{T2} принимается коэффициент $k = 1,31$ при соотношении диаметра штока d и внутреннего диаметра D цилиндра

$k_{ш} = d/D = 0,5$ и при рабочем давлении масла в штоковой полости цилиндра $q = 6,3 \dots 10$ МПа. При рабочем давлении $q \geq 12$ МПа и $k_{ш} = d/D = 0,75$ для тянущей силы $P_{Т2}$ принимается коэффициент $k = 1,71$.

Рабочее давление гидропривода принимается: для лопастных насосов Г12 – $q = 6,3$ МПа и для шестеренчатых насосов типа НШ – $q = 10$ МПа. Характеристики лопастных гидронасосов типа Г12 повышенной долговечности, применяемых в станкостроении для гидрофицированных станков, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики лопастных гидронасосов типа Г12[1]

Тип насоса	Производительность, л/мин	Рабочее давление, МПа	Частота вращения вала, мин ⁻¹
Г12-31А	5	6,3	960
Г12-31	8	6,3	960
Г12-32А	12	6,3	960
Г12-32	18	6,3	960
Г12-33А	25	6,3	960
Г12-33	32	6,3	960

Шестеренчатые гидронасосы НШ-10, НШ-32, НШ-46 и др. широко используются в автостроении и в сельскохозяйственном машиностроении и могут быть использованы в гидроприводе технологической оснастки.

В маркировке шестеренчатых насосов числа 10, 32 и 46 обозначают производительность насоса в л/мин.

Конструкция и основные размеры гидроцилиндров для станочных приспособлений с номинальным давлением 10 МПа стандартизованы: ОСТ 3-3880-77 и ОСТ 3-3881-77 на гидроцилиндры одностороннего действия со сплошным и полым штоком; ОСТ 3-3882-77 на гидроцилиндры двустороннего действия и ОСТ 3-3883-77 на укороченные гидроцилиндры двустороннего действия. В таблице 2 приведены основные параметры гидроцилиндров двустороннего действия, выпускаемых по нормали машиностроения МН 2255–61.

Таблица 2 – Основные параметры гидроцилиндров двустороннего действия с рабочим давлением до 10 МПа в миллиметрах

Диаметр цилиндра	Диаметр штока	Диаметр резьбы на конце штока	Ход штока*
40	20	M14x1,5	60...400
50	25	M20x1,5	100...500
60	30	M25x1,5	125...630
70	35	M30x1,5	160...700
* В указанных пределах брать из ряда: 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 500; 600; 630; 700			
80	40	M36x1,5	160...800
90	40	M36x1,5	200...900
100	50	M42x1,5	200...1000
110	50	M42x1,5	250...1100
125	60	M42x1,5	250...1250
* В указанных пределах брать из ряда: 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 900; 1000; 1100; 1250			

В машиностроении выпускаются по ГОСТ 8755–80 гидроцилиндры на номинальное давление 10 МПа с внутренними диаметрами 55, 75, 90, 100 мм и с регулируемым ходом поршня от 40 до 200 мм. Штоки имеют диаметр 30 мм у гидроцилиндров с внутренними диаметрами 55, 75 и 90 мм и диаметр 40 мм у гидроцилиндра с диаметром 100 мм.

Условное обозначение гидроцилиндра исполнения 1 (на рабочее давление 10 МПа) с внутренним диаметром 100 мм: Ц 100-1 ГОСТ 8755–80.

Полученное значение расчетного диаметра цилиндра округляем по таблице 2 до ближайшего большего значения D .

2. Диаметр штока цилиндра

$$d = k_{ш} \cdot D, \quad (2)$$

где d – диаметр штока, мм;

$k_{ш}$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от величины рабочего давления в цилиндре: $k_{ш} = 0,33...0,60$ при $q = 6,3...10$ МПа;

$k_{ш} = 0,75$ при $q = 12...20$ МПа;

D – принятый стандартный диаметр цилиндра, мм.

Найденное значение диаметра d штока округляется до ближайшего большего значения по таблице 2.

3. Определяем действующие силы на штоке гидроцилиндра в двух рабочих позициях.

Толкающая сила на штоке (рисунок 2а) определяется по формуле

$$Q_1 = 0,785 \cdot D^2 \cdot q \cdot \eta, \quad (3)$$

где Q_1 – толкающая сила на штоке, Н;

D – внутренний диаметр гидроцилиндра, мм;

q – рабочее давление масла в цилиндре, МПа;

η – КПД цилиндра, можно принять $\eta = 0,90 \dots 0,95$.

Тянущая сила на штоке Q_2 (рисунок 2б)

$$Q_2 = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot q \cdot \eta, \quad (4)$$

где Q_2 – тянущая сила на штоке, Н;

d – диаметр штока, мм.

Проверяется правильность выбора гидроцилиндра и рабочего давления в нем

$$Q_1 \geq P_{T1} \text{ или } Q_2 \geq P_{T2} \quad (5)$$

Необходимо, чтобы сила, развиваемая на штоке при рабочем ходе, была не менее требуемой технологической силы P_T .

Шток значительной длины $L > 10 \cdot d$ проверяется на устойчивость при продольном изгибе по формуле Эйлера.

4. Производительность гидронасоса

$$W_H = 10^{-6} \cdot F \cdot v_n, \quad (6)$$

где W_H – производительность гидронасоса, л/мин;

F – площадь поршня, мм²;

v_n – скорость движения поршня, мм/мин.

Допустимая скорость движения поршня в гидроцилиндре составляет 63 мм/с. Обычно принимается $v_n = 35 \dots 3000$ мм/мин.

По производительности и рабочему давлению по справочнику [1] или каталогам подбираем соответствующий гидронасос.

5. Мощность электродвигателя привода насоса

$$N = \frac{q \cdot W_n}{61,20 \cdot \eta_0}, \text{ кВт}, \quad (7)$$

где W_n – производительность насоса, л/мин;

q – рабочее давление насоса, МПа;

η_0 – общий КПД насоса, $\eta_0 = 0,4 \dots 0,8$. Меньшее значение коэффициента принимается для насосов с производительностью до 12 л/мин.

6. Расчет трубопроводов

Условный проход (внутренний диаметр) трубопровода

$$d_y = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{W}{v}}, \text{ мм}, \quad (8)$$

где d_y – условный проход трубопровода, мм;

W – количество масла, протекающего по трубопроводу, л/мин;

v – скорость потока жидкости, м/с.

Для всасывающих трубопроводов можно принять $v = 1,2$ м/с, для нагнетающих – $v = 3 \dots 5$ м/с и для сливных – $v = 2,0$ м/с.

Толщина стенки трубопровода

$$S \geq \frac{q_{\max} \cdot d_y}{2 \cdot [\sigma_p]} \geq S_{\min}, \text{ мм}, \quad (9)$$

где S – толщина стенки трубопровода, мм;

$q_{\max}$ – максимальное давление масла в магистрали, $q_{\max} = 1,5q$, МПа;

$[\sigma_p]$ – допустимое напряжение растяжения, для стальных труб

$[\sigma_p] = 60 \dots 70$ МПа;

$S_{\min}$ – минимально допустимая толщина стенки трубы с учетом возможных механических нагрузок, для стальной трубы принимается $S_{\min} = 0,5$ мм [3].

Для гидропривода с рабочим давлением до 10 МПа применяются стальные бесшовные холоднодеформированные трубы по ГОСТ 8734-75.

На основании проведенного расчёта по условному проходу (внутреннему диаметру) d_y и стандартной толщине стенки S_T определяют по таблице 3 наружный диаметр трубы $d_n = d_y + 2 \cdot S_T$ и указывают ее обозначение по справочнику [1].

Таблица 3 – Наружные диаметры и толщины стенок бесшовных холоднодеформированных труб по ГОСТ 8734-75 в мм

Наружный диаметр* ¹	Толщина стенки* ²	Наружный диаметр* ¹	Толщина стенки* ²
5	0,3...1,5	16...19	0,3 5,0
6	0,3...2,0	20	0,3...6,0
7...9	0,3...2,5	21...23	0,4...6,0
10...12	0,3 3,5	24	0,4...6,5
13...15	0,3...4,0	25...28	0,4...7,0

*¹ В указанных пределах брать из ряда: 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 21; 22; 23; 25; 26; 27; 28.

*² В указанных пределах брать из ряда: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0.

Например, условное обозначение трубы с $d_n = 10$ мм и толщиной стенки 0,5 мм из стали 20 с поставкой по механическим свойствам и по химическому составу (по группе В ГОСТ 8733–74):

$$\text{Труба } \frac{10 \times 0,5 \text{ ГОСТ 8734-75}}{B20 \text{ ГОСТ 8733-74}}.$$

На основании выполненных расчетов и подбора стандартных элементов производят конструирование гидропривода технологической оснастки.

Пример. Выполните расчет основных параметров и подбор элементов электрогидравлического привода технологической оснастки с гидроцилиндром двустороннего действия по заданной технологической силе на штоке $P_{T2} = 10000$ Н. Сила на штоке при рабочем ходе – тянущая, длина хода штока $L = 185$ мм, скорость движения поршня $v_n = 2200$ мм/мин, рабочее давление в гидравлической системе $q = 6,3$ МПа.

Решение.

1. Расчетный диаметр цилиндра для тянущей силы P_{T2} :

$$D_p = 1,31 \times \sqrt{\frac{P_{T2}}{q \times \eta}},$$

где P_{T2} – тянущая технологическая сила на штоке, $P_{T2} = 10000$ Н;

q – рабочее давление в гидравлической системе, $q = 6,3$ МПа;

η – КПД цилиндра, принимаем $\eta = 0,9$.

По рабочему давлению в гидравлической системе $q = 6,3$ МПа по таблице 1 выбираем лопастной гидронасос типа Г12.

$$D_p = 1,31 \cdot \sqrt{\frac{10000}{6,3 \cdot 0,9}} = 55,01 \text{ мм.}$$

Расчетную величину диаметра цилиндра округляем по таблице 2 до ближайшего стандартного значения $D = 60$ мм.

2. Диаметр штока цилиндра, мм,

$$d = k_u \cdot D,$$

где k_u – коэффициент, принимаемый в зависимости от величины рабочего давления в цилиндре, при $q = 6,3$ МПа принимаем $k_u = 0,5$.

$$d = 0,5 \times 60 = 30 \text{ мм.}$$

По таблице 2 принимаем диаметр штока $d = 30$ мм.

3. Определяем тянущую силу на штоке

$$Q_2 = 0,785 \times (D^2 - d^2) \times q \times \eta,$$

где Q_2 – тянущая сила на штоке, Н;

D – внутренний диаметр гидроцилиндра, мм;

d – диаметр штока цилиндра;

q – рабочее давление масла в цилиндре, МПа;

η – КПД цилиндра, можно принять $\eta = 0,90 \dots 0,95$.

$$Q_2 = 0,785 \times (60^2 - 30^2) \times 6,3 \times 0,9 = 12017.$$

Так как $Q_2 (12017) > P_{T2} (10000)$, то гидропривод обеспечивает необходимую тянущую силу на штоке. Принимаем по справочнику [1] гидроцилиндр второго исполнения (с уплотнением резиновыми кольцами) диаметром 60 мм и ходом штока 185 мм: Гидроцилиндр П– 70 – 100 МН 2255-61.

4. Расчёт производительности и выбор гидронасоса.

$$W_H = 10^{-6} \times F \times v_n,$$

где W_H – производительность насоса, л/мин,

F – площадь поршня, мм²,

$$F = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3,14 \times 60^2}{4} = 2827 \text{ мм}^2,$$

$$W_H = 10^{-6} \times F \times v_n = 10^{-6} \times 2827 \times 2200 = 6,22 \text{ л/мин.}$$

Выбираем по таблице 1 насос Г12-31, производительность которого составляет 8 л/мин и развивающий давление $q = 6,3$ МПа при частоте вращения приводного вала 960 мин⁻¹.

5. Расчёт мощности и выбор электродвигателя.

$$N = \frac{q \cdot W_n}{61,20 \cdot \eta_o}, \text{ кВт,}$$

где W_n – производительность насоса, л/мин;

q – рабочее давление насоса, МПа;

η_o – общий КПД насоса, принимаем $\eta_o = 0,42$.

$$N = \frac{6,3 \times 6,22}{61,20 \times 0,42} = 1,52 \text{ кВт.}$$

Выбираем электродвигатель с мощностью $N = 2,2$ кВт и $n = 960$ мин⁻¹.

6. Расчёт и подбор трубопроводов.

Условный проход (внутренний диаметр) трубопровода в миллиметрах

$$d_y = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{W}{v}},$$

где W – количество масла, протекающего по трубопроводу, л/мин;

v – скорость потока жидкости, м/с.

Для нагнетающих трубопроводов принимаем $v = 3$ м/с, для всасывающих $v = 1,2$ м/с и для сливных $v = 2,0$ м/с.

Для нагнетающего трубопровода

$$d_y = 4,6 \times \sqrt{\frac{6,22}{3}} = 6,62 \text{ мм.}$$

Для всасывающего трубопровода

$$d_y = 4,6 \times \sqrt{\frac{6,22}{1,2}} = 10,47 \text{ мм.}$$

Для сливного трубопровода

$$d_y = 4,6 \times \sqrt{\frac{6,22}{2}} = 8,1 \text{ мм.}$$

Толщина стенки трубопровода S , мм,

$$S \geq \frac{q_{\max} \cdot d_y}{2 \cdot [\sigma_p]} \geq S_{\min}$$

где $q_{\max}$ – максимальное давление масла в магистрали, МПа, $q_{\max} = 1,5 q$;

$[\sigma_p]$ – допустимое напряжение растяжения, МПа;

$S_{\min}$ – минимально допустимая толщина стенки трубы с учетом возможных механических нагрузок, для стальной трубы принимается $S_{\min} = 0,5$ мм.

Выполним расчет для нагнетающего трубопровода.

Рабочее давление в напорной магистрали $q = 6,3$ МПа. Для гидропривода с рабочим давлением до 10 МПа применяются стальные бесшовные трубы по ГОСТ 8734-75, $[\sigma_p] = 60 \dots 70$ МПа. Принимаем $[\sigma_p] = 65$ МПа.

$$S \geq \frac{1,5 \times 6,3 \times 6,62}{2 \times 65} = 0,48 \text{ мм.}$$

Принимаем минимально допустимую толщину стенки $S_{min} = 0,5$ мм.

На основании выполненного расчёта по условному проходу (внутреннему диаметру) $d_y = 6,62$ мм и толщине стенки $S_T = 0,5$ мм определим наружный диаметр трубы d_n

$$d_n = d_y + 2 \cdot S_T,$$

$$d_n = 6,62 + 2 \cdot 0,5 = 7,62 \text{ мм.}$$

По таблице 3 принимаем трубу с $d_n = 8$ мм и толщиной стенки 0,5 мм. Условное обозначение такой трубы из стали 20 с поставкой по механическим свойствам и по химическому составу (по группе В) ГОСТ 8733-74:

$$\text{Труба } \frac{8 \times 0,5 \text{ ГОСТ 8734-75}}{B20 \text{ ГОСТ 8733-74}}.$$

Выполним расчет для всасывающего трубопровода

$$S \geq \frac{1,5 \times 6,3 \times 10,47}{2 \times 65} = 0,76 \text{ мм.}$$

Принимаем минимально допустимую толщину стенки $S_{min} = 0,8$ мм.

На основании выполненного расчёта по условному проходу (внутреннему диаметру) $d_y = 10,427$ мм и толщине стенки $S_T = 0,8$ мм определим наружный диаметр трубы d_n

$$d_n = d_y + 2 \cdot S_T,$$

$$d_n = 10,47 + 2 \cdot 0,8 = 12,07 \text{ мм.}$$

По таблице 3 принимаем трубу с $d_n = 13$ мм и толщиной стенки 0,8 мм. Условное обозначение такой трубы из стали 20 с поставкой по механическим свойствам и по химическому составу (по группе В) ГОСТ 8733-74:

$$\text{Труба } \frac{13 \times 0,8 \text{ ГОСТ 8734-75}}{B20 \text{ ГОСТ 8733-74}}.$$

Выполним расчёт для сливного трубопровода

$$S \geq \frac{1,5 \times 6,3 \times 8,1}{2 \times 65} = 0,59 \text{ мм.}$$

Принимаем минимально допустимую толщину стенки $S_{\min} = 0,6 \text{ мм.}$

На основании выполненного расчёта по условному проходу (внутреннему диаметру) $d_y = 8,1 \text{ мм}$ и толщине стенки $S_T = 0,6 \text{ мм}$ определим наружный диаметр трубы d_n

$$d_n = d_y + 2 \cdot S_T,$$

$$d_n = 8,1 + 2 \cdot 0,6 = 9,3 \text{ мм.}$$

По таблице 3 принимаем трубу с $d_n = 10 \text{ мм}$ и толщиной стенки $0,6 \text{ мм}$. Условное обозначение такой трубы из стали 20 с поставкой по механическим свойствам и по химическому составу (по группе В) ГОСТ 8733-74:

$$\text{Труба } \frac{10 \times 0,6 \text{ ГОСТ 8734-75}}{B20 \text{ ГОСТ 8733-74}}.$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Изучить устройство и принцип работы технологической оснастки с электрогидравлическим приводом.
2. Выбрать из таблицы 4 данные для проектирования в соответствии с индивидуальным вариантом.

Таблица 4 – Исходные данные и варианты расчетов

Вариант	Требуемая сила на штоке P_T , Н	Характер действия силы	Ход штока L , мм	Скорость движения поршня v_n , мм/мин	Рабочее давление q , МПа
1	10500	толкающая	180	2100	6,3
2	12000	толкающая	80	2000	6,3
3	28000	толкающая	155	1800	10,0
4	9000	тянущая	75	1600	10,0
5	14000	тянущая	100	600	6,3
6	21200	тянущая	80	800	6,3
7	11900	толкающая	120	1000	6,3

8	11800	толкаящая	90	1500	6,3
9	37000	тянущая	95	750	6,3
10	36000	тянущая	100	850	10,0
11	49500	толкаящая	110	2000	6,3
12	49800	толкаящая	75	2500	6,3
13	50500	тянущая	80	500	6,3
14	50800	тянущая	120	200	10,0
15	11800	толкаящая	105	1200	10,0
16	50000	толкаящая	110	550	6,3
17	38000	тянущая	160	400	6,3
18	56000	тянущая	155	1300	6,3
19	7800	толкаящая	100	1400	6,3
20	19000	толкаящая	120	600	10,0
21	19000	тянущая	120	800	6,3
22	19200	тянущая	100	200	6,3
23	2750	толкаящая	80	250	6,3
24	28000	толкаящая	80	250	10,0
25	12000	тянущая	125	2000	6,3
26	1240	тянущая	200	750	6,3
27	38500	толкаящая	125	240	10,0
28	7800	толкаящая	80	540	6,3
29	8000	тянущая	80	2050	6,3
30	10000	тянущая	185	2200	6,3

3. На основании изложенной в теоретической части методики расчета выполнить расчет основных параметров электрогидравлического привода.
4. Оформить отчет по работе.
5. Сделать выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

ИЗУЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДИСКРЕТНОГО ПНЕВМОПРИВОДА ОДНОСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО И СБОРОЧНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы:

1.1.1. Изучение конструкций и принципов действия функциональных устройств обрабатывающего и сборочного оборудования на базе дискретного пневмопривода одностороннего действия.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

1.1.2. Изучение пневматических и электрических схем дискретных пневмоприводов с различными методами управления функциональными устройствами.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

1.1.3. Получение практических навыков проектирования и расчета дискретных пневмоприводов одностороннего действия в составе функциональных устройств для различных технологических процессов.

Актуальность темы:

Дискретный пневмопривод представляет собой техническую систему, выходным элементом которой является шток пневмоцилиндра, способный занимать два крайних положения (выдвинут или втянут), соответствующих максимальному или минимальному значению подводимого к пневмоцилиндру магистрального давления сжатого воздуха.

В составе функциональных устройств для транспортировки в рабочую зону, закрепления деталей в процессе сборки или осуществления сборки (сопряжения деталей) используются **пневмоцилиндры** (подпружинивающие, фиксирующие, прижимные и др.), обеспечивающие передачу заданного усилия после завершения хода или при весьма малых перемещениях поршня с «ползущей» скоростью.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 1.1, в показана конструкция короткоходового пневмоцилиндра одностороннего действия, включающая в себя корпус 3 с профильными пазами для размещения датчиков положения поршня (например, герконных), крышки 2 и 8, соответственно с отверстием 9 для подвода воздуха в бесштоковую полость и отверстием 10 для связи штоковой полости с атмосферой, шток 1 со сборным поршнем 7 и возвратную пружину 4. Поршень снабжен постоянным кольцевым магнитом 6 для активирования, например, герконных датчиков, размещенных в наружных пазах корпуса 3, и уплотнением (манжетой) 5, выполненным заодно с демпфирующими (амортизирующими) кольцами, гасящими ударные нагрузки в конце хода поршня.

В общем случае результирующая всех постоянных сил, действующих на шток с поршнем, кроме сил давления воздуха

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_{\text{пр}} + N,$$

где F_1 – сила трения; F_2 – сила полезного сопротивления (технологическая нагрузка); F_3 – вес поршня и всех поступательно движущихся частей привода (принимается во внимание только при вертикальном расположении пневмоцилиндра); $F_{\text{пр}} = F_0 + F_i$ – сила противодействия пружины (принимается во внимание при расчете пневмоцилиндров одностороннего действия с возвратной пружиной); F_0 – сила предварительного сжатия пружины; $F_i = J_{\text{пр}} \cdot S_i$ – текущее усилие противодействия пружины; $J_{\text{пр}}$ – жесткость пружины, Н/м; S_i – текущее значение рабочего хода поршня, м.

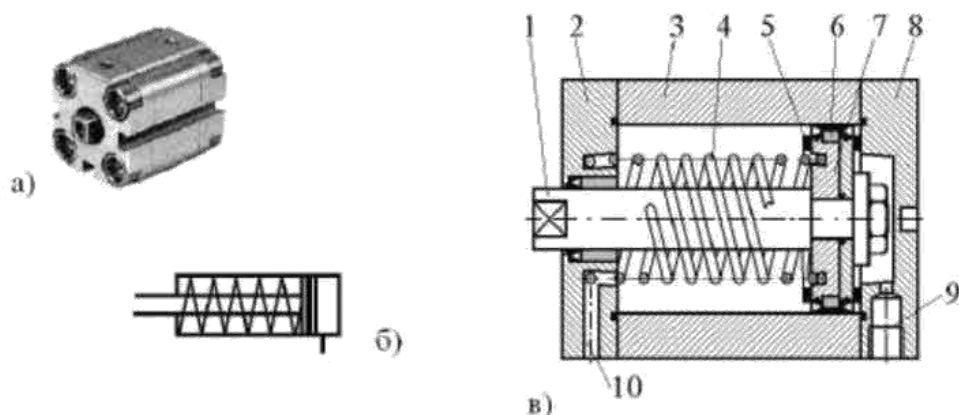


Рисунок 1.1 – Пневмоцилиндр одностороннего действия: внешний вид (а), мнемоническая схема (б), конструкция (в)

Теоретическое усилие, развиваемое на штоке пневмоцилиндра одностороннего действия, может быть определено с помощью таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Теоретическое усилие на штоке цилиндров одностороннего действия, Н

Ø порш- ня (мм)	Ø штока (мм)	Направ- ление действия	Полезная пло- щадь поршня ($\times 10^{-6} \text{ м}^2$)	Давление (МПа)								
				0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2,5	1	Выдвиж.	4,9	–	0,34	0,83	1,32	1,81	2,30	–	–	–
		Втягиван.	–	0,64								
4	2	Выдвиж.	12,6	–	0,74	2,00	3,26	4,52	5,78	–	–	–
		Втягиван.	–	1,47								
6	3	Выдвиж.	28,3	1,94	4,77	7,60	10,4	13,3	16,1	–	–	–
		Втягиван.	–	1,77								
10	4	Выдвиж.	78,5	8,84	16,7	24,5	32,4	40,2	48,1	–	–	–
		Втягиван.	–	3,53								
16	5	Выдвиж.	201	26,0	46,1	66,2	86,3	106,4	126,5	–	–	–
		Втягиван.	–	6,86								
20	8	Выдвиж.	314	23,8	55,2	87	118	148	181	212	244	275
		Втягиван.	–	7,8								
25	10	Выдвиж.	491	51,2	100	149	199	248	297	346	395	444
		Втягиван.	–	14								
32	12	Выдвиж.	804	94	174	255	335	415	496	576	657	737
		Втягиван.	–	15								
40	14	Выдвиж.	1260	176	302	428	554	680	806	934	1054	1184
		Втягиван.	–	24								

Для беспружинных пневмоцилиндров (рисунок 1.2, б) функциональных устройств, у которых доминирует технологическая нагрузка F_2 , создаваемая в конце хода, т.е. непосредственно при осуществлении, например, операции запрессовки или загибки, диаметр поршня рассчитывается при условии $F = F_2$ по формуле

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{F_2}{0,9 p_m - P_a}}, \text{ м}, \quad (1.1)$$

где p_m – магистральное абсолютное давление, Н/м²;

$P_a = 10^5$ Па = 10⁵ Н/м² – атмосферное давление.

Диаметр поршня пневмоцилиндра одностороннего действия с пружинным возвратом (рисунки 1.1, а)

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_o + F_i}{0,9 p_m - P_a}}, \text{ м}. \quad (1.2)$$

Сила трения определяется с помощью выражения

$$F_1 = 1,12 \sqrt{F_2}. \quad (1.3)$$

Усилие предварительной затяжки пружины

$$F_o = 1,1 F_1. \quad (1.4)$$

При малых рабочих ходах, что присуще пневмоприводам в составе зажимных приспособлений для склеивания деталей, текущим усилием противодействия F_i можно пренебречь, т.е. $F_i = 0$.

Для обеспечения надежности сопряжения в выражениях (1.1) и (1.2) принято, что усилие зажима создается при давлении $0,9 p_m$.

При вертикальном положении пневмоцилиндра учитывается сила веса $F_3 = m \cdot g$, где m – масса поршня, штока и всех подвижных частей привода, кг; $g = 9,8$ м/с² – ускорение свободного падения.

Диаметр штока пневмоцилиндра может быть определен с помощью соотношения

$$D_{ш} = (0,25 \dots 0,32) D, \text{ м}. \quad (1.5)$$

Диаметр условного прохода d_y соединительных штуцеров для подвода/отвода сжатого воздуха определяется скоростью перемещения поршня в двух направлениях, объемным расходом, размером крышек пневмоцилиндра и другими условиями.

Для максимальной скорости поршня 0,3...0,5 м/с рекомендуется принимать

$$d_y = 0,1 D. \quad (1.6)$$

Основные размеры трубных резьб по ГОСТ 6357-81 для соединительных отверстий в крышках пневмоцилиндра приведены в таблице 1.2.

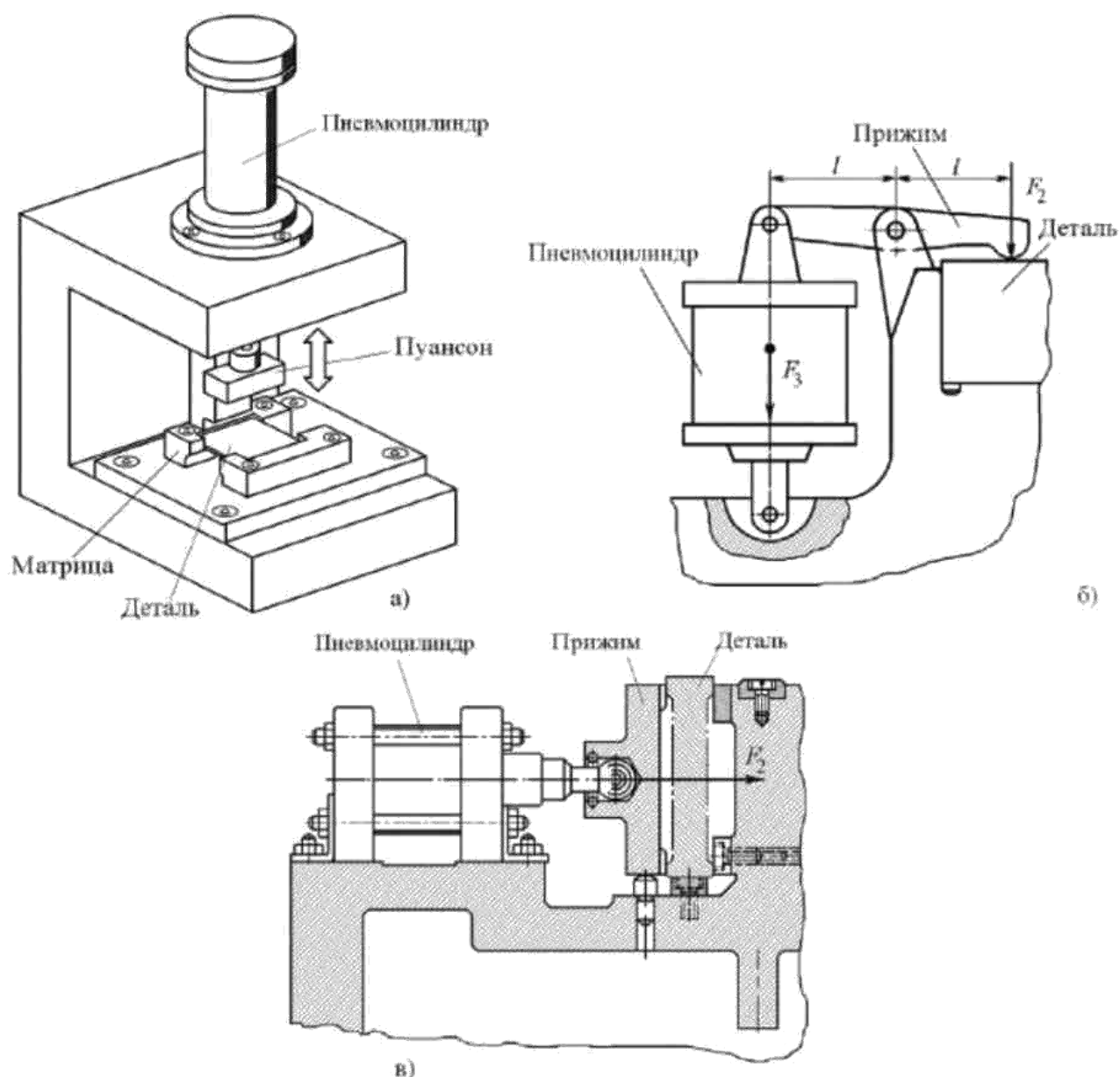


Рисунок 1.2 – Примеры компоновки технологического оборудования на основе пневмопривода с вертикальным (а, б) и горизонтальным (в) расположением пневмоцилиндров одностороннего действия

Таблица 1.2 – Основные размеры трубных цилиндрических резьб присоединительных отверстий цилиндров (по ГОСТ 6357-81)

Обозначение трубчатой резьбы	Число резьбы 1 дюйм	ниток N на	Шаг резьбы S , мм	Наружный диаметр резьбы, мм	Средний диаметр резьбы, мм	Внутренний диаметр резьбы, мм
G 1/8	28		0,907	9,729	9,148	8,567
G 1/4	19		1,337	13,158	12,302	11,446
G 3/8	19		1,337	16,663	15,807	14,951
G 1/2	14		1,814	20,956	19,754	18,632
G 3/4	14		1,814	26,442	25,281	24,119
G 7/8	14		1,814	30,202	29,040	27,878
G 1	11		2,309	33,250	31,771	30,292

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{дв.ход}$) при нормальных условиях эксплуатации пневмоцилиндров одностороннего действия с бесштоковой рабочей полостью, определяется с помощью выражения (1 $\text{м}^3 = 10^3 \text{ дм}^3 = 1000 \text{ литров воздуха}$)

$$Q = 0,785 D^2 \cdot x \cdot \frac{P_m}{P_a} \cdot n_d, \text{ м}^3/\text{дв.ход}, \quad (1.7)$$

где D – диаметр поршня пневмоцилиндра, м; x – ход поршня со штоком, м; P_m – минимальное абсолютное давление в магистрали, Н/м^2 ; P_a – атмосферное давление, Н/м^2 ; n_d – число двойных ходов.

Для дискретных пневмоприводов одностороннего действия используется прямое и не прямое электромагнитное и электропневматическое управление распределением сжатого воздуха [2].

Прямое управление применяется в тех случаях, когда нет необходимости в высокой скорости перемещения поршня пневмоцилиндра, управляющий пневмораспределитель имеет небольшие размеры, а усилие для его переключения незначительно.

Непрямое управление применяется для пневмоприводов с большим диаметром и ходом поршня пневмоцилиндра, когда используется пневмораспределитель с увеличенной площадью проходного сечения, для переключения которого требуется электромагнит большой мощности, а также при использовании дистанционного управления приводом.

Распределение сжатого воздуха в односторонних пневмоприводах (рисунок 1.3) осуществляется с помощью 3/2–пневмораспределителей (трехканальный, двухпозиционный) с электромагнитным или электропневматическим управлением и пружинным возвратом в исходное положение запорного элемента.

Электрические схемы подключения электромагнита пневмораспределителя приведены на рисунке 1.4.

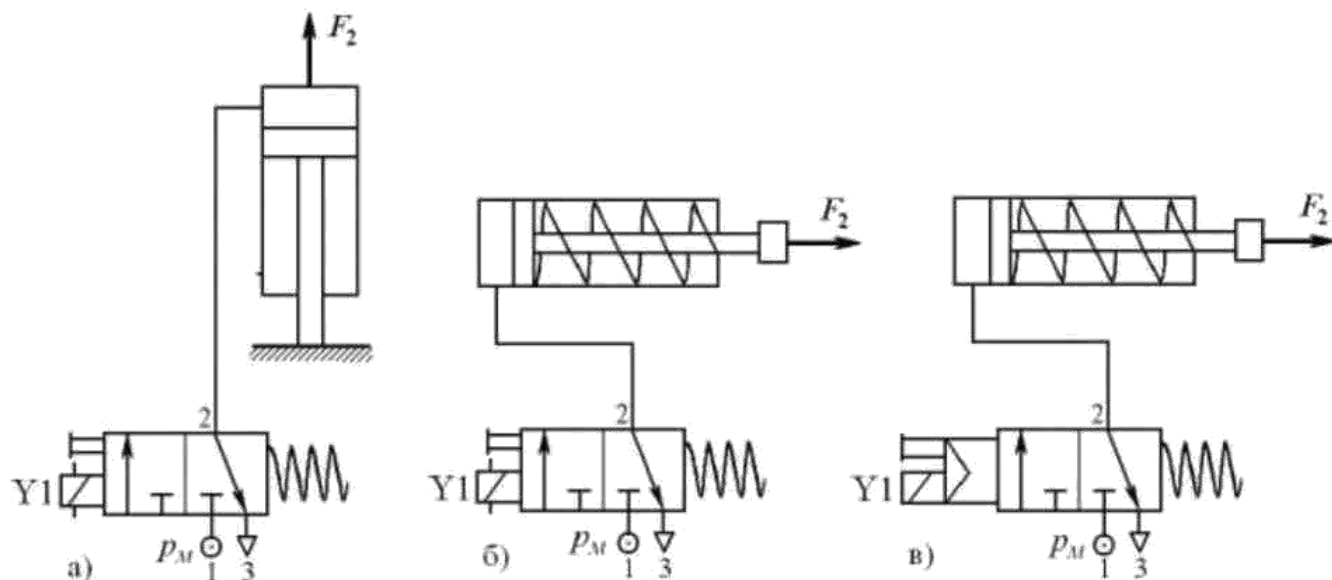


Рисунок 1.3 – Схемы односторонних дискретных пневмоприводов на базе 3/2-пневмораспределителей (трёхканальных, двухпозиционных) с электромагнитным управлением вертикально (а), горизонтально (б) расположенных пневмоцилиндров, и с электропневматическим (пилотным) управлением (в).

При **прямом электромагнитном управлении** (рисунок 1.4, а) сердечник электромагнита Y1, входящего в состав пневмораспределителя, механически соединен с запорным элементом

(клапаном) и непосредственно открывает и закрывает отверстие для подачи магистрального (рабочего) давления p_m к пневмоцилиндру.

При нажатии на кнопку S1 ток потечет по обмотке катушки электромагнита Y1, который переключает пневмораспределитель. В результате, сжатый воздух давлением p_m , поступающий к пневмораспределителю по входному каналу 1 (рисунок 1.3, б), начнет поступать через выходной рабочий канал 2 в бесштоковую полость пневмоцилиндра, что вызовет перемещение поршня со штоком (выдвижение) и сжатие возвратной пружины.

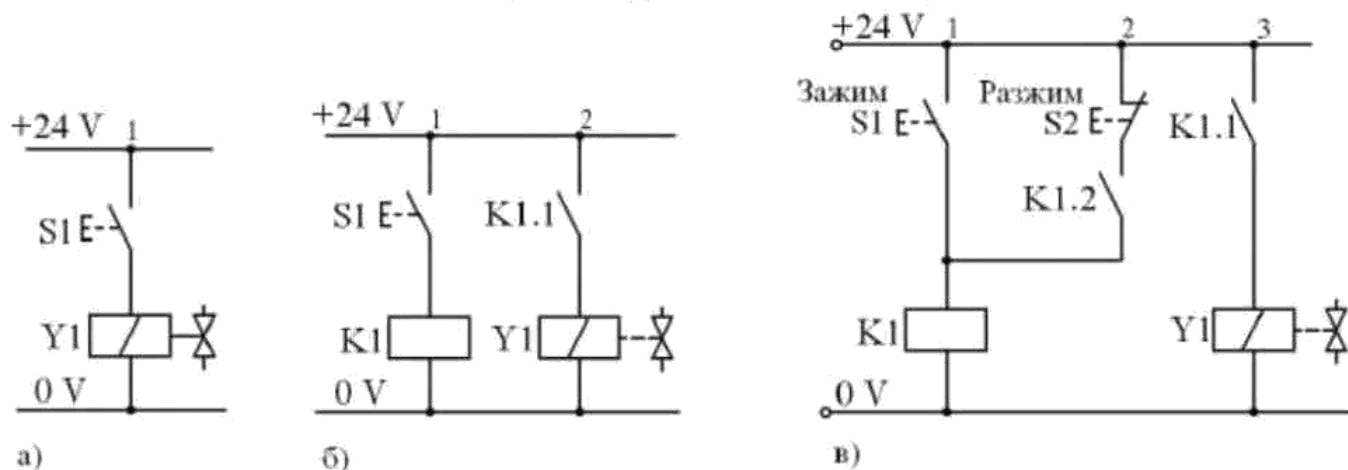


Рисунок 1.4 – Электрические схемы пневмоприводов одностороннего действия: прямого управления (а), непрямого управления (б) и непрямого управления с самоблокировкой (в).

Если кнопку S1 отпустить, электромагнит Y1 обесточится и запорный элемент пневмораспределителя вернется в первоначальное положение под действием своей пружины и соединит рабочий канал 2 с каналом выхлопа 3. Шток втянется, поскольку воздух из его рабочей (бесштоковой) полости вытечет в атмосферу через выхлопной канал 3.

В случае использования беспружинных вертикально расположенных пневмоцилиндров одностороннего действия (рисунок 1.3, а), сжатый воздух подается в бесштоковую полость, вызывая перемещение корпуса пневмоцилиндра относительно закрепленного штока с поршнем, возврат которого в исходное положение обеспечивается за счет собственной массы, создающей силу F_3 (рисунок 1.2, б)

Схема **непрямого электромагнитного управления**, приведенная на рисунке 1.4, б, позволяет разгрузить контакты кнопочного переключателя S1 от действия электрической нагрузки, возникающей при подключении к электрическому питанию электромагнитов большой мощности.

При нажатии на кнопку S1 ток подается на обмотку катушки реле K1, контакты которого K1.1, рассчитанные на большую мощность, замыкаясь, пропускают ток на обмотку электромагнита Y1. 3/2-пневмораспределитель переключается, на его выходе 2 появляется давление воздуха, заставляющее выдвигаться шток пневмоцилиндра (рисунок 1.3, б) или перемещаться корпус пневмоцилиндра относительно закрепленного штока с поршнем (рисунок 1.3, а).

Отпускание кнопки S1 приводит к обесточиванию электромагнита и возврату пневмораспределителя и пневмоцилиндра в исходное положение, т.е. к снятию нагрузки.

Такой режим работы пневмопривода может быть рекомендован для кратковременных технологических процессов, например, для гибки, закатки, запрессовки, чеканки.

Технологические процессы, требующие длительного зажима деталей, например, при склейке или сварке, реализуются с помощью пневмоприводов, имеющих в составе системы управления "блоки памяти" (задержки) на основе двухконтактного реле, обеспечивающие удержание поршня со штоком в выдвинутом состоянии.

Для этих целей, а также для уменьшения габаритных размеров электромагнитов и их мощности, что уменьшает расход электроэнергии и выделение тепла, используется **электропневматическое, или пилотное, управление** (непрямое управление с пневмоусилителем).

Схема пневмопривода с таким управлением показана на рисунке 1.3, в. В состав пневмопривода входит 3/2-пневмораспределитель с электропневматическим (пилотным) управлением (см. [1], рисунок 1.9). Электрический сигнал, поступающий на электромагнит при нажатии кнопки S1 (рисунок 1.4, в), перемещает якорь-затвор пилотного клапана, пневматический сигнал с которого вызывает срабатывание (открытие) основного (главного) запорного элемента.

Для отключения реле, а следовательно, для разжима закрепленных в приспособлении деталей, применяется вторая кнопка S2, подключенная последовательно контакту K1.2, обеспечивающего удержание реле во включенном состоянии.

При нажатии кнопки S1 "Зажим" реле K1 самоблокируется, т.е. получает питание по параллельной цепочке, состоящей из K1.2 и S2, после отпускания кнопки S1. Другой контакт реле K1.1, замыкаясь, обеспечивает подачу тока на электромагнит Y1 пневмораспределителя. Шток пневмоцилиндра выдвигается, осуществляя зажим деталей.

При нажатии на кнопку S2 "Разжим" отключается питание катушки реле K1, контакты K1.2 и K1.1 размыкаются, электромагнит Y1 обесточивается, пневмораспределитель возвращается в исходное положение, подача сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра прекращается, его шток втягивается под действием пружины возврата, обеспечивая разжим находящихся в приспособлении деталей.

1.3. Порядок выполнения задания

1.3.1. Ознакомиться с типовыми схемами компоновки дискретных автоматизированных пневмоприводов в составе функциональных устройств технологического оборудования, используемых на операциях с малой продолжительностью рабочего цикла (гибка, закатка, запрессовка и др.) и с большой продолжительностью рабочего цикла (слеивание, сваривание и др.) (раздел 1.1).

1.3.2. Изучить пневматические и электрические схемы управления пневмоприводами одностороннего действия (раздел 1.1, рисунки 1.3, 1.4).

1.3.3. Изучить конструкцию, принцип работы пневмоцилиндра одностороннего действия (раздел 1.1, рисунок 1.1), а также 3/2-пневмораспределителя с электропневматическим (пилотным) управлением ([1], рисунок 1.9).

1.3.4. Получить у преподавателя номер варианта практического задания и, используя таблицу 1.3, установить основные характеристики для построения схем управления (пневматической и электрической) и расчета основных параметров дискретного пневмопривода зажимного приспособления.

Например: вариант ВП-07 (пневмопривод с непрямым управлением, с пружиной возврата, седьмая колонка параметров).

1.3.5. Выполнить эскизное проектирование компоновок функциональных устройств, а также пневматических и электрических схем управления пневмоприводами в их составе.

1.3.6. Используя выражения (1.1) или (1.2), а также выражения (1.3) и (1.4), рассчитать диаметр пневмоцилиндра пневмопривода.

1.3.7. С помощью соотношения (1.5) определить диаметр штока пневмоцилиндра.

1.3.8. Сравнить полученные значения диаметров пневмоцилиндра и штока с табличными (таблица 1.1) для таких же значений магистрального давления и рабочего усилия на штоке, использованных при расчете.

1.3.9. С помощью соотношения (1.6) определить диаметр условного прохода присоединительных штуцеров (отверстий) в корпусе цилиндра.

1.3.10. Пользуясь таблицей 1.2, определить ближайший размер резьбы присоединительных отверстий для полученного условного прохода.

1.3.11. Рассчитать расход воздуха для реализации одного рабочего цикла (зажим/разжим), используя выражение (1.7).

Таблица 1.3 – Варианты заданий для расчета

Характеристики привода	Пневмопривод одностороннего действия							
	A	Прямое управление		B	Непрямое управление		C	Управление с задержкой
	I	Беспружинный пневмоцилиндр			II	Пневмоцилиндр с пружиной возврата		
	01	02	03	04	05	06	07	08
Рабочее усилие F_2 на штоке, Н	50	200	500	1000	50	300	1500	5000
Магистральное давление, МПа	0,3	0,4	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5
Рабочий ход штока, м	0,01	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,3	0,5
Масса корпуса пневмоцилиндра, кг	5,0	8,0	12,0	15,0	-	-	-	-

1.4. Содержание отчета

1.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера и параметров варианта практического задания.

1.4.2. Цель практической работы.

1.4.3. Схемы, результаты расчетов.

1.4.4. Выводы.

1.5. Вопросы для самоконтроля

1.5.1. Что такое "дискретный пневмоцилиндр" одностороннего действия?

1.5.2. Какие основные элементы входят в состав пневмоцилиндра одностороннего действия?

1.5.3. На основании каких параметров технологического процесса и функционального устройства осуществляется расчет пневмоцилиндра одностороннего действия?

1.5.4. Чем отличается "прямое управление" односторонними пневмоприводами от "непрямого"?

1.5.5. Чем различаются между собой "электромагнитное управление" пневмораспределителями и "электропневматическое (пилотное) управление"?

1.5.6. С помощью каких электрических элементов управления осуществляется удержание находящихся в функциональных устройствах деталей на всем протяжении выполняемого технологического процесса?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы:

1.1.1. Ознакомление с назначением и конструктивными решениями гравитационных транспортных лотков-скатов и лотков-склизов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

1.1.2. Изучение влияния формы и размеров транспортируемых объектов производства на надежность и производительность гравитационных лотков.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

1.1.3. Получение практических навыков расчета и проектирования гравитационных лотков.

Актуальность темы:

Лотки – это транспортные устройства, служащие для направления движения объектов производства (ОП) по заданной траектории в заданную точку рабочей зоны технологического оборудования (обрабатывающего, сборочного, контролирующего и др.) [4]. Наряду с этим лотки выполняют функции накопителей (магазинов), обеспечивающих бесперебойную работу технологического оборудования, создавая буферный запас ОП между отдельными исполнительными органами технической системы, производительность которых непостоянна по времени.

Кроме того, лотки обеспечивают заданную скорость движения ОП и заданную пропускную способность (производительность), сохраняют заданную пространственную ориентацию ОП в процессе движения.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Гравитационные лотки предназначены для накопления и самостоятельного перемещения ОП, т. е. перемещения под действием силы тяжести.

Они подразделяются на **лотки-скаты** и **лотки-склизы**.

Лотки – скаты (рисунок 2.1, а) характеризуются тем, что по ним ОП перемещаются качением. Угол наклона лотков – скатов в значительной степени зависит от качества их отделки и состояния контактирующих с ними поверхностей ОП. При тщательно изготовленных лотках и точных ОП лотки можно располагать под углом 5 ... 7° к горизонту, при более "грубых" лотках и низкоккачественных или загрязненных ОП следует применять угол наклона 7 ... 10°, и, если ОП

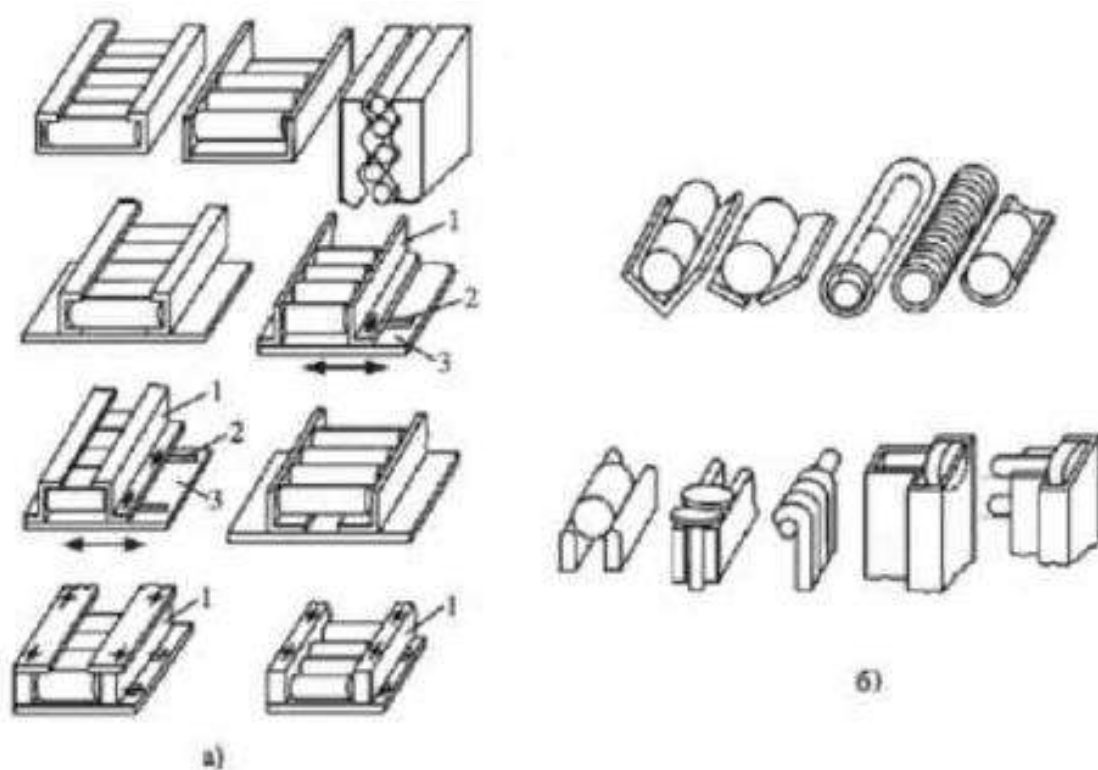


Рисунок 2.1 – Лотки-скаты (а) и лотки-склизы (б)

имеют поверхностные дефекты, насечки, рифли и т.п., угол наклона необходимо устанавливать в пределах $10 \dots 15^\circ$.

Лотки бывают регулируемые и нерегулируемые.

Регулируемые лотки-скаты содержат подвижную стенку (борт) 1, что позволяет устанавливать требуемую величину (ширину) проходного сечения лотка путем ее перемещения в пазах 2 основания 3 (рисунок 2.1, а).

Лотки – склизы (рисунок 2.1, б) отличаются тем, что по ним ОП перемещаются скольжением под действием собственного веса. Угол наклона к горизонту выбирают в пределах $25 \dots 55^\circ$ [5].

Гравитационные лотки могут изготавливаться из нормализованных деталей (рисунок 2.2) и находят применение в условиях гибкого автоматизированного производства, когда осуществляется довольно часто переход на выпуск новых типоразмеров ОП. В таких лотках боковые стенки 1 и колосники 2 раздвигаются и сдвигаются. Необходимую ширину, т.е. расстояние между боковыми стенками, устанавливают с помощью распорных втулок 3.

Монтаж лотков на технологическом оборудовании осуществляется с помощью угольников 4 или кронштейнов 5.

Предотвращение выпадения (выскакивания) ОП из лотков обеспечивается предохранительными планками 6.

Если в процессе движения необходимо изменить пространственную ориентацию ОП, то применяются сочлененные сборные лотки. Детали, перемещающиеся **качением** в лотке 1 (рисунок 2.2, д), дойдя до упора 2, поступают в лоток 3, по которому перемещаются **скольжением** в измененном ориентированном положении.

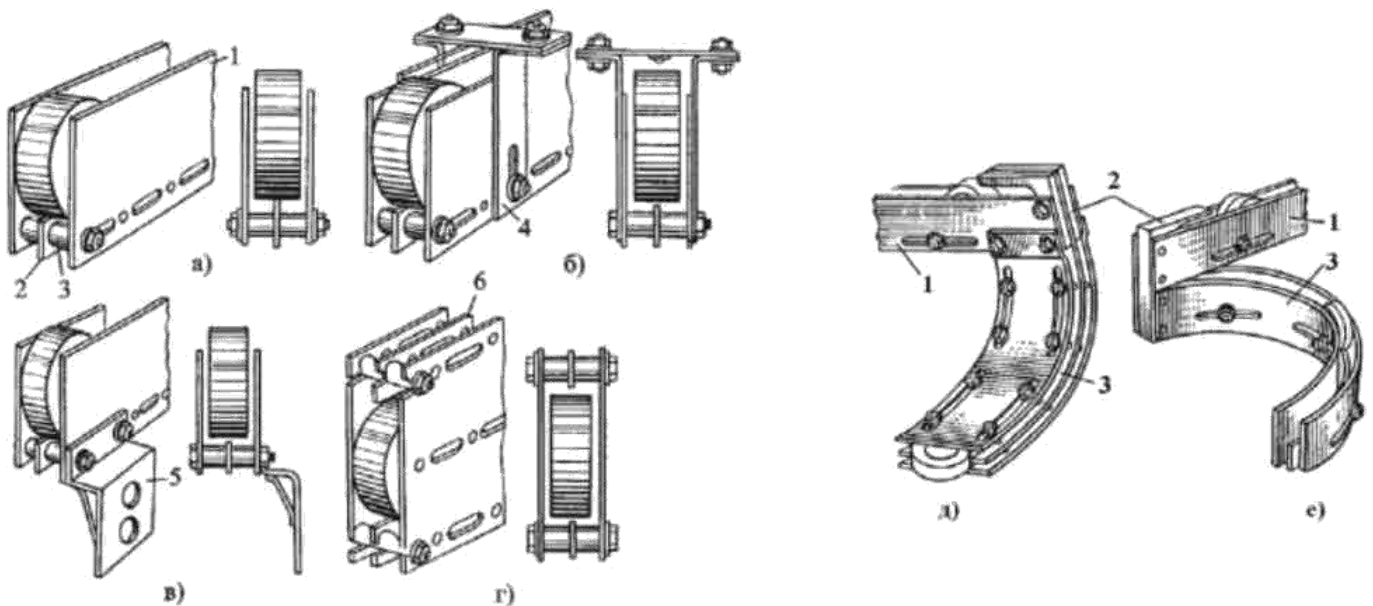


Рисунок 2.2 – Сборные лотки: открытый (а); открытый, закрепляемый на угольниках (б); открытый, закрепляемый на кронштейнах (в); с предохранительной планкой (г); переориентирующие (д, е)

Если ОП необходимо повернуть в вертикальной плоскости, то применяется сочленение лотков, показанное на рисунке 2.2, е, позволяющее осуществить поворот ОП на 180° .

Для удобства размещения в рабочей зоне технологического оборудования, а также для осуществления гибкой транспортной связи исполнительных устройств (винтоворотов, гайковоротов, клепальных головок и др.) с магазинами или БЗОУ, применяются **трубчатые лотки**, которые выполняются гибкими (витыми) из стальной проволоки (рисунок 2.3, а) или жесткими из стальных

трубок (рисунок 2.3, б). Для гибких трубчатых лотков широко применяются трубки из различных синтетических материалов.

Диаметр отверстия трубки [5] должен исключать одновременное попадание в трубку двух деталей:

$$D_1 = (1,1 \dots 1,15) D \quad (2.1)$$

где D – диаметр детали,

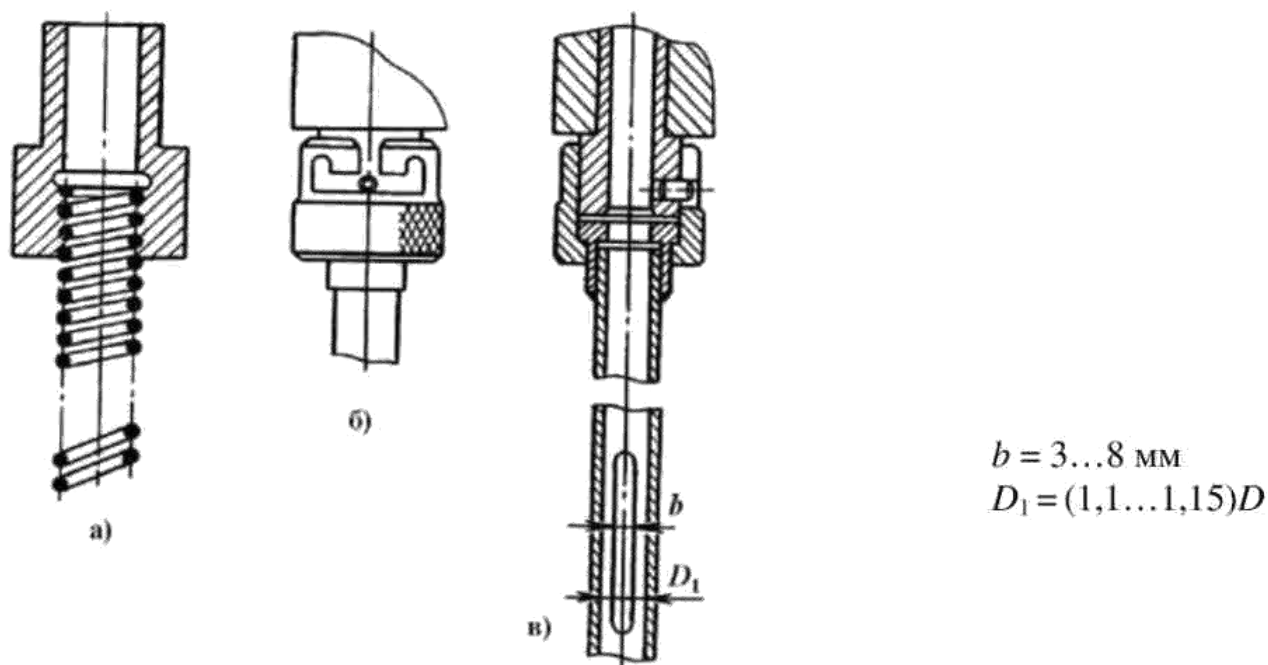


Рисунок 2.3 – Присоединительные элементы трубчатых гибких витых (а) и жёстких (б) лотков

Высота бортов H у лотков зависит от формы ОП и типа лотка и может быть определена следующим образом [5]:

- для открытых коробчатых лотков (рисунок 2.4, а), используемых для перемещения шаров, колец и дисков, $H = 0,3D$, для цилиндрических стержней (валиков) $H = (0,27 \dots 0,3)D$; для колпачков $H = (0,35 \dots 0,4)D$;
- для коробчатых лотков с закраинами (рисунок 2.4, б) $H = 0,4D$ и $H_1 = D + \Delta_1$, где Δ_1 – зазор между ОП и закраиной лотка.

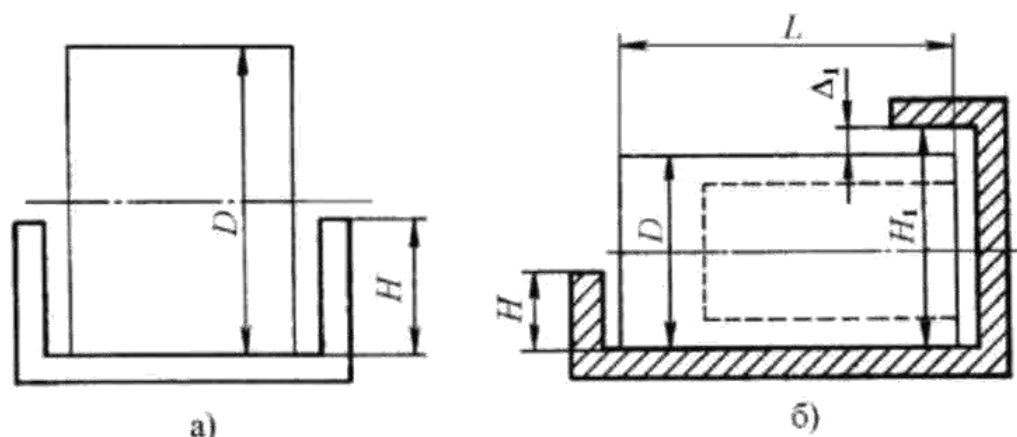


Рисунок 2.4 – Схемы для расчета высоты бортов лотков

Ширина прямолинейного лотка-ската (рисунок 2.5, а, б), предназначенного для валиков длиной L и диаметром D

$$B = L + \Delta, \quad (2.2)$$

где Δ – зазор между торцом валика и бортом лотка, определяющий проходимость валика.

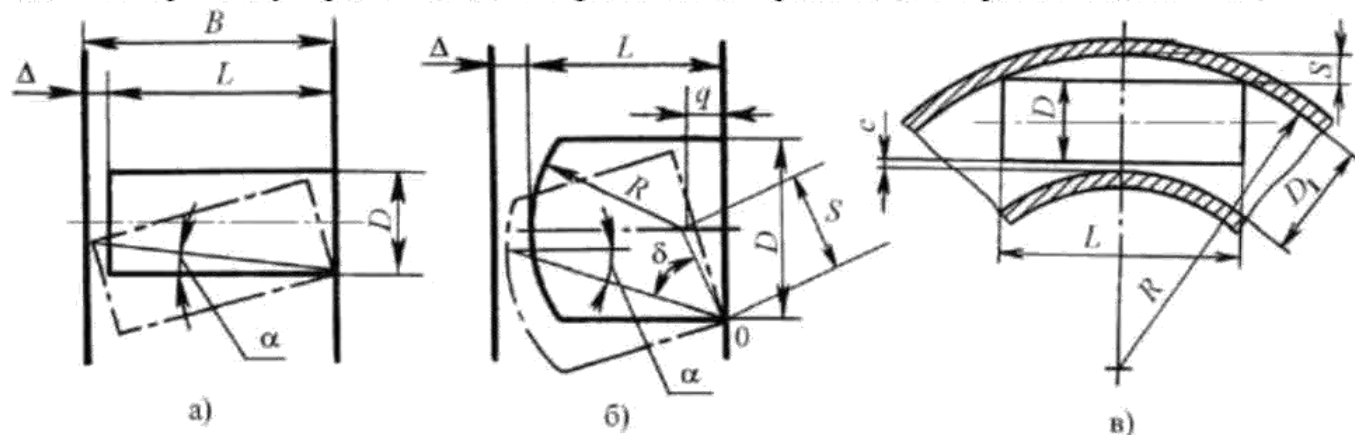


Рисунок 2.5 – Схемы для расчета проходных сечений лотков-скатов (а, б) и радиуса закругления изогнутой части лотка-скиза (в)

Проходимость – это способность ОП двигаться по наклонному лотку, не теряя при этом ориентацию и без заклинивания.

Для обеспечения требуемой проходимости необходимо выбрать величину зазора Δ такой, чтобы угол перекоса α (угол между диагональю валика и нормалью в точке касания со стенкой лотка), катящегося по лотку валика (рисунок 2.4, а), был несколько больше угла трения ρ .

Следовательно, движение без заклинивания осуществляется при условии

$$\operatorname{tg} \alpha > \operatorname{tg} \rho > f_c,$$

где f_c – коэффициент трения скольжения.

Если $\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \rho \leq f_c$ происходит заклинивание.

Для ОП, в частности валиков, с плоскими торцами (рисунок 2.5, а)

$$\Delta = \frac{\sqrt{D^2 + L^2}}{\sqrt{1 + f_c^2}} - L. \quad (2.3)$$

При расчете следует пользоваться наименьшими значениями D и L с учетом допуска на изготовление.

При наличии фасок, проточек и т. п., но при условии, что один из торцов ОП плоский, значение расчетных диаметров D_p и длин L_p следует принимать, руководствуясь рекомендациями, приведенными в таблице 2.3.

Для ОП, у которых один из торцов сферический (рисунок 2.5, б), при

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \rho = f_c,$$

$$\Delta = \frac{S \sin(\delta + \alpha)}{f_c} - L_p, \quad (2.4)$$

где S – расстояние от точки поворота ОП до центра закругления (см. таблицу 2.3);

$$\sin \delta = R \sin \alpha / S, \quad 152(2.5)$$

откуда

$$\delta = \arcsin (R \sin \alpha / S). \quad (2.6)$$

Таблица 2.1 – Варианты задания

Вар.	Эскиз детали	Материал и размерные параметры, мм	Вар.	Эскиз детали	Материал и размерные параметры, мм
1		Сталь а) $D = 15; L = 30;$ б) $D = 20; L = 60;$ в) $D = 25; L = 80;$	12		Алюминий а) $D = 100; L = 250; a = 20$ б) $D = 120; L = 260; a = 30$ в) $D = 140; L = 300; a = 50$
2		Латунь а) $D = 20; L = 50; r = 7$ б) $D = 25; L = 60; r = 10$ в) $D = 40; L = 100; r = 15$	13		Сталь а) $D = 20; L = 40; R = 5$ б) $D = 30; L = 70; R = 10$ в) $D = 50; L = 120; R = 15$
3		Алюминий а) $D = 22; L = 54; a = 2$ б) $D = 32; L = 80; a = 3$ в) $D = 55; L = 125; a = 4$	14		Латунь а) $D = 50; L = 150; R = 170$ б) $D = 70; L = 180; R = 200$ в) $D = 90; L = 210; R = 250$
4		Сталь а) $D = 40; L = 120; a = 3$ б) $D = 60; L = 200; a = 4$ в) $D = 80; L = 240; a = 5$	15		Алюминий а) $D = 60; L = 180; R = 20; a = 3$ б) $D = 80; L = 210; R = 30; a = 5$ в) $D = 100; L = 300; R = 40; a = 8$
5		Латунь а) $D = 50; L = 100$ б) $D = 60; L = 150$ в) $D = 80; L = 220$	16		Сталь а) $D = 60; L = 180; R = 5$ б) $D = 80; L = 240; R = 10$ в) $D = 100; L = 300; R = 20$
6		Алюминий а) $D = 59; L = 100; a = 3$ б) $D = 60; L = 150; a = 5$ в) $D = 80; L = 220; a = 8$	17		Латунь а) $D = 60; L = 180; R = 5; a = 5$ б) $D = 80; L = 240; R = 10; a = 10$ в) $D = 100; L = 300; R = 20; a = 20$
7		Сталь а) $D = 62; L = 170; a = 4$ б) $D = 82; L = 190; a = 7$ в) $D = 100; L = 230; a = 10$	18		Алюминий а) $D = 10; L = 180; R = 5$ б) $D = 80; L = 240; R = 10$ в) $D = 100; L = 300; R = 20$
8		Латунь а) $D = 62; L = 170; a = 4; a_1 = 6$ б) $D = 82; L = 190; a = 7; a_1 = 10$ в) $D = 100; L = 230; a = 10; a_1 = 15$	19		Сталь а) $D = 80; L = 240; R = 10$ б) $D = 100; L = 320; R = 20$ в) $D = 120; L = 360; R = 30$
9		Алюминий а) $D = 70; L = 160; a = 10$ б) $D = 90; L = 200; a = 15$ в) $D = 110; L = 250; a = 20$	20		Латунь а) $D = 80; L = 240; R = 40$ б) $D = 100; L = 320; R = 50$ в) $D = 120; L = 370; R = 60$
10		Сталь а) $D = 50; L = 140; a = 2; a_1 = 15$ б) $D = 70; L = 210; a = 4; a_1 = 25$ в) $D = 90; L = 270; a = 6; a_1 = 30$	21		Алюминий а) $D = 80; L = 200; R = 40; a = 5$ б) $D = 100; L = 250; R = 50; a = 10$ в) $D = 150; L = 300; R = 75; a = 20$
11		Латунь а) $D = 80; L = 200; a = 4; a_1 = 20; k = 2$ б) $D = 100; L = 250; a = 7; a_1 = 30; k = 4$ в) $D = 120; L = 240; a = 9; a_1 = 40; k = 5$			

При заданном значении коэффициента трения скольжения f_c (таблица 2.2) угол перекося

$$\alpha = \arcsin f_c. \quad (2.7)$$

Радиус закругления изогнутого участка трубчатого лотка (рисунок 2.5, в)

$$R = s / 2 + L^2 / 8 s. \quad (2.8)$$

Величина стрелки дуги

$$s = D_1 - (D + c), \quad (2.9)$$

где D_1 – внутренний диаметр трубчатого лотка; c – зазор между ОП и стенкой лотка, который принимается соответствующим посадке движения q7...q11 или ходовой d7...d11.

Таблица 2.2 – Значение эффективного коэффициента трения скольжения f_c

Материал детали	Материал лотка			
	Сталь	Алюминий	Резина	Капролон
Сталь	0,21-0,32	0,11-0,33	0,25-0,43	0,12-0,30
Латунь	0,28-0,30	0,18-0,24	0,30-0,37	0,16-0,24
Алюминий	0,28-0,33	0,14-0,30	0,30-0,38	0,14-0,28
Медь	0,28	0,22	0,30-0,40	0,18-0,25
Стекло	0,12-0,14	0,12	0,25	-
Оргстекло	0,32	0,27	0,4	0,20-0,32
Текстолит	0,27-0,37	0,27-0,37	0,40-0,46	0,32-0,40
Керамика	0,22-0,46	-	0,42-0,52	0,38-0,44

Таблица 2.3 – Значения расчетных диаметров D_p и длин L_p деталей

Вар.	Эскиз детали	Расчетные диаметры	Вар.	Эскиз детали	Расчетные диаметры
1		$D_p = D$	12		$D_p = D - a$
2		$D_p = \frac{D}{2} + r$	13		$D_p = D; \quad q = L_p - R;$ $S = \sqrt{q^2 + (D_p/2)^2}$
3		$D_p = D - a$	14		$D_p = D; \quad q = R - L_p;$ $S = \sqrt{q^2 + (D_p/2)^2}$
4		$D_p = D - 2a$	15		$D_p = D - 2a; \quad q = L_p - R;$ $S = \sqrt{q^2 - (D_p/2)^2}$
5		$D_p = \frac{D}{2}$	16		$D_p = D - R; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + D_p^2}$
6		$D_p = \frac{D}{2} - a$	17		$D_p = D - (a + R); \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + D_p^2}$
7		$D_p = D - a$	18		$D_p = D - 2R; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + (D_p/2)^2}$
8		$D_p = D - (a + a_1)$	19		$D_p = D - 2R; \quad L_p = L - R;$ $S = (\sqrt{L_p^2 + D_p^2})/2$
9		$D_p = D - a$	20		$D_p = D; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + (D_p/2)^2}$
10		$D_p = D - (a + a_1)$	21		$D_p = D - 2a; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + (D_p/2)^2}$
11		$D_p = D - (a + k + a_1)$			

2.3. Порядок выполнения задания

2.3.1. Ознакомиться с типовыми конструкциями транспортных лотков–скатов и лотков–склизов, используемых для перемещения объектов производства в рабочую зону технологического оборудования (раздел 1.2).

2.3.2. Изучить функциональные возможности и принципы перемещения ОП в гравитационных лотках (раздел 1.2).

2.3.3. Получить у преподавателя вариант задания и, используя таблицу 2.1, выполнить эскиз детали с соответствующим размерными параметрами.

2.3.4. Выполнить схему расчета проходного сечения лотка-ската (рисунок 2.5, а, б) и радиуса закругления лотка – склиза (рисунок 2.5, в) для детали указанного варианта.

Например: вариант 4, б (цилиндрическая деталь с фаской на одном торце, $D = 32$ мм; $L = 80$ мм; $a = 3$ мм; материал детали – алюминий)

2.3.5. Используя таблицу 2.3, определить расчетные значения диаметра D_p и длины L_p детали.

2.3.6. Выполнить расчет зазора Δ между торцом детали и стенкой лотка, используя выражения (2.3)...(2.7), и таблицу 2.2.

Материал лотка согласовать с преподавателем

2.3.7. Выполнить расчет радиуса закругления трубчатого лотка – ската, используя выражения (2.1), (2.8), (2.9).

2.3.8. Используя схемы на рисунке 2.4, выполнить расчет высоты бортов лотка для детали с учетом ее формы.

2.4. Содержание отчета

2.4.1 Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта задания.

2.4.2. Цель практической работы.

2.4.3. Схемы, эскизы, результаты расчетов.

2.4.4. Выводы.

2.5. Вопросы для самоконтроля

2.5.1. Что такое «гравитационный лоток»?

2.5.2. Чем отличаются лотки–скаты от лотков–склизов?

2.5.3. Какие дополнительные функции выполняют транспортные лотки?

2.5.4. В каких случаях целесообразно применение гибких трубчатых лотков?

2.5.5. Что такое «проходимость» лотка?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

ШЛАНГОВЫЕ ПНЕВМОДВИГАТЕЛИ МОДУЛЕЙ ЗАГРУЗКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ АВТОМАТИ- ЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

3.1. Цель занятия

3.1.1. Изучение конструкции и принципа работы шланговых пневмодвигателей (пневматических мускулов).

3.1.2. Изучение конструкций и принципов работы загрузочных и транспортных модулей на основе шланговых пневмодвигателей, входящих в состав автоматизированных технологических систем.

3.1.3. Получение практических навыков определения силовых характеристик и размерных параметров шланговых пневмодвигателей для различных режимов их работы в составе транспортных и загрузочных модулей.

3.2. Теоретическая часть

Шланговые пневмодвигатели (ШП) или пневматические мускулы используются в приводах одностороннего действия и способны выполнять функции пневматической пружины. Развиваемое шланговыми пневмодвигателями тянущее усилие в 10 раз превышает усилие, развиваемое поршневыми пневмодвигателями того же диаметра. Они характеризуются отсутствием подвижных механических частей, требующих специальных направляющих, плавностью срабатывания и равномерностью перемещения на малых скоростях, полным разъединением рабочей и окружающей среды, т.е. сжатого воздуха и атмосферного воздуха или окружающего их газа, идеально соответствуют для работы в запыленной и загрязненной промышленной среде, имеют прочную конструкцию и хорошую динамику.

Показанные на рисунке 3.1, а, шланговые пневмодвигатели [6] состоят из центрального упругого шлангового элемента и двух концевых присоединительных элементов. Упругий шланговый элемент представляет собой резиновую оболочку, армированную высокопрочными волокнами, образующими трехразмерную сетчатую структуру с ромбовидным рисунком.

Один из возможных вариантов схем присоединения шлангового пневмодвигателя к источнику питания представлен на рисунке 3.1, б. При подаче сжатого воздуха от 3/2 - пневмораспределителя одностороннего действия с пневматическим пилотным управлением в полость оболочки, последняя, изменяет свои размеры, а именно, деформируясь (раздуваясь) в радиальном направлении, уменьшается по длине в осевом направлении и создает тянущее усилие, направленное вдоль оси (сокращение длины, аналогичное продольному сокращению человеческой мышцы может достигать 25% начальной длины оболочки). Возврат оболочки в исходное состояние происходит за счет накопленной в ней энергии упругой деформации после того, как канал 1 клапана быстрого выхлопа соединится с выхлопным каналом 3 пневмораспределителя, и воздух будет сбрасываться в атмосферу через глушитель 3 клапана.

Шланговые пневмодвигатели выпускаются с упругими оболочками диаметром 10, 20 и 40 мм, способными обеспечить длину рабочих ходов от 40 до 9000 мм

и развивать тянущие усилия от 0 до 5700 Н. (пневмодвигатель $\varnothing$ 10 мм – 400Н; $\varnothing$ 20 мм – 1600Н; $\varnothing$ 40 мм – 5700Н). Максимально допустимая нагрузка на оболочку, создаваемая свободно подвешенным грузом, составляет: для оболочки $\varnothing$ 10 мм – 30 кг; $\varnothing$ 20 мм – 80 кг; $\varnothing$ 40 мм – 250 кг. Точность возврата в первоначальное положение – $\leq 1\%$ от номинальной длины оболочки. Максимально допустимый диаметр расширения оболочки при максимальном сокращении длины равен 23 мм для оболочки $\varnothing$ 10 мм; 40 мм – для $\varnothing$ 20 мм; 75 мм – для $\varnothing$ 40 мм. Скорость сокращения длины оболочки без нагрузки лежит в пределах 0,001...2 м/с при давлении 0,6 МПа.

Рекомендуемые величины рабочего давления: для оболочки $\varnothing$ 10 мм – до 0,8 МПа, для оболочек $\varnothing$ 20...40 мм – 0,6 МПа. Рабочая температура – 5...60°C. Масса пневмодвигателей при нулевой длине оболочки лежит в пределах 76... 673 граммов. Дополнительная масса, приходящаяся на каждый 1 метр оболочки, составляет – 93...630 грамм.

На рисунке 3.1, в, приведены размерные параметры шлангового пневмодвигателя типа MAS-20-300N-AA со следующими характеристиками: диаметр оболочки – 20 мм; номинальная (N) длина оболочки – 300 мм; материал оболочки (AA) – стандартный (хлоропрен). Конструкция пневмодвигателя показана на (г) и включает в себя резьбовые алюминиевые пробки 1, накидные гайки 2 из алюминия с коническими воротничками, уплотнительные кольца 3 из нитрилбунапрена (NBR), набор тарельчатых пружин 4, конические вставки 5 и упругую оболочку 6, концы которой защемлены между коническими частями гаек 2 и вставок 5. Тарельчатые пружины компенсируют уменьшение толщины оболочки в зоне защемления, происходящее вследствие действия растягивающих усилий в её материале, обеспечивая тем самым надежность закрепления.

В состав периферийных элементов шланговых пневмодвигателей, приведенный на рисунке 5.77, ж, входят элементы для подвода воздуха такие как: 1 – ниппель, 2 – соединение с цанговым зажимом типа QS, 3 – соединение для жестких шлангов, 4 – дроссель с обратным клапаном, а также крепёжные элементы: 5 – вилка; 6 – шарнирная головка; 7 – фланец (адаптер) для компенсации радиальных отклонений; 8 – соединительная шпилька с контргайкой; 9 – адаптер с радиальным подводом воздуха; 10 – вилка резьбовая для прямого монтажа на пневмодвигателе; 11 – адаптер с осевым подводом воздуха; 12 – планка с постоянным магнитом для управления внешними датчиками (устанавливается на подвижном конце шлангового привода).

Конструкция и размерные параметры адаптеров с радиальным и осевым подводом воздуха представлены на (е) и (д), соответственно. Материал адаптеров – анодированный алюминий, материал контргайки – латунь, материал уплотнительных прокладок – нитрилбунапрен (NBR).

Нагрузочные характеристики шланговых пневмодвигателей типа MAS трех типоразмеров представлены на рисунке 3.2.

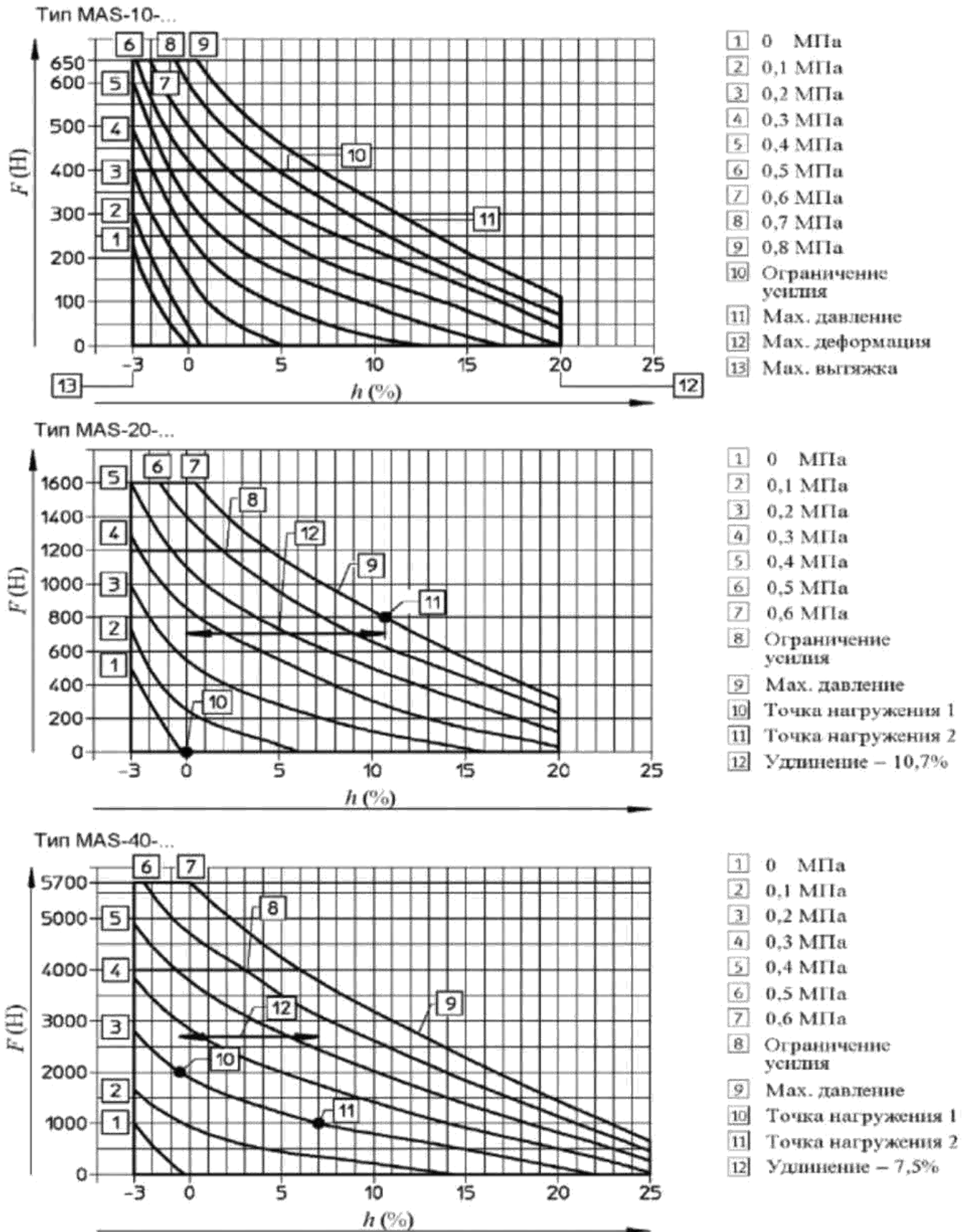


Рисунок 3.2 – Диаграммы зависимости развиваемого тянущего усилия F от величины сокращения (усадки) h

Примеры практического применения шланговых пневмодвигателей типа MAS в составе технологического промышленного оборудования различного назначения показаны на рисунке 3.3.

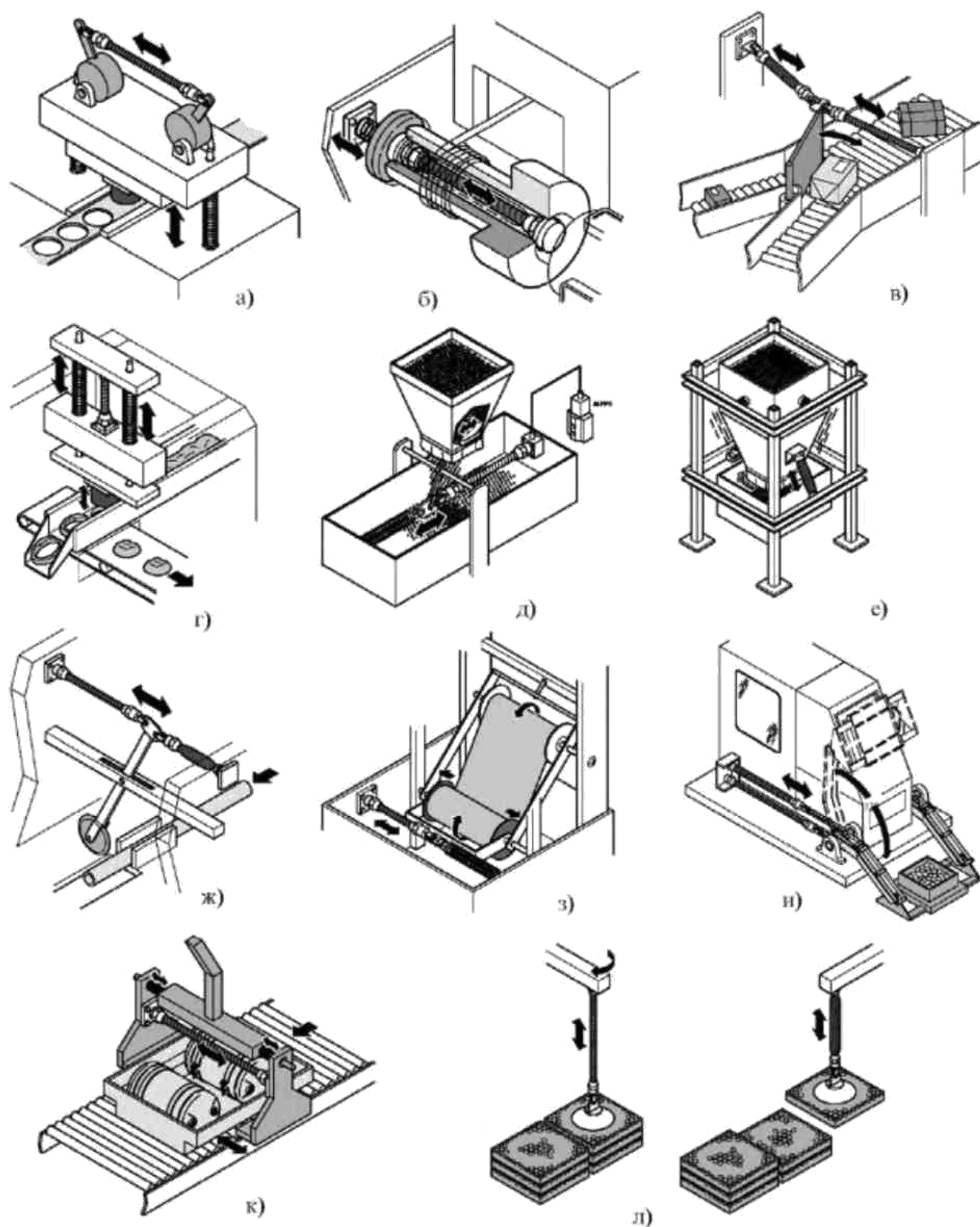


Рисунок 3.3 – Примеры применения шланговых пневмодвигателей

Высокие динамические и энергетические характеристики шланговых пневмодвигателей раскрывают возможность их эффективного применения на операциях штамповки (а) для поворота эксцентриков, перемещающих плиту штампа с пуансоном. Возврат пуансона с плитой в исходное положение осуществляется двумя пружинами на колонках штампа.

Применение шлангового пневмодвигателя в составе фрикционной тормозной муфты намоточных станков (б) обеспечивает достижение равномерной и плавно изменяемой скорости вращения катушки.

Регулирование подачи воздуха в пневмодвигатель осуществляется пропорциональным пневмораспределителем по командам от датчика усилия, контролирующего натяжение наматываемого материала.

Благодаря высокой скорости срабатывания шланговые пневмодвигатели весьма эффективны при выполнении задач, связанных с сортировкой и остановкой объектов транспортирования (в).

Закрытое исполнение рабочих полостей шланговых пневмодвигателей, позволяющее избежать утечек воздуха в окружающую среду, обуславливает их эффективное применение при производстве хлебо-булочных изделий, например, для формовки теста, поступающего в печи для выпечки (г). Рабочее перемещение формы (пуансона) осуществляется пружинами сжатия, а возврат в исходное положение – пневмодвигателем, обеспечивающим производительность 3...5 шт/с.

Отсутствие внешних подвижных соединений в конструкции шланговых пневмодвигателей обуславливает их весьма эффективное применение в условиях, характеризующихся высоким содержанием абразивной пыли, например, в составе дробильных автоматических установок (грохотов) (д), где они обеспечивают плавное открытие и закрытие дозирующей заслонки для выдачи требуемого количества гранул в соответствии с технологической скоростью дробления (измельчения).

Различные бункерные дозирующие устройства, а также дозаторы силосохранилищ подвержены закупорке в процессе выдачи хранящихся в них различных сыпучих материалов и пастообразных смесей. Применение в составе дозаторов шланговых пневмодвигателей в качестве вибраторов, обеспечивающих рабочую частоту колебаний 10...90 Гц, передаваемую станкам бункеров и направляющих воронок, гарантирует надежную выдачу таких материалов (е).

Реализация маятниковой подачи режущего инструмента (фрезы, абразивного диска) при мерной резке пластикового профиля является идеальным примером использования особенностей шланговых пневмодвигателей (ж), обеспечивающих быстрое врезание и медленное перемещение инструмента в конце хода, что гарантирует высокое качество поверхностей пореза (без заусениц).

Использование шланговых пневмодвигателей в намоточных станках, применяющихся в текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности (з), обеспечивает высокое качество намотки без смещения краев наматываемого на катушку (бобину) ленточного материала.

Благодаря способности удлиняться и изгибаться шланговые пневмодвигатели обеспечивают получение угловых перемещений, например, загрузочных модулей автоматических моющих машин, имеющих поворот платформы с емкостью для деталей на 120° (и).

Малый вес и большие развиваемые усилия обеспечивают высокую эффективность использования шланговых пневмодвигателей в составе захватных органов промышленных роботов, предназначенных для захвата палет с объектами производства (к), перемещающихся по транспортеру или рольгангу с нарастающей скоростью.

Шланговые пневмодвигатели (ШП) большой длины (до 9 метров) расширяют зону обслуживания манипуляторов, используемых для переноса и стопирования плиточного материала, ко-

лес автотранспорта, железнодорожного транспорта и других аналогичных по форме объектов, удерживаемых, например, с помощью вакуумных схватов (присосок) (л).

3.3 Порядок выполнения задания

3.3.1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия шланговых пневмодвигателей, составом периферийных элементов для их закрепления в функциональных устройствах транспортировки и загрузки, схемой подключения к пневмосети (раздел 3.2, рисунок 3.1).

3.3.2. Ознакомиться с компоновочными решениями модулей транспортирования и загрузки, основанных на применении шланговых пневмодвигателей (раздел 3.2, рисунок 3.3).

3.3.3. Ознакомиться с примерами определения размерных параметров и силовых характеристик шланговых пневмодвигателей типа MAS (FESTO, Германия), выполняющих функцию пневмоцилиндра одностороннего действия или функцию пневматической пружины растяжения.

Примеры подбора шланговых пневмодвигателей

Пример 1.

Подобрать шланговый пневмодвигатель типа MAS, предназначенный для подъема на высоту $H = 100$ мм груза массой $m = 80$ кг (рисунок 3.3, л) при давлении питания $p = 0,6$ МПа (функция пневмоцилиндра одностороннего действия).

Решение.

1. Определение типоразмера.

Поскольку создаваемая грузом нагрузка на шланговый пневмодвигатель составляет $F = 800$ Н, выбирается MAS-20, у которого максимально развиваемое теоретическое усилие составляет $F_{\max} = 1600$ Н.

2. На диаграмме (рисунок 3.2) для MAS-20 находится точка 1 (10), характеризующая состояние покоя пневмодвигателя при давлении воздуха $p = 0$.

3. Находится точка 2 (11), характеризующая рабочее состояние пневмодвигателя при $p = 0,6$ МПа и развиваемом усилии $F = 800$ Н.

4. Определение изменения длины оболочки.

Изменение длины оболочки характеризуется расстоянием между точками 1 (10) и 2 (11) по оси абсцисс (сокращение h %). Оно соответствует сокращению длины на 10,7% (поз. 12).

5. Рассчитывается необходимая длина оболочки.

При требуемой величине перемещения груза $H = 100$ мм, общая длина оболочки определяется делением хода (высоты подъема) на величину сокращения в %, т.е.

$$100 \text{ мм} \times 100\% / 10,7\% = 935 \text{ мм.}$$

Пример 2.

Подобрать соответствующий типоразмер шлангового пневмодвигателя типа MAS, используемого как пневматическая пружина растяжения и определить изменение его длины при изменении нагрузки. Заданное усилие в вытянутом состоянии (тянущее усилие) $F_1 = 2000$ Н, в сжатом состоянии $F_2 = 1000$ Н. Рабочий ход $S = 50$ мм, рабочее давление $p = 0,2$ МПа.

Решение.

1. Поскольку заданная величина тянущей силы F_1 равна 2000 Н, выбирается тип MAS-40.

2. На диаграмме (рисунок 3.2) для MAS-40 находится точка нагружения 1, соответствующая заданной тянущей силе $F_1 = 2000$ Н, создаваемой растянутой оболочкой, и давлению $p = 0,2$ МПа (кривая 3).

3. Находится точка 2, соответствующая тянущей силе $F_1 = 1000 \text{ Н}$ и давлению $p = 0,2 \text{ МПа}$ (кривая 3).

4. Определяется изменение длины оболочки, которое характеризуется расстоянием между точками 1 и 2, параллельном оси абсцисс. Это изменение составляет $h = 7,5\%$.

5. Рассчитывается номинальная длина оболочки шлангового пневмодвигателя:

$$50 \text{ мм} \times 100\% / 7,5\% = 667 \text{ мм}.$$

3.3.4. Получить у преподавателя шифр варианта практического задания и, используя таблицу 3.1, установить требуемые характеристики шланговых пневмодвигателей (ШП).

Например: шифр варианта – **A3B4C7D7** (давление-0,3МПа, перемещение-100мм, тянущая сила в начале перемещения $F_1 = 3000 \text{ Н}$, тянущая сила в конце перемещения $F_2 = 1500 \text{ Н}$).

Таблица 3.1. Варианты задания

А. Давление воздуха, p, МПа							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
В. Величина перемещения, S, мм							
1	2	3	4	5	6	7	8
20	50	80	100	120	150	180	200
С. Развиваемое усилие, F1, Н							
1	2	3	4	5	6	7	8
100	200	400	600	1000	1200	3000	5000
D. Развиваемое усилие, F2, Н							
1	2	3	4	5	6	7	8
50	100	200	300	500	600	1500	2500

3.3.5. Определить по аналогии с рассмотренным выше **примером 1** размерные параметры ШП (начальный диаметр d_n и длину L оболочки при $p = 0$), выполняющего функцию тянущего пневмоцилиндра одностороннего действия (**рисунок 3.4, а**), предназначенного для линейного перемещения с помощью толкателя (Т) в составе транспортного механизма объекта производства массой m на расстояние S с требуемым рабочим усилием F_1 при заданном давлении воздуха p , вызывающего увеличение диаметра оболочки до рабочего значения d_p .

3.3.6. Определить по аналогии с рассмотренным выше **примером 2** размерные параметры ШП (начальный диаметр d_n и номинальную длину оболочки при $p = 0$), выполняющего функцию пневматической пружины растяжения (пневматического мускула) (**рисунок 3.4, б**), обеспечивающих при заданном рабочем давлении воздуха p перемещение толкателя (Т) из положения 1 в положение 2 на заданное расстояние S и создающего в этих положениях тяговые усилия соответственно F_1 и F_2 при изменении диаметра оболочки от d_{p1} до d_{p2} и длины в нагруженном состоянии от L_1 до L_2 .

3.3.7. Проанализировать примеры применения ШП в приведенных на рисунке 3.3 конструкциях функциональных устройств технологического оборудования, принимая во внимание присущие им функции.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

ВАЛКОВЫЕ ПОЛУСАМОТЕЧНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА

4.1. Цель занятия

4.1.1. Ознакомиться с конструкциями, принципом действия и функциональными возможностями валковых полусамотечных транспортных устройств (валковых лотков).

4.1.2. Определение условий движения по валкам объектов транспортирования в зависимости от их формы и материала.

4.1.3. Получение практических навыков расчета и проектирования валковых ПТУ.

4.2. Теоретическая часть

Полусамотечные транспортные устройства (ПТУ) по способу перемещения объектов транспортирования (ОТ) разделяют на механические и пневматические.

ОТ в таких устройствах перемещаются самотеком при угле наклона поверхности скольжения, меньшем угла трения, что достигается уменьшением сил трения с помощью поперечных колебаний или равномерного движения несущей поверхности (валковое устройство), или образования между этой поверхностью и деталями воздушной подушки (пневматический лоток).

Схемы механических ПТУ или валковых полусамотечных лотков показаны на рисунке 4.1 [4,5].

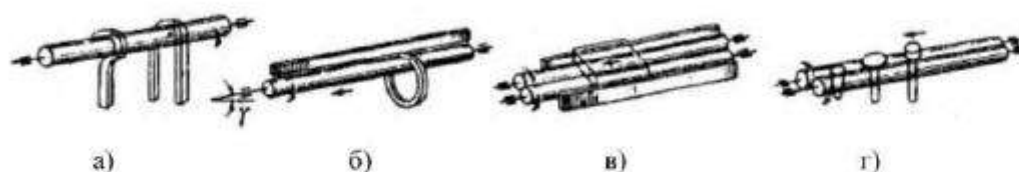


Рисунок 4.1 – Валковые полусамотечные лотки.

Одновалковые ПТУ (лотки) используют как для перемещения скоб, крючков (рисунок 4.1,а), так и разрезных колец, втулок, шайб (рисунок 4.1,б), а двухвалковые ПТУ – для призматических (рисунок 4.1,в) и стержневых деталей с буртами, а также конических (рисунок 4.1, г). Валковые полусамотечные лотки применяются для деталей массой менее 0,4 кг. Валки изготавливают из легированных сталей, закачивают, а затем шлифуют.

Рекомендуемый угол наклона валков составляет

$$\alpha = (1...3)^\circ.$$

т.е. значительно меньше углов трения скольжения, что не позволяет деталям перемещаться без дополнительных мер самотеком. Одновалковые лотки выполняют консольными и двухопорными, а двухвалковые – только двухопорными для обеспечения постоянства зазора между валками по всей длине.

Двухвалковые лотки кроме прямого своего функционального назначения транспортировать объекты сборки могут совмещать функции автоматического ориентирования, например, таких деталей, как болты винты, конические ролики и т.п.

Кроме этого, валковые устройства позволяют автоматизировать процесс сортировки деталей по диаметру на размерные группы (при выполнении валков ступенчатыми). Количество размерных групп соответствует числу ступеней, попавшие на валки детали будут выпадать в щель в определенных местах, в зависимости от величины большого диаметра: в начале щели будут выпа-

дать детали с малым диаметром, а в конце – с большим. Существует несколько конструктивных разновидностей полусамотечных валковых устройств: с коническими валками, с валками, имеющими винтовую нарезку.

Процесс транспортирования детали, например, призматической формы по лотку, образованному двумя валками цилиндрической формы, и схемы расчета основных параметров движения детали по нему показаны на рисунке 4.2.

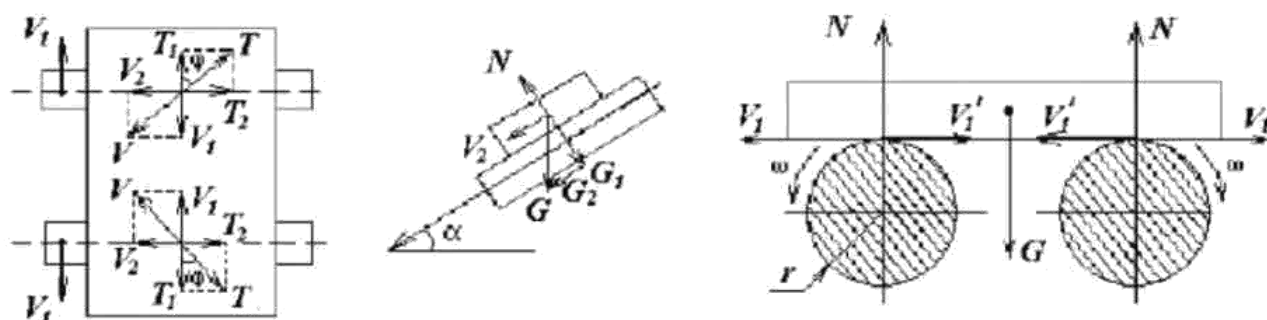


Рисунок 4.2 – Схемы расчета валкового ПТУ

Оба валка вращаются с одинаковой угловой скоростью ω , причем направление вращения идет от детали. На деталь со стороны валков действуют силы нормальной реакции N , силы трения T , а также сила тяжести G .

Если валки установлены горизонтально, то деталь не будет передвигаться вдоль щели между ними. При наклоне валков на определенный угол α к горизонту начинается перемещение детали.

Вектор относительной скорости их перемещения V будет направлен под углом φ к образующим поверхностям валков, а результирующая сила трения T , препятствующая перемещению, будет иметь противоположное направление. С увеличением угла φ составляющие силы трения T_1 и T_2 уменьшаются. Величина угла φ зависит от скорости вращения валков, которая определяется из выражения

$$V_1 = \omega r, \quad (4.1)$$

где ω – угловая скорость вращения валков: $\omega = 2\pi n$, n – частота вращения валков; r – радиус валков.

Соответствующим подбором угла наклона валков и скорости их вращения сила трения, действующая вдоль валков, может быть сведена к минимуму. На вращающихся валках детали начинают двигаться задолго до того, как угол наклона валков α превысит величину угла трения скольжения.

Дифференциальное уравнение движения детали по установленным с наклоном вращающимся валкам имеет вид:

$$\ddot{X} = g \sin \alpha - f_c g \cos \alpha \sin \varphi, \quad (4.2)$$

где α – угол наклона валков к горизонту; f_c – коэффициент трения скольжения между поверхностью устройства и поверхностью детали; φ – угол между составляющей силой трения в поперечном направлении и результирующей силой трения. Синус этого угла определяется по формуле:

$$\sin \varphi = \frac{\dot{X}}{\sqrt{(\omega \cdot r)^2 + \dot{X}^2}}, \quad (4.3)$$

где $\dot{X}$ – скорость движения детали.

Подставив (4.3) в (4.2), получаем

$$\ddot{X} = \underbrace{g \sin X}_I - f_c \cos \alpha \underbrace{\frac{\dot{X}}{\sqrt{(\omega r)^2 + \dot{X}^2}}}_{II}. \quad (4.3)$$

Движение детали в вдоль валков будет только когда $I \geq II$ в (4.3). Принимая движение детали по валкам равноускоренным, получаем

$$g \left(\sin \alpha - f_c \cos \alpha \frac{\dot{X}}{\sqrt{(\omega \cdot r)^2 + \dot{X}^2}} \right) = 0,$$

откуда скорость движения детали

$$\dot{X} = \frac{\omega \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{f^2 - \operatorname{tg}^2 \alpha}}. \quad (4.4)$$

4.3. Порядок выполнения задания.

4.3.1. Изучить принцип действия валкового полусамотечного лотка..

4.3.2. Используя выражение (4.4) и исходные данные из таблицы 4.1 в соответствии с номером полученного у преподавателя варианта задания, исследовать влияние угла наклона валков α на скорость V перемещения деталей вдоль щели.

Исследования проводить в диапазоне углов наклона валков от 0° до 10° (с интервалом 1°).

Для определения коэффициента трения скольжения f использовать таблицу 2.2 (практическое занятие №2).

4.3.3. По результатам исследования построить графическую зависимость $V = f(\alpha)$. Исследования проводить в диапазоне углов наклона валков от 0° до 10° (с интервалом 1°).

4.3.4. Для требуемой величины скорости движения детали $V_{тр}$ и изменения угла α в пределах от 1 до 3 градусов с интервалом 30 секунд, определить:

- радиус валков r ;
- частоту вращения валков n .

4.3.5. Построить графики зависимостей $V = f(n)$, $V = f(r)$.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{TP} , мм/с	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30
r , мм	10	11	12	8	9	10	11	12	15	13
n , об/с	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь

4.4. Содержание отчета

4.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера (шифра) варианта задания.

4.4.2. Цель практической работы.

4.4.3. Рисунок 4.1, в, схемы рисунка 4.2, результаты расчетов, графики зависимостей $V = f(\alpha)$, $V = f(n)$, $V = f(r)$.

4.4.4. Выводы.

4.5. Вопросы для самоконтроля

4.5.1 Как классифицируются полусамотечные транспортные устройства по способу транспортирования?

4.5.2 За счет чего происходит уменьшение сил трения в полусамотечных лотках?

4.5.3 Какое направление вращения имеют валки относительно транспортируемой детали?

4.5.4 Для транспортирования каких объектов производства применяются валковые лотки?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №18

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАРМАНЧИКОВЫХ БЗОУ

5.1 Цель занятия

5.1.1. Изучение конструкции и принципа работы карманчикового бункерного загрузочно – ориентирующего устройства.

5.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

5.1.2. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

5.2. Теоретическая часть

Бункерное загрузочно-ориентирующее устройство (БЗОУ) - это группа механизмов, принимающих объекты транспортирования навалом и выдающих их ориентированными в пространстве и во времени. БЗОУ выдает детали неритмично, т.е. через различные промежутки времени. Однако в определенные отрезки времени его производительность можно считать условно постоянной.

Для деталей простой формы первичная ориентация в БЗОУ - достаточна и достигается без каких-либо специально внесенных в конструкцию механизмов.

Детали из навала выносятся принудительно специальными механизмами по одной или по несколько штук с одновременным приданием им первичной ориентации (таблица 3.1).

Таблица 5.1 - Способы выноса деталей из навала

Способ выноса	Принудительно специальными механизмами				Параметрически		
	Поштучно		Партиями		Непрерывным потоком		
	карманом	крючком	лотком	лопастью	собственным весом	силой трения	силой инерции
Тип бункера	карманчиковый	крючковый, штыревой, пальцевый	секторный, ножевой, дисковый	лопастной, щелевой, барабанный	трубчатый	фрикционный	вибрационный

Принудительный вынос выполняется карманами, крючками, лотками, лопастями и другими захватными органами. Применение тех или иных захватных органов определяет тип БЗОУ [4,5].

Параметрически, т.е. без помощи специальных принудительно действующих механизмов, вынос и первичное ориентирование деталей в БЗОУ можно осуществлять, используя собственный вес деталей, силы трения между деталями и рабочими поверхностями БЗОУ или с помощью сил инерции, возникающих в результате сообщения рабочим поверхностям БЗОУ колебательного (вибрационного) движения.

К БЗОУ с поштучной выдачей деталей относятся такие широко известные в практике конструкции, как карманчиковые и крючковые.

Производительность всех типов БЗОУ с поштучной выдачей деталей

$$Q_{np} = kzn, \text{ шт/мин,} \quad (5.1)$$

где k - коэффициент заполнения захватного органа деталями (коэффициент выдачи, или коэффи-

циент захвата); z - число захватных органов (карманов, крючков, штырей и т.д.), принимающих участие в одном цикле работы; n - число циклов работы (оборотов, двойных ходов) в минуту.

Коэффициент k меньше единицы и зависит от целого ряда факторов: от конструктивного решения элементов БЗОУ (угол наклона диска, форма захватных органов, приемной части лотков и т.д.), формы деталей, коэффициента трения деталей о захватные органы и стенки емкости, наличия грязи, масла, пыли и т.д., от скорости движения захватных органов. При скорости вращения диска с карманами по хорде $V_{max} = 0,2$ м/с, коэффициент заполнения $k = 0,55...0,65$; для диска с радиальными карманами при $V_{max} = 0,15$ м/с $k = 0,4...0,48$.

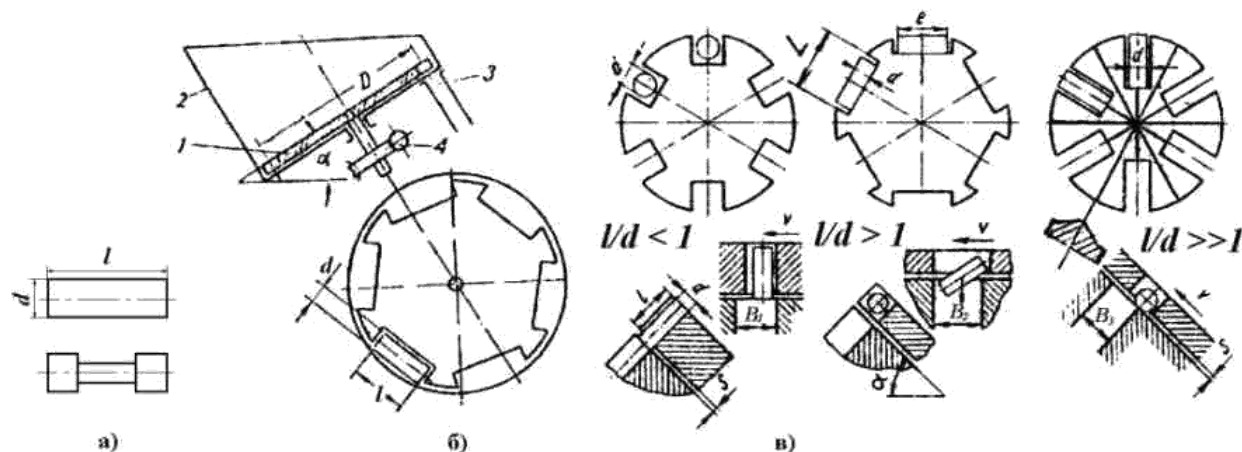


Рисунок 5.1 – Карманчиковые БЗОУ

Карманчиковые БЗОУ в основном применяются для загрузки и ориентирования стержневых деталей типа тел вращения (рисунок 5.1,а). В схему карманчикового БЗОУ, изображенную на рисунке 5.1,б, входят емкость 2, диск с карманами 1, отводящий лоток 3 и привод 4. При вращении диска карманы, проход через массу деталей, заполняются ими, а в момент прохождения над отводным лотком опорожняются. Карманы в диске можно располагать тремя способами, как показано на рисунке 5.1,в.

Засыпанные в емкость детали будут занимать в зависимости от отношения l/d то ли иное преимущественное положение по отношению к криволинейной стенке емкости и к карманам.

Детали с отношением $l/d < 1$ размещаются своими торцовыми поверхностями по плоскости диска; соответствующим образом должны быть выполнены и карманы.

Детали с $l/d > 1$ преимущественно получают ориентацию по хорде емкости, наклоненной под углом α , а следовательно, и диска. Чем больше это отношение, тем больший процент деталей оказывается ориентированным по хорда и тем устойчивее эта ориентация. Естественно, что для таких деталей карманы должны располагаться также по хорде.

При $l/d \gg 1$ и расположении карманов по хорде количество их невелико. При этом же диаметре диска и этой же окружной скорости количество карманов, а следовательно и производительность БЗОУ можно значительно увеличить, расположив карманы радиально. Однако при этом детали почти не будут западать в них, так как они стремятся расположиться по хорде. Для придания деталям радиальной ориентации на диске между карманами выполняются призматические выступы.

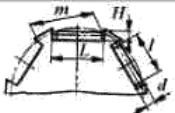
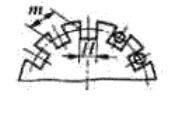
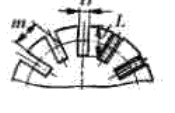
Из карманов детали, прежде чем попасть в отводной лоток, поступают под действием собственного веса в приемник, ширина которого определяется для каждого из карманов:

$$\begin{aligned}
 B_1 &= d + V\sqrt{2l/a}; \\
 B_2 &= l + V\sqrt{2d/a}; \\
 B_1 &= d/2 + V\sqrt{2d/a}.
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

где $a = g (\cos \alpha - f \sin \alpha)$ - ускорение, с которым перемещаются детали по наклонной поверхности с углом наклона к горизонту, равным α ; f - коэффициент трения скольжения деталей.

Размеры карманов и параметры диска определяются по формулам, приведенным в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Размеры пазов вращающегося диска

Расположение деталей на диске	Принципиальная схема	L	H	Толщина диска	m
По хорде диска		$l + 0,5d$	$1,2d$	$(0,9...1)d$	$L + (1...1,5)d$
Перпендикулярно плоскости диска		-	$0,9l$ (при $l/d < 1,6$) $1,6l$ (при $l/d \geq 1,6$)	$(0,9...1)l$	$H + (1...1,5)d$
По радиусу диска		$l + 0,5d$	$1,2d$	$(0,9...1)d$	$H + (1,5...2)d$

Радиус расположения карманов на диске

$$R = D/2 = (3... 8) l_d, \tag{5.3}$$

где l_d – максимальный габаритный размер детали.

Окружная скорость диска (м/мин) по осям деталей, размещенных в карманах

$$V^2 = \Delta m^2 [(2g \sin \alpha - f \cos \alpha) / \Delta h], \tag{5.4}$$

где Δm - зазор по шагу, принимаемый $\Delta m \leq 0,5d$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения; $\alpha = 45...50^\circ$ - угол наклона диска к горизонту; $\Delta h = (0,1...0,5)d$ (или $\Delta h = (0,1...0,5)l$ - в зависимости от типа бункера) - глубина западания детали в карман, при которой она считается захваченной.

Угловая скорость движения диска (с^{-1})

$$\omega = V / R. \tag{5.5}$$

Число оборотов диска (об/мин)

$$n = 30\omega / \pi \tag{5.6}$$

В расчете необходимо согласовать размерность в формулах (5.1-5.6)

5.3. Порядок выполнения задания

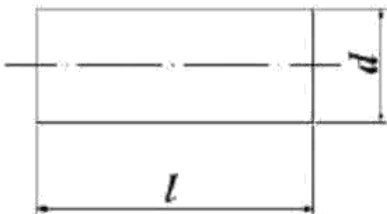
5.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия карманчиковых БЗОУ.

5.3.2. Получить у преподавателя номер варианта и в соответствии с исходными данными (таблица 5.3) произвести расчет основных параметров дисков с карманами различных типов (см. таблицу 5.2), определить число карманов.

Коэффициенты трения скольжения f приведены в таблице 2.2.

5.3.3. Используя выражения 5.1, 5.3, 5.4, 5.5 и 5.6, определить производительность карманчикового БЗОУ, построить график зависимости $Q = f(\alpha)$ в диапазоне $\alpha = (45...50)^\circ$ с интервалом 1° .

Таблица 5.3 □ Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип детали 										
l , мм	50	15	50	45	10	45	40	15	40	40
d , мм	20	35	15	22	30	10	10	25	5	25
Материал бункера	Сталь									
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь

5.4. Содержание отчета

5.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера (шифра) варианта задания.

5.4.2. Цель практической работы.

5.4.3. Рисунок 5.1 с полученными в результате расчетов размерными параметрами, результаты расчетов, график зависимости

$$Q = f(\alpha).$$

5.4.4. Выводы.

5.5. Вопросы для самоконтроля

5.5.1. Как классифицируются БЗОУ по способу выноса деталей из навала?

5.5.2. Как размеры детали определяют выбор формы, размеров и расположение карманов на диске?

5.5.3. Какие факторы влияют на величину коэффициента заполнения захватных органов?

5.5.4. Как исключается западание в карман одновременно двух и более деталей?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №19

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЮЧКОВЫХ БЗОУ

6.1. Цель занятия

6.1.1. Изучение конструкции и принципа работы крючкового бункерного загрузочно – ориентирующего устройства.

6.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

6.1.3. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

Крючковые БЗОУ применяются для загрузки деталей типа втулок, гильз, колпачков и т.п., у которых $l > d$, и имеют довольно большое число конструктивных разновидностей. На рисунке 6.1,а изображена схема основного типа крючкового БЗОУ с периферийным расположением крючков 4, укрепленных на вращающемся диске 3. Проходя через массу деталей, находящихся в нижней части рабочей емкости 6, крючки своими отогнутыми концами захватывают за отверстие детали, выносят их из навала, поднимая вверх, и входят вместе с ними в приемник 2 в виде трубчатого лотка с разрезом, сквозь который свободно проходит стержень крючка 4 толщиной δ . В приемнике деталь соскальзывает с крючка, опережает его в движении и выпадает в отводной лоток. При переполнении приемника крючок с очередной деталью упирается в детали, находящиеся в нем, и благодаря наличию предохранительной муфты в приводном механизме останавливается до освобождения приемника. Поступление деталей из предбункера в рабочую зону 6 регулируется заслонкой 5. Величина щели между заслонкой и днищем предбункера выбирается опытным путем.

Крючки могут быть расположены на внутренней и торцовых поверхностях диска. Известны БЗОУ с одним штырем, совершающим возвратно-поступательные движения в массе деталей [4,5].

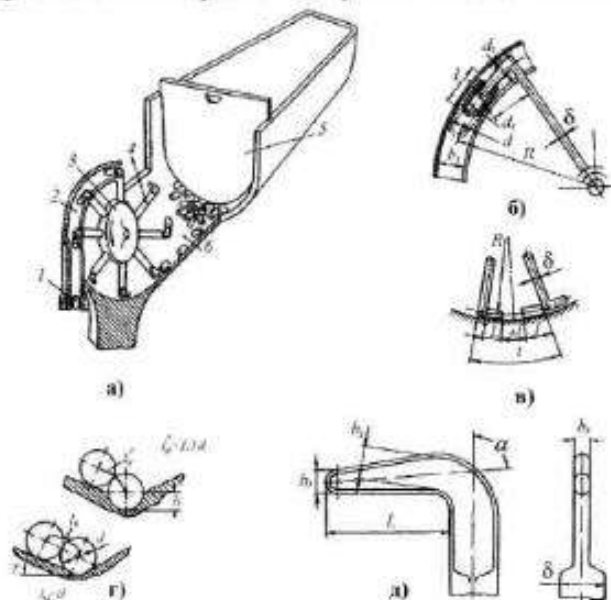


Рисунок 6.1 – Крючковые БЗОУ Радиус расположения отогнутых частей крючков (рисунок 6.1,б) выбирается из таблицы 6.1.

Длина заготовки l , мм	Диаметр заготовки d , мм	
	6...12	12...20
	Радиус R , мм	
10...20	175	-
20...40	-	175
40...60	200	200
60...90	200	-

Количество крючков определяется по формуле

$$z = \frac{2\pi R}{t}.$$

Шаг захватных органов (рисунок 6.1,в):

$$t = \Delta t + l + L + \delta,$$

где Δt - зазор по шагу; L - длина отогнутой части крючка; δ - толщина стержня крючка.

Во избежание заклинивания деталей между крючками шаг выбирают таким, чтобы в нем не укладывалось целое число деталей. Чем больше окружная скорость, тем большим должен быть зазор по шагу, который определяется по формуле:

$$\Delta t \geq V \sqrt{\frac{2l_y}{g(\sin\gamma - 2f_k \cos\gamma)d}},$$

где $V = 300...500$ мм/с - окружная скорость диска; l_y - длина пути центра тяжести очередной детали при ее перемещении в зону захвата (рисунок 4.1,г); $\gamma = 15...20^\circ$ - угол наклона днища емкости; $f_k = 0,05$ - коэффициент трения качения; d - диаметр детали.

Длину L и ширину b_2 у отогнутой части крючка (рисунок 6.1,д) следует принимать такими:

$$L = (1,2...1,3)l;$$

$$b_2 = (0,45...0,6)d_1,$$

где d_1 - внутренний диаметр деталей.

Ширина конца крючка

$$b_3 = (0,2...0,5)d_1.$$

Угол отгиба крючка $\alpha = 80...85^\circ$. Глубина впадины в днище емкости $h_b \geq 0,5d$, однако она должна быть такой, чтобы в пространство между надетой на крючок деталью и днищем емкости не могла вклиниться другая деталь.

Ширина приемника

$$b_1 \geq \frac{4d^2 + 8Rd + l^2}{8R + 4d}.$$

Объем предбункера рассчитывают исходя из необходимого времени непрерывной работы t_p по формуле

$$V_n = V_0 Q t_p,$$

где V_0 - объем одной детали; Q - производительность БЗОУ (шт/с):

$$Q = k_3 z n,$$

$n = V/2\pi R$ - число циклов работы (оборотов) в единицу времени (об/с); k_3 - коэффициент заполнения крючков ($k_3 = 0,52 \dots 0,68$).

При отсутствии предбункера рабочий объем емкости b составляет

$$V_p = \frac{V_0 Q t_p}{k_3}.$$

6.3. Порядок выполнения задания

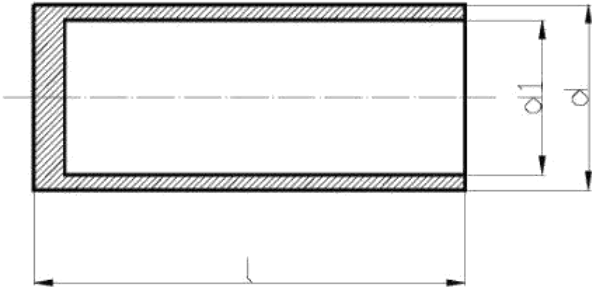
6.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия крючковых БЗОУ.

6.3.2. Произвести расчет конструктивных параметров бункера в соответствии с данными из таблицы 6.2.

6.3.3. Конструктивно определить толщину δ стержня крючка.

6.3.4. Определить производительность бункера. Построить график зависимости $Q = f(t)$.

Таблица 6.2 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чертеж детали 										
l , мм	10	15	20	25	30	35	40	30	20	10
d , мм	5	7	10	12	15	18	20	10	8	6
d_1 , мм	3,5	4	8	10	12	15	16	7,5	6	4
V , м/с	0,3	0,35	0,4	0,3	0,35	0,4	0,3	0,35	0,4	0,3
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь
Плотности материалов ρ , кг/м ³	Сталь, чугун – $7,8 \cdot 10^3$; алюминий – 2700; медь - 8960									

6.4. Содержание отчета

6.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта (шифра) задания.

6.4.2. Цель практической работы.

6.4.3. Рисунок 6.1 с полученными в результате расчетов размерными параметрами, результаты расчетов, график зависимости $Q = f(t)$.

6.4.4. Выводы.

6.5. Вопросы для самоконтроля

6.5.1. Для ориентации и загрузки каких объектов производства (деталей) применяются крючковые БЗОУ?

6.5.2. Как избежать заклинивания деталей между крючками?

6.5.3. Как исключается поломка крючков при переполнении отводного лотка?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №20

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕКТОРНЫХ БЗОУ

7.1. Цель занятия

7.1.1. Изучение конструкции и принципа работы секторного бункерного загрузочно – ориентирующего устройства.

7.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

7.1.3. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

7.2. Теоретическая часть

К числу БЗОУ с выдачей деталей порциями относятся секторные, ножевые (шиберные), щелевые, лопастные, дисковые и прочие, общим признаком которых служит захват одновременно нескольких деталей одним захватным органом – сектором, ножом, лопастью и др.[4,5].

Производительность БЗОУ указанных типов определяется по формуле:

$$Q = kzmnp, \text{шт/мин},$$

где k - коэффициент заполнения захватных органов деталями; z - число захватных органов (секторы, ножи, лопасти и др.), в обычных устройствах равное единице; m - число одновременно захватываемых деталей; n - число рабочих циклов (оборотов и двойных ходов) в минуту.

Значение коэффициента заполнения: для цилиндрических деталей $k = 0,45$, для плоских деталей длиной l и толщиной S при $l/S = 1...3$ $k = 0,4$; при $l/S = 3...5$ $k = 0,25$.

Секторные БЗОУ (рисунок 7.1,а, в) состоят из предбункера 6, отделенного заслонкой от рабочей емкости 5, в которой засыпаны детали 1, сектора 4, гребня (сбрасывателя) 3 и отводящего лотка 2.

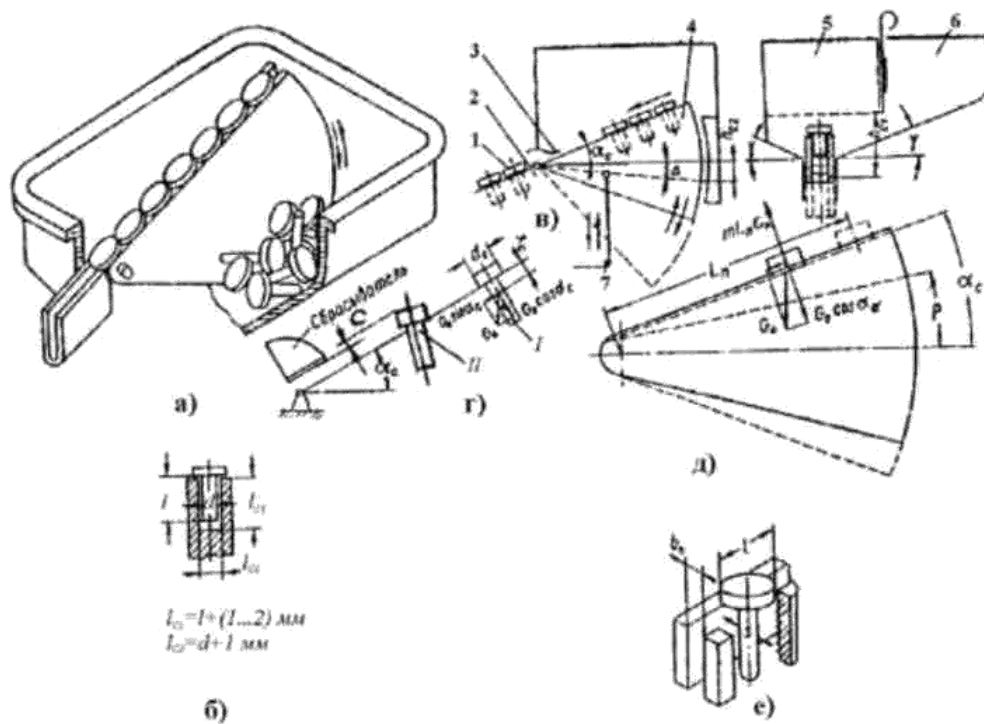


Рисунок 7.1 – Секторные БЗОУ

В нижнем положении в щель сектора 4 западают детали 1, а при подъеме сектора вверх они под действием силы тяжести соскальзывают в приемный лоток 2. Для задержки и сбрасывания обратно в емкость 5 неправильно ориентированных деталей служит сбрасыватель 3. Качательное движение сектора осуществляется приводом 7.

На рисунке 7.1,б показаны размеры верхней рабочей части сектора в зависимости от размеров детали. Угол наклона днища емкости и предбункера составляет $\gamma=20...30^\circ$. Число ходов сектора

$$n = \frac{1}{t_u},$$

где t_u - время одного цикла (двойного хода).

Время качания сектора на угол $\alpha_c - \rho$ (рисунок 5.1, д) определяется следующим образом:

$$t_o = \frac{\alpha_c - \rho}{n(\alpha_c + \Delta)},$$

где ρ - угол трения, определяющий начало движения деталей по пазу сектора под действием силы тяжести; α_c - угол наклона сектора в крайнем верхнем положении; Δ - угол перебега сектора, определяется по формуле

$$\Delta = \arcsin\left(\frac{h_{c2}}{L_n}\right),$$

h_{c2} - глубина опускания сектора ниже горизонтальной плоскости (рисунок 7.1, в); L_n - длина рабочей части сектора.

Время t_s перемещения детали из крайнего верхнего положения паза сектора в приемный лоток, зависящее от длины паза сектора и ускорения, вычисляется по формуле

$$t_3 = \sqrt{\frac{2L_n}{a}},$$

где a - ускорение движения детали по пазу сектора : $a = g(\sin \alpha_c - f_c \cos \alpha_c)$,

f_c - коэффициент трения скольжения.

С увеличением угла α_c время t_3 уменьшается, а с увеличением числа ходов n сектора возможно выбрасывание деталей из паза в верхнем положении сектора. Число ходов n следует рассчитывать из условия полной выдачи захваченных за один рабочий ход деталей в приемный лоток:

$$n = \sqrt{\frac{g \cos \alpha_c}{L_n}} \xi,$$

где ξ - коэффициент, определяемый в зависимости от величины α_c (определяется из таблицы 7.1).

Таблица 7.1 – Значение величины ξ

$\alpha_c, \text{град}$	20	30	40	50	60
ξ	0,0042	0,0055	0,0069	0,0077	0,0085

Максимальный угол α_c наклона сектора ограничивается условиями прилегания деталей к плоскости сектора всей опорной поверхностью (рисунок 7.1,г, положение I). При увеличении этого угла выше допустимого детали занимают положение II, при котором они не могут пройти под сбрасывателем из-за превышения траектории движения головки детали уровня расположения сбрасывателя на величину C .

Максимальный угол наклона сектора можно определить из условия

$$\alpha_{c \max} \leq \arctg \frac{d_2}{2x_c},$$

где d_2 - диаметр головки; x_c - расстояние от опорной поверхности до центра тяжести детали.

Длина рабочей части сектора L_n определяется размерами детали, необходимой производительностью и числом рабочих циклов.

Чем шире паз сектора, тем легче детали продвигаются в лоток (рисунок 7.1, е). Однако максимальная ширина паза ограничивается условием невозможности заклинивания деталей при неправильной ориентации в пазе:

$$b_n = \frac{2X\zeta S}{2X - 1},$$

где $X = l/S$ - отношение длины детали к ее толщине; $\zeta = 0,9...0,95$ - коэффициент, учитывающий влияние материала, чистоты поверхности и формы детали.

7.3. Порядок выполнения задания

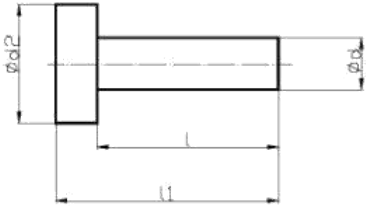
7.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия секторных БЗОУ.

7.3.2. Произвести расчет конструктивных параметров БЗОУ в соответствии с данными из таблицы 7.2.

7.3.3. Определить производительность БЗОУ. Построить график зависимости $Q = f(\alpha_c)$,

$\alpha_c \leq \alpha_{c \max}$ (не менее трех точек).

Таблица 7.2 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чертеж детали 										
l , мм	11	15	18	20	22	25	12	14	16	23
l_1 , мм	13	17	21	23	26	29	14	17	20	28
d , мм	3	4	4	5	6	6	3	4	4	6
d_2 , мм	7	9	10	10	12	12	7	8	9	11
Материал бункера	Сталь									
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь

7.4. Содержание отчета

7.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта (шифра) задания.

7.4.2. Цель практической работы.

7.4.3. Рисунок 7.1 с полученными в результате расчетов размерными параметрами, результаты расчетов, график зависимости $Q = f(\alpha_c)$.

7.4.4. Выводы.

7.5. Вопросы для самоконтроля

7.5.1. Для ориентации и загрузки каких объектов производства (деталей) применяются секторные БЗУ?

7.5.2. Какие условия выдачи деталей влияют на число двойных ходов сектора?

7.5.3 Чем ограничивается угол наклона сектора?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №21

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРУБЧАТЫХ БЗОУ

8.1. Цель работы

8.1.1. Изучение конструкции и принципа работы трубчатого бункерного загрузочно – ориентирующего устройства (ТБЗУ).

8.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

8.1.3. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

8.2. Теоретическая часть

ТБЗУ относится к группе БЗОУ, выдающих детали непрерывным потоком. Кроме них в данную группу входят фрикционные и вибрационные БЗОУ.

Особенностью ТБЗУ является то, что они не нуждаются в механизмах для сбрасывания лишних деталей, так как переполнение трубки (захватного органа) не вызывает никаких задержек в работе. Кроме того, они отличаются простотой конструкции и могут легко переналаживаться на другой вид деталей. Существует несколько конструктивных форм ТБЗУ, которые различаются по виду движения (вращательное, возвратно-поступательное) и по тому, какая часть устройства совершает эти движения (чаша или трубка) [4,5].

Основным типом является ТБЗУ с вращающейся трубкой (рисунок а), которое рекомендуется применять для деталей средних размеров.

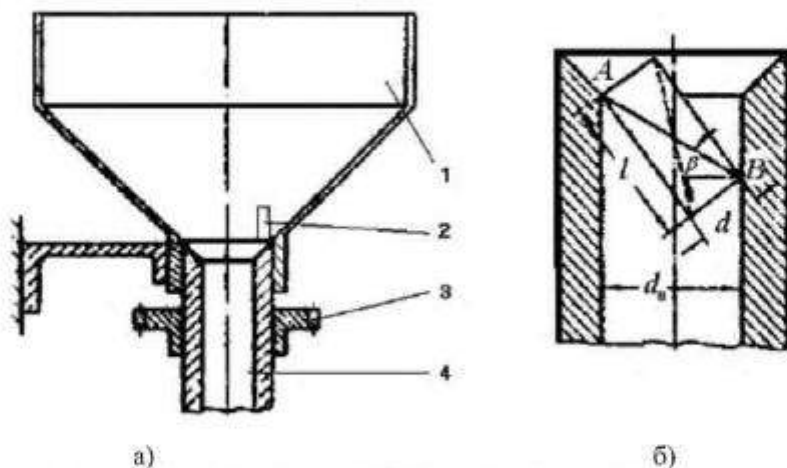


Рисунок 8.1 – Трубчатые БЗОУ: а) общий вид; б) схема расчета

Чаша 1 выполняется из листовой стали и приварена к корпусу, угол наклона ее дна равен $45...60^\circ$. Внутри корпуса вращается трубка 4, приводимая в движение от электродвигателя через пару зубчатых колес 3. Трубка имеет приемный конус с углом наклона образующей, равным $42...45^\circ$. В торец втулки вставлен ворошитель 2, выполненный в виде фляжка или штифта, который вращаясь вместе с трубкой, ворошит детали, засыпанные в чашу, и создает условия для их западания в нее, откуда они под действием сил тяжести попадают в приемное устройство.

Устройство с вращающейся чашей используется при относительно малых размерах деталей. БЗОУ с возвратно-поступательным движением разрезной трубки пригодно для загрузки дета-

лей типа пластин. Наиболее характерными деталями, ориентируемыми и выдаваемыми при помощи ТБЗОУ являются стержневые, симметричные относительно центра тяжести детали, не требующие вторичного ориентирования после выхода из бункера, первичное ориентирование которых заключается в совмещении их оси вращения (симметрии) с направлением перемещения.

Основным расчетным параметром, влияющим на производительность ТБЗОУ, служит внутренний диаметр трубки. Вероятность западания детали из навала (расположенной благоприятным для западания образом) в трубку пропорциональна квадрату ее диаметра. Увеличение отверстия трубки улучшает условия западания детали, поэтому диаметр отверстия d_B следует выбирать максимально возможным, однако его увеличение ограничивается двумя условиями:

1. Деталь не должна поворачиваться в такое положение, при котором возможно заклинивание.

2. В трубку не должно одновременно попадать две детали.

Возможность заклинивания детали наступит в том случае, если деталь сможет повернуться в положение, при котором диагональ AB продольного сечения образует с нормалью к поверхности трубки угол β , равный углу трения ρ (рисунок 8.1,б). Для удовлетворения первого условия необходимо, чтобы $\beta > \rho$. Диаметр отверстия трубки:

$$d_B = \sqrt{l^2 + d^2} \cos \beta,$$

где l – длина, d – диаметр детали.

Диаметр отверстия трубки, при котором возможно заклинивание, получим при $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \rho = f_c$. Введя коэффициент надежности $\phi = 0,9 \dots 0,95$, учитывающий колебания размеров деталей и трубки в пределах допуска, получим:

$$d_B = \frac{d \phi \sqrt{\left(\frac{l}{d}\right)^2 + 1}}{\sqrt{1 + f_c^2}}. \quad (8.1)$$

Для удовлетворения второго условия необходимо, чтобы

$$d_B = 2d\phi. \quad (8.2)$$

Определим размеры деталей по отношению $\frac{l}{d}$, для которых при расчете внутреннего диаметра трубки необходимо учитывать или оба условия, или можно принять только одно из этих условий. Приравняв выражения (8.1) и (8.2), получим:

$$\frac{l}{d} = \sqrt{4f_c^2 + 3}.$$

Тогда нижний предел данного отношения (при малых коэффициентах трения) будет равен 1,73, верхний предел – 2,4. Отсюда можно сделать следующие выводы:

1. Для деталей с $\frac{l}{d} < 1,73$ диаметр отверстия трубки следует рассчитывать по формуле (8.1).

2. Для деталей с $\frac{l}{d} = 1,73 \dots 2,4$ диаметр отверстия трубки необходимо вычислять по формулам (8.1) и (8.2) и принимать меньшее значение.

3. Для деталей с $\frac{l}{d} > 2,4$ достаточно рассчитать диаметр трубки по формуле (8.2).

Максимальную теоретическую производительность ТБЗУ можно определить, предположив, что детали, находящиеся в вертикальном положении над приемником, двигаются сплошным потоком (непрерывно). Интервал времени между поступлением в приемник каждой детали по закону равнопеременного прямолинейного движения равен

$$t_B = \sqrt{\frac{2l}{g}}.$$

Отсюда теоретическая производительность:

$$Q_T = \frac{1}{t_B}.$$

8.3 Порядок выполнения задания

8.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия ТБЗУ.

8.3.2. Получить у преподавателя номер варианта.

8.3.3. Произвести расчет основных конструктивных параметров трубчатого бункера (диаметр трубки, объем чаши) и его производительности в соответствии с данными таблицы 8.1. Для определения величины коэффициента трения скольжения использовать таблицу 2.2 (Практическое занятие №2).

Таблица 8.1 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чертеж детали 										
l , мм	25	26	30	35	37	40	42	29	28	34
d , мм	12	9	12	15	12	9	11	5	4	18
Материал чаши	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний
Материал детали	сталь	алю-ми-ний	медь	чу-гун	сталь	алю-ми-ний	медь	чу-гун	сталь	алю-ми-ний

8.4. Содержание отчета

- 8.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта (шифра) задания.
- 8.4.2. Цель практической работы.
- 8.4.3. Рисунок 8.1. с полученными в результате расчетов размерами.
- 8.4.4. Результаты расчетов.
- 8.4.5. Выводы.

8.5. Вопросы для самоконтроля

- 8.5.1. Почему ТБЗОУ не нуждаются в наличии устройств, предохраняющих приводной механизм от поломки в случае переполнения трубки?
- 8.5.2. Как различаются ТБЗОУ по характеру движения трубки?
- 8.5.3. Как отношение размерных параметров деталей (длина и диаметр) влияет на выбор выражения для расчета внутреннего диаметра трубки?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СПИРАЛЬНЫХ ЛОТКОВ ВИБРАЦИОННЫХ БЗОУ ДЛЯ ПАССИВНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ СО СМЕЩЕННЫМ ЦЕНТРОМ ТЯЖЕСТИ

9.1. Цель занятия

9.1.1. Изучение конструктивных особенностей транспортно-ориентирующих спиральных лотков ВБЗОУ, используемых для автоматического пассивного ориентирования в процессе движения объектов производства (ОП) конической, цилиндрической и плоской формы со смещенным относительно центра симметрии (ЦС) центром тяжести (ЦТ).

9.1.2. Изучение методики расчета и выбора конструктивных параметров транспортно-ориентирующих спиральных лотков в зависимости от размеров, формы и положения центра тяжести ОП.

9.1.3. Получение практических навыков расчета и проектирования транспортно-ориентирующих спиральных лотков ВБЗОУ.

9.2. Теоретическая часть

Под **автоматическим ориентированием** подразумевается процесс, в течение которого объекты производства (ОП) без участия человека приводятся из хаотического состояния в определенное, наперед заданное положение, относительно ориентирующих поверхностей загрузочных устройств, например, ВБЗОУ.

Под **пассивным автоматическим ориентированием** понимается процесс отсева (удаления) неправильно расположенных ОП и сохранение ОП, занимающих наперед заданное (требуемое) положение для осуществления технологического процесса (сборка, обработка, контроль и др.).

Автоматическое ориентирование можно рассматривать как процесс приведения ОП из одного **устойчивого** или **различимого** положения в другое заданное устойчивое или различимое положение относительно ориентирующих поверхностей грузозачного устройства.

Большую группу составляют ОП, относящиеся к классам деталей типа тел вращения и плоской формы со смещенным относительно центра симметрии центром тяжести.

Ориентирование ОП типа тел вращения

Примеры конструктивного исполнения ОП, относящихся к классу деталей типа тел вращения с $l_1 / d_1 = 1,5 \dots 2$, характеризующихся наличием одной **оси симметрии**, совпадающей с осью вращения $O - O$, и смещенным вдоль нее ЦТ относительно ЦС, равноудаленного от торцов ОП, показаны на рисунке 9.1.

Теоретически, каждый из приведенных на рисунке ОП может занимать на транспортно-ориентирующей поверхности спирального лотка ВБЗОУ шесть **различимых положений**, т.е. таких положений, при которых проекции ОП на эту поверхность **неповторимы**.

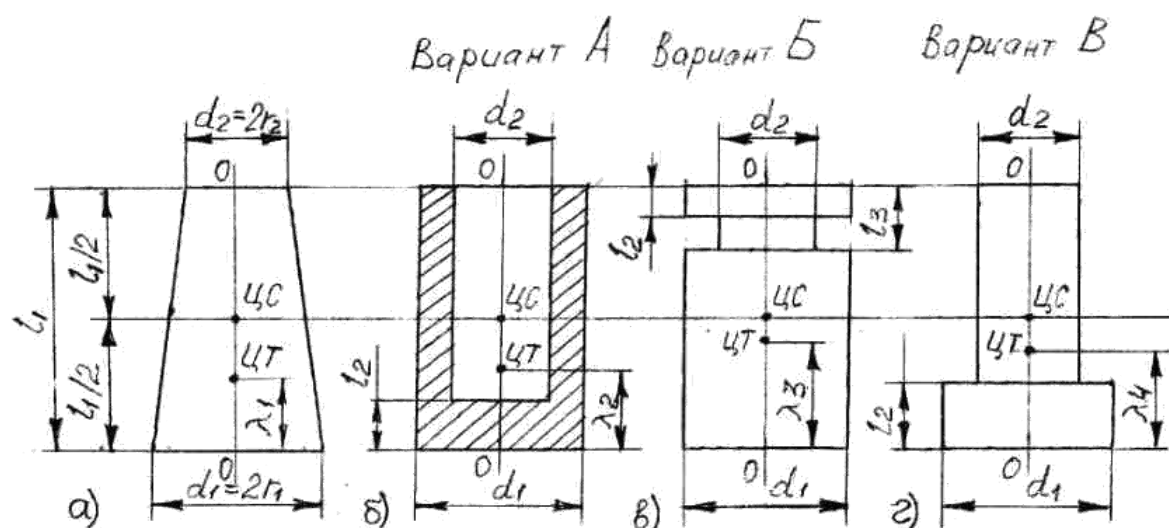


Рисунок 9.1 - Примеры ОП типа тел вращения со смещенным ЦТ относительно ЦС

Рассматриваемый ниже в качестве примера ОП в виде усеченного конуса (рисунок 9.1,а) может находиться на транспортно-ориентирующей поверхности спирального лотка ВБЗОУ в следующих **шести** различимых положениях:

- **четыре неустойчивых положения** при контакте наружной конической образующей поверхности с ориентирующей поверхностью спирального лотка, в том числе, **два** – вперед по ходу движения торцом большего или меньшего диаметра и **два** – торцами большего и ли меньшего диаметра, обращенными к внутренней поверхности чаши;

- **два устойчивых положения** на торцовых поверхностях большего d_1 или меньшего d_2 диаметра (рисунок 9.2,б).

Процесс пассивного автоматического ориентирования сводится к тому, что из **шести** различимых положений ОП на ориентирующей поверхности спирального лотка ВБЗОУ необходимо сохранить лишь **одно**, наперед заданное **наиболее** устойчивое положение, каким в рассматриваемом случае является положение ОП, контактирующего с этой поверхностью торцом большего диаметра d_1 .

Спиральный лоток 2 выполнен на внутренней цилиндрической поверхности чаши 1 с наклоном под углом α_1 внутрь чаши, и снабжен по краю ребордой (упорным буртиком) 3, высотой 1,5...2 мм, удерживающей ОП от соскальзывания с лотка, шаг которого

$$t = 1,4l + \delta, \quad (9.1)$$

где l – размер ОП, находящегося в заданном положении, взятый по нормали к ориентирующей поверхности лотка; $\delta = 3...5$ мм – толщина лотка, а ширина

$$B = d_1 + (2...5) \text{ мм}. \quad (9.2)$$

Условно, процесс ориентирования может быть представлен двумя стадиями.

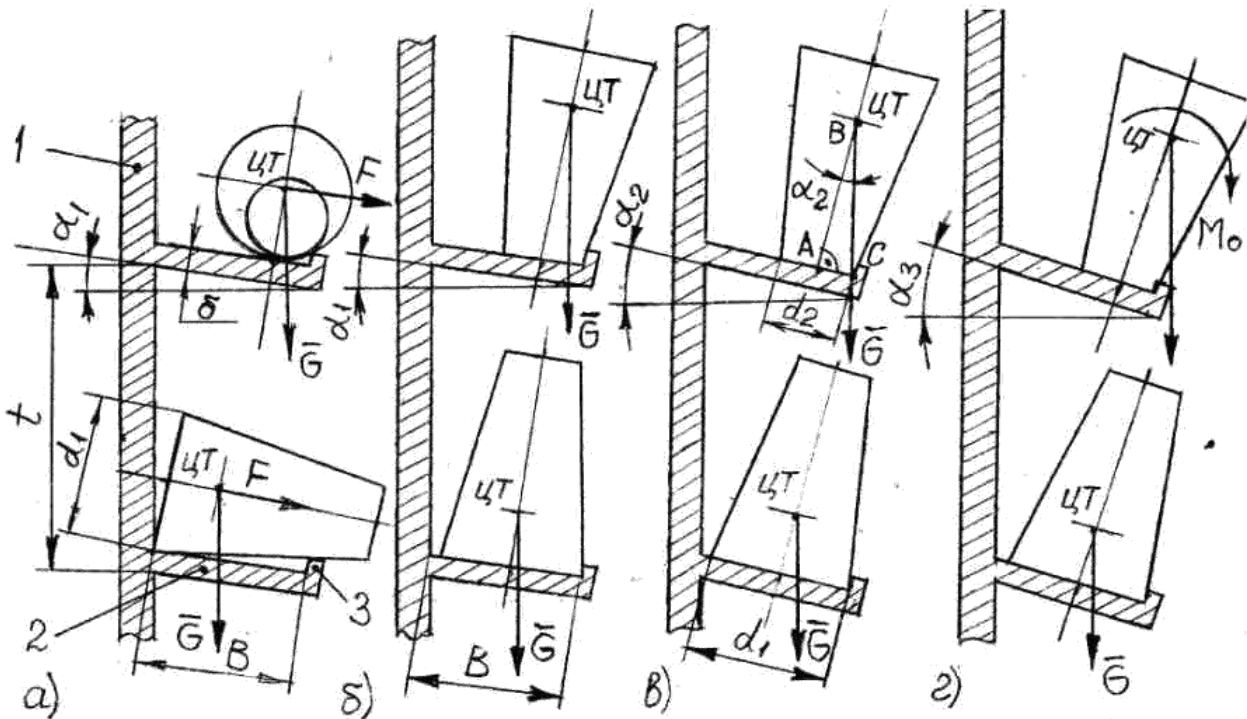


Рисунок 9.2 – Стадии пассивного ориентирования ОП в виде усеченного конуса

На **первой стадии ориентирования**, благодаря наклону лотка, обеспечивающему возникновение направленных к центру чаши сил F , происходит отсев (скатывание, соскальзывание) **неустойчиво расположенных** ОП, контактирующих с ним по наружной конической поверхности (рисунок 9.2,а), и остаются ОП, контактирующие с лотком торцовыми поверхностями (рисунок 9.2,б), **устойчивость** которых обеспечивается тем, что вектор силы тяжести $\bar{G}$, направленный под углом α_1 к оси симметрии О-О, проходит через опорные площадки, ограниченные диаметрами d_1 и d_2 .

Вторая стадия заключается в отсеве ОП, занимающих одно из двух различных положений, что достигается увеличением угла наклона, т.е. выполнением лотка с углом наклона $\alpha_2 > \alpha_1$, вызывающим переход ОП, контактирующего торцом меньшего диаметра d_2 с поверхностью лотка, из устойчивого положения в **неустойчивое**, (рисунок 9.2,в), при котором вектор силы тяжести $\bar{G}$ проходит через границу опорной площадки диаметром d_2 . ОП с диаметром опорной поверхности $d_1 > d_2$ сохраняют устойчивость, так как вектор $\bar{G}$ не выходит за ее границу.

Угол α_2 отклонения вектора $\bar{G}$ от оси симметрии О-О определяется из ΔABC : 185

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = 0,5 d_2 / (1 - \lambda_1) = r_2 / (1 - \lambda_1);$$

$$\alpha_2 = \arctg (r_2 / (1 - \lambda_1)), \quad (9.3)$$

где $\lambda_1 = 0,25 [(r_1^2 + 2 r_2 r_1 + 3 r_2^2)] / (r_1^2 + r_2 r_1 + r_2^2)$ – координата расположения центра тяжести (ЦТ) вдоль оси симметрии ОП.

Таким образом, выполнение спирального лотка с углом наклона

$$\alpha_3 = \alpha_2 + (1 \dots 3)^\circ,$$

приводит к выходу проекции вектора силы тяжести $\vec{G}$ за границу опорной поверхности диаметром d_2 , увеличению опрокидывающего момента M_o , способствующего гарантированному удалению ОП с поверхности спирального лотка (рисунок 9.2,г).

Координаты расположения центров тяжести ОП, приведенных на рисунке 9.1, могут быть рассчитаны с помощью выражений:

для ОП на рисунке 9.1,б:

$$\lambda_2 = 0,5 l_1 - l_2 / (d_1^2 / d_2^2 - 1); \quad (9.4)$$

для ОП на рисунке 9.1, в:

$$\lambda_3 = 0,5 l_1 - (l_3 - l_2) (1 - d_2^2 / d_1^2); \quad (9.5)$$

для ОП на рисунке 9.1, г:

$$\lambda_4 = 0,5 l_1 - l_2 (d_1^2 / d_2^2 - 1). \quad (9.6)$$

Ориентирование ОП плоской формы

Варианты конструктивного исполнения ОП плоской формы, с соотношением размерных параметров $l_1 > b_1 > h$, где l_1 – длина, b_1 – ширина, h – высота (толщина), показаны на рисунке 9.3.

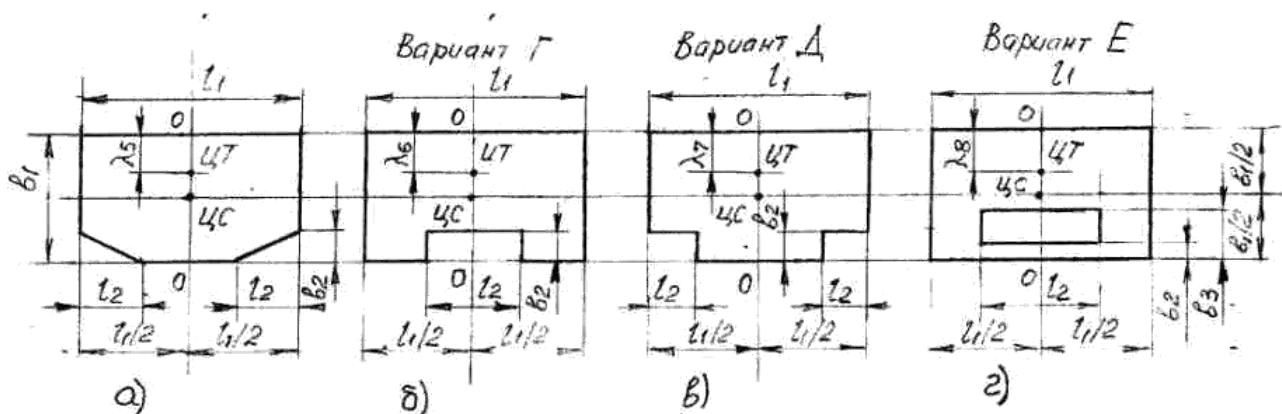


Рисунок 9.3 – Примеры ОП плоской формы со смещенным центром тяжести

Они характеризуются наличием **двух плоскостей симметрии** – продольной П1 и поперечной П2 (рисунок 9.4,а), образующих при пересечении **поперечную ось симметрии** О-О, а также смещенным относительно ЦС вдоль этой оси ЦТ, равноудаленного от сторон длиной l_1 и b_1 .

Данные ОП могут занимать на ориентирующей поверхности спирального лотка 12 различных положений:

- **четыре**, на гранях высотой (толщиной) h и длиной l_1 , параллельных направлению движения по лотку, отличающихся друг от друга расположением скошенных углов по отношению к поверхности лотка;

- **четыре**, на гранях высотой (толщиной) h и длиной l_1 , перпендикулярных направлению движения по лотку, также отличающихся друг от друга расположением скошенных углов по отношению к поверхности лотка;

- **четыре**, на гранях со сторонами l_1 и b_1 , параллельно или перпендикулярно расположенных по отношению к направлению движения по лотку и также отличающихся друг от друга расположением скошенных углов.

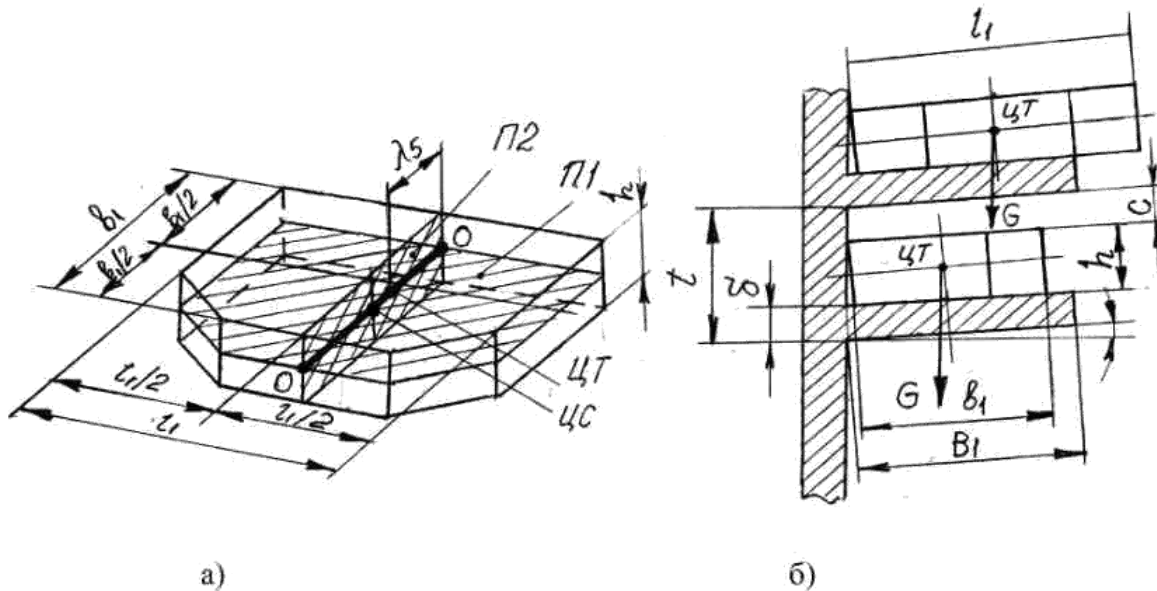


Рисунок 9.4 – Плоскости и оси симметрии ОП плоской формы (а) и конструктивные параметры спирального лотка для их транспортирования и ориентации (б).

Для принятого за требуемое (заданное) положение ОП после ориентирования, показанного на рисунке 9.5 (положение 1), с учетом их размерных параметров, определяются конструктивные параметры спирального лотка чаши ВБЗОУ (рисунок 9.4,б):

$$\text{ширина} \quad B_1 = b_1 + (1 \dots 3) \text{ мм}; \quad (9.7)$$

$$\text{шаг} \quad t = C + \delta, \quad (9.8)$$

где $C = 1,4 h$ – расстояние между витками спирального лотка, обеспечивающее однослойное расположение на нем ОП, а также удовлетворяющее условию

$$C < b_1 < l_1. \quad (9.9)$$

Угол наклона ориентирующей поверхности лотка к внутренней поверхности чаши, обеспечивающий контакт с ней ОП в процессе движения и исключающий соскальзывание ОП с лотка внутрь чаши

$$\alpha = 1 \dots 3^\circ.$$

Процесс пассивного ориентирования плоских ОП также можно разделить на две стадии (рисунок 9.5).

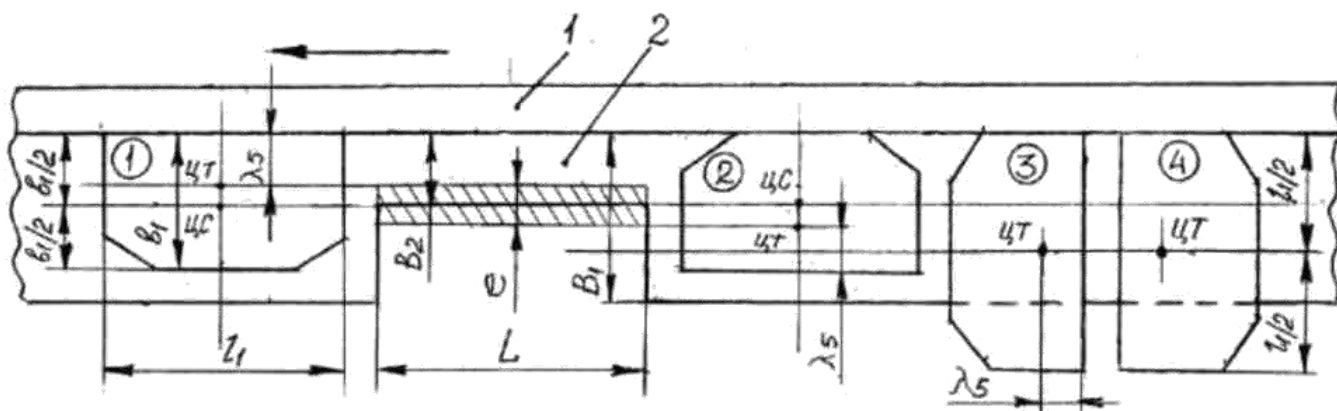


Рисунок 9.5 – Стадии пассивного ориентирования плоских деталей

На **первой стадии** за счет выполнения спирального лотка с шагом t , определенным с помощью выражения (9.8), и с учетом выражения (9.9), исключается попадание в зазор C между его витками ОП, занимающих устойчивые (различные) положения при контакте их граней высотой (толщиной) h с ориентирующей поверхностью лотка. Таким образом исключаются **8 (восемь)** различных положений из **12**, и на лотке остаются ОП, находящиеся в **четырёх** различных и устойчивых положениях, при которых проекции вектора силы тяжести G пересекают ориентирующую (опорную) поверхность лотка (рисунок 9.4,б).

На **второй стадии** с помощью выреза длиной L (рисунок 9.5) достигается уменьшение ширины лотка до размера B_2 , обеспечивающая удаление с поверхности лотка ОП, еще три устойчивых и различных положения (положения 2, 3, 4), при которых вектор силы тяжести G в момент прохождения этими ОП зоны выреза выходит за пределы опорной поверхности лотка шириной B_2 .

В результате на лотке остаются ОП, находящиеся в наперед заданном положении 1.

Получение данного результата ориентирования обеспечивается расположением края участка лотка шириной B_2 в зоне площадью $e \times L$ (рисунок 9.5), где e – расстояние между центрами тяжести ОП, находящимися в положениях 1 и 2, L – длина выреза:

$$e = b_1 - 2\lambda_5; \quad (9.10)$$

$$L = l_1 + (3 \dots 5) \text{ мм.} \quad (9.11)$$

На основании выражения (9.10), при определении ширины лотка B_2 в зоне выреза необходимо руководствоваться условием

$$\lambda_5 < B_2 < (b_1 - \lambda_5). \quad (9.12)$$

На практике, с учетом колебаний размеров ОП в пределах допуска и паразитных поперечных колебаний чаши ВБЗОУ, вызывающих смещение ОП в поперечном по отношению к спиральному лотку направлении и выход проекции силы тяжести G за пределы опорного участка лотка шириной B_2 , рекомендуется руководствоваться условиями

$$1,25 \lambda_5 < B_2 < 0,75 (b_1 - \lambda_5) \text{ и } B_2 < 0,5 l_1. \quad (9.13)$$

Например, при $b_1 = 40$ мм, $b_2 = 10$ мм, $l_1 = 50$ мм и $l_2 = 10$ мм, на основании выражения (9.14) получаем $\lambda_5 = 18$ мм. Затем, руководствуясь выражением (9.12), определяем предельные значения ширины лотка B_2 в зоне выреза:

$$18 \text{ мм} < B_2 < 32 \text{ мм,}$$

т.е. теоретически, минимальная ширина $B_{2 \min} = 18$ мм, а максимальная $B_{2 \max} = 32$ мм.

С учетом выражения (9.13) величина B_2 должна находиться в пределах

$$22,5 \text{ мм} < B_2 < 40 \text{ мм}$$

и

$$B_2 < 25 \text{ мм.}$$

Основываясь на полученных результатах расчетов, рекомендованная для практического использования ширина лотка B_2 в зоне выреза может быть выбрана в пределах от 22,5 мм до 24,0 мм, например $B_2 = 23$ мм. Данная величина удовлетворяет условиям (9.12) и (9.13), а именно:

$$22,5 \text{ мм} < 23 \text{ мм} < 40 \text{ мм}$$

и

$$23 \text{ мм} < 25 \text{ мм.}$$

Координаты расположения центров тяжести ОП плоской формы, представленных на рисунке 9.3 определяются с помощью следующих выражений:

Координаты расположения центров тяжести ОП плоской формы, представленных на рисунке 9.3 определяются с помощью следующих выражений:

для ОП на рисунке 9.3,а:

$$\lambda_5 = 0,5 b_1 - l_2 b_2 / l_1 ; \quad (9.14)$$

для ОП на рисунке 9.3,б:

$$\lambda_6 = 0,5 b_1 - l_2 b_2 / l_1 ; \quad (9.15)$$

для ОП на рисунке 9.3,в;

$$\lambda_7 = 0,5 b_1 - 2 l_2 b_2 / l_1 ; \quad (9.16)$$

для ОП на рисунке 9.3,г:

$$\lambda_8 = 0,5 b_1 - l_2 (b_3 - b_2) / l_1 . \quad (9.17)$$

Таблица 9.1- Варианты заданий

Параметры	Варчанты рисунка 9.1												Варианты рисунка 9.3											
	А				Б				В				Г				Д				Е			
	Размеры параметров, мм																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
d_1	30	27	24	20	35	30	25	20	30	27	24	20												
d_2	20	18	15	10	25	20	15	10	20	18	15	10												
l_1	45	40	36	30	50	45	37	30	45	40	36	30	50	48	46	44	50	48	46	44	46	44	42	40
l_2	15	10	8	7	10	10	7	5	15	10	8	7	30	30	26	24	10	10	10	10	30	30	28	26
l_3					20	20	15	10																
b_1													40	38	34	30	40	38	34	30	32	30	28	24
b_2													10	8	6	5	5	5	5	5	5	4	3	2
b_3																					5	4	3	3
h													20	15	12	10	18	16	14	12	16	15	14	10

9.3. Порядок выполнения задания

9.3.1. Получить у преподавателя вариант задания, и используя таблицу 9.1 выполнить эскизы деталей типа тела вращения и плоской формы с соответствующими размерными параметрами.

9.3.2. Ознакомиться с методиками расчета и выбора конструктивных параметров спиральных ориентирующих лотков ВБЗОУ (раздел 9.2) для ОП, выбранных в качестве примеров.

9.3.3. По аналогии со схемами на рисунках 9.2, 9.4 и 9.5 выполнить схемы, отражающие процесс пассивного автоматического ориентирования заданного ОП.

9.3.4. Выполнить расчеты параметров спиральных лотков, используя приведенные в разделе 9.2 выражения.

9.3.5. Описать стадии пассивного автоматического ориентирования заданных ОП, характеризующихся смещенным центром тяжести относительно центра симметрии.

9.4. Содержание отчета

9.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера и параметров варианта практического задания.

9.4.2. Цель практической работы.

9.4.3. Схемы, результаты расчетов, описания стадий ориентирования.

9.4.4. Выводы.

9.5. Вопросы для самоконтроля

9.5.1. Какое ориентирование ОП в ВБЗОУ называется пассивным автоматическим ориентированием?

9.5.2. Какие положения ОП относительно ориентирующих поверхностей транспортного спирального лотка называются различными?

9.5.3. Какие положения ОП на ориентирующей поверхности считаются устойчивыми?

9.5.6. Какое положение ОП на ориентирующей поверхности считается неустойчивым?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №23

ОСНОВЫ ВЫБОРА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ К ПР

Цель работы: изучить основы выбора и конструирования захватных устройств к ПР.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: основные расчетные характеристики при проектировании захватных устройств, схема и методика определения силы зажима заготовок в захватных устройствах ПР цангового типа.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: получение практических навыков и расширение теоретических знаний в вопросах выбора и конструирования средств технического оснащения РТК.

Актуальность темы: В состав технологической оснастки роботизированного технологического комплекса (РТК) входит совокупность устройств и приспособлений, обеспечивающих взаимодействие его основного и вспомогательного оборудования как единого целого в автоматическом режиме.

Серийно выпускаемые РТК поставляются заказчику, как правило, с универсальной (широкодиапазонной) оснасткой, оказывающейся в ряде случаев ограничено пригодной для существующего производства. Часто роботизированные комплексы создаются самими производителями на базе действующего на предприятии оборудования. От правильного выбора и конструкции оснастки в данном случае в значительной степени зависит технологическая стыковка и работоспособность оборудования РТК. Поэтому разработка и оснащение РТК специальными устройствами и приспособлениями является одной из важнейших задач технологической подготовки роботизированного производства.

В состав технологической оснастки роботизированных комплексов в наиболее общем случае входят захватное устройство к промышленному роботу (ПР), устройства для установки и ориентации заготовок в операционном накопителе, установочные приспособления для станочного оборудования, а также ряд других устройств, состав и конструкция которых зависит от особенностей конкретного производства.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основные требования, предъявляемые при разработке захватных устройств к ПР, заключаются в обеспечении автоматического захвата обрабатываемой заготовки, ориентировании ее по отношению к кинематическим осям робота, надежном удержании заготовки в процессе транспортирования и установки, а

также в беспрепятственном их взаимодействии в рабочей зоне с установочным приспособлением.

Вид захвата определяется формой, размерами, массой и свойствами материала перемещаемого предмета, а также специфическими требованиями выполняемого технологического процесса.

Основными расчетными характеристиками при проектировании захватных устройств к ПР являются:

- определение силы закрепления заготовки в захвате;
- определение силы привода зажима заготовки; проверка на прочность деталей захвата;
- проверка на отсутствие повреждений материала заготовки в местах контакта с захватом;
- проверка на удержание заготовки в захвате при манипулировании в режимах разгона и торможения.

На рис. 1 приведена схема действующих сил на заготовку в цанговом захвате ПР при ее закреплении и транспортировании. Как видно из рис. 1, сила закрепления заготовки P_r должна обеспечить ее надежное центрирование и удерживать от самопроизвольного падения под действием собственной массы G , сил инерции F_a , $F_{цб}$ при транспортировании, а также других случайных сил.

Из рассмотрения условия равновесия действующих сил относительно точки O можно показать, что сила закрепления заготовки в захвате будет равна

$$P_r = \frac{F_{цб}D + (G + F_a)l_3}{2Df_{тр}} = \frac{m(\frac{v^2D}{R} + (g + a)l_3)}{2Df_{тр}} \quad (1)$$

где m - масса заготовки, кг;

v - максимальная линейная скорость заготовки при вращении руки ПР вокруг оси Z , м/с;

D - диаметр сопрягаемой части заготовки, м;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

a - максимальное ускорение при подъеме руки ПР по оси Z , м/с^2 ;

l_3 - длина заготовки, м ;

$f_{\text{тр}}$ - коэффициент трения (для контактирующей пары сталь + алюминий $f_{\text{тр}} = 0,02 \dots 0,08$).

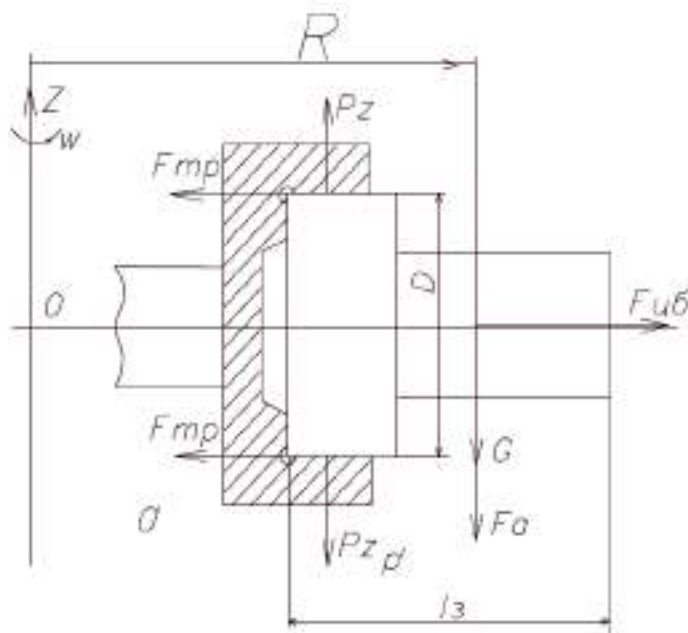


Рис. 2.1 Расчетная схема для определения усилия закрепления заготовки в схвате ПР

Значение линейной скорости заготовки при вращении руки ПР составит (м/с)

$$V = \omega R = \frac{2\pi R}{T}$$

где R - максимальный вылет руки ПР с заготовкой ($R = 2 \text{ м}$);

T - минимальное значение периода вращения руки ПР, с.

$T = 360/\omega$,

где ω - максимальная угловая скорость вращения руки ПР ($\omega = 60 \text{ угл. град/с}$).

Величину линейного ускорения a при подъеме заготовки по оси Z можно принять равной

$$a = V_{\max}/\eta,$$

где $V_{\max}$ - максимальная скорость подъема руки по оси Z ($V_{\max} = 0,5$ м/с);

η - время разгона и торможения привода ПР ($\eta = 0,1 \dots 0,3$ с).

Наибольшую силу закрепления заготовки в осевом направлении (силу снятия заготовки $Q_{\text{сн}}$), которую может обеспечить цанговый захват ПР, можно определить по формуле

$$Q_{\text{сн}} = \frac{P_r f_{\text{тр}}}{K} \quad (2)$$

где P_r - сила зажима заготовки в цанговом захвате, Н;

$f_{\text{тр}}$ - коэффициент трения;

K - коэффициент, учитывающий действие случайных сил, равный произведению трех коэффициентов

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

где K_1 - коэффициент безопасности, значение которого зависит от условий работы ПР и расположения других элементов РТК и составляет $K_1 = 1,2 \dots 2,0$;

K_2 - коэффициент, зависящий от максимального ускорения a , с которым ПР перемещает заготовку, закрепленную в захвате, $K_2 = 1 + a/g$;

K_3 - коэффициент передачи, зависящий от конструкции захвата и расположения в нем заготовки.

В нашем случае $K_3 = 3l'/(nb)$,

где l' - расстояние до центра тяжести заготовки, м;

b - глубина заделки заготовки в захвате, м;

n - количество пар лепестков цанги, шт.

В техническом задании на проектирование захватного устройства к ПР достаточно указать вид захвата, привести его основные конструктивные размеры (размеры посадочных поверхностей), привести схемы базирования и сил закреп-

ления заготовки в нем; по формулам (1), (2) определить значения этих сил, т.е. P_r и $Q_{сн}$.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

На основании приведенных данных каждый студент для своего варианта должен определиться с принципиальной схемой базирования и закрепления заготовки, произвести по приведенным формулам необходимые расчеты и составить исходные данные для технического задания на проектирование основных средств технического оснащения РТК: захватного устройства к ПР.

№	m, кг	$f_{тр}$	Для промышленного робота				Для операционного накопителя					Для оправки- ключа		
			D	l_2	b	n	S_d	$\bar{b}$	d	l_2	n	γ	$D_{ср}$	$D_{ш}$
			мм			шт.	мм				шт.	град	мм	
1	0,2	0,02	60	60	15	5	2	19	40	30	4	20	24	28
2	0,5	0,03					3	18				22		
3	0,7	0,05					2,5	18,5				24		
4	0,1	0,07					1	20				26		
5	0,15	0,08					1,5	19,5				28		
6	0,1	0,08	70	80	16	6	1	12	50	40	6	30	22	26
7	0,3	0,07					1,5	11,5				32		
8	0,4	0,06					2	11				34		
9	0,6	0,04					2,5	10,5				36		
10	0,8	0,03					3	10				38		
11	0,15	0,04	80	40	11	4	1	33	60	40	3	40	20	24
12	0,2	0,06					1	33,5				42		
13	0,25	0,08					1	34				44		
14	0,3	0,1					1	34,5				46		
15	0,35	0,12					1	35				48		

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями выполнения работы.
- 2 Получить у преподавателя вариант задания.

3. По формулам (1), (2), приняв значения коэффициента $K_1 = 1,6$, определить для своего варианта силы закрепления заготовки в цанговом захвате P_r и $Q_{сн}$. Результаты расчетов занести в таблицу

Для захвата промышленного робота					
P_r	$Q_{сн}$	K_1	K_2	K_3	K
Н					

1. Что входит в состав средств технологического оснащения РТК, и какую задачу они выполняют?
2. Приведите конструкции и перечислите основные требования, которые предъявляются к захватным устройствам ПР.
3. Приведите расчетную схему и методику определения силы зажима заготовок в захватных устройствах ПР цангового типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Родина, А.А. Технологическое оснащение автоматизированных производств на базе РТК: учеб. пособие/А.А. Родина, А.Н. Колодин, Б.Н. Хватов. -Тамбов, 2014.-82 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №24

ОСНОВЫ ВЫБОРА И КОНСТРУИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАГОТОВОК В ОПЕРАЦИОННЫХ НАКОПИТЕЛЯХ РТК

Цель работы: ознакомиться с основами выбора и конструирования устройств размещения заготовок в операционных накопителях РТК

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: схема для определения усилия зажима заготовок на цанговых оправках накопителя

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: получение практических навыков и расширение теоретических знаний в вопросах выбора и конструирования средств технического оснащения РТК.

Актуальность темы: В состав технологической оснастки роботизированного технологического комплекса (РТК) входит совокупность устройств и приспособлений, обеспечивающих взаимодействие его основного и вспомогательного оборудования как единого целого в автоматическом режиме.

Серийно выпускаемые РТК поставляются заказчику, как правило, с универсальной (широкодиапазонной) оснасткой, оказывающейся в ряде случаев ограничено пригодной для существующего производства. Часто роботизированные комплексы создаются самими производителями на базе действующего на предприятии оборудования. От правильного выбора и конструкции оснастки в данном случае в значительной степени зависит технологическая стыковка и работоспособность оборудования РТК. Поэтому разработка и оснащение РТК специальными устройствами и приспособлениями является одной из важнейших задач технологической подготовки роботизированного производства.

В состав технологической оснастки роботизированных комплексов в наиболее общем случае входят захватное устройство к промышленному роботу (ПР), устройства для установки и ориентации заготовок в операционном накопителе, установочные приспособления для станочного оборудования, а также ряд других устройств, состав и конструкция которых зависит от особенностей конкретного производства.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Операционные накопители (например, тактовый стол в виде цепного манипулятора модели ТС 999-02) предназначены для хранения запаса заготовок и подачи их в зону захвата ПР в строго ориентированном положении.

С целью адаптации к условиям конкретного производства операционные накопители в зависимости от конструкции, габаритов и массы заготовок, как

правило, дооснащаются специальной оснасткой в виде оправок, ложементов и др.

Особенностями операционного накопителя, используемого в нашем случае, является применение в нем в качестве накопления и ориентации объектов производства специальных двухрядных цанговых стоек, устанавливаемых на палеты тактового стола мод. ТС 999-02.

На рис. 1 приведена расчетная схема для определения усилия закрепления заготовок на цанговых оправках подобного рода. Как видно из приведенной схемы, закрепление заготовки происходит за счет силы трения на поверхности контакта заготовки и лепестков цанги, вызываемой за счет упругой деформации последних на величину f .

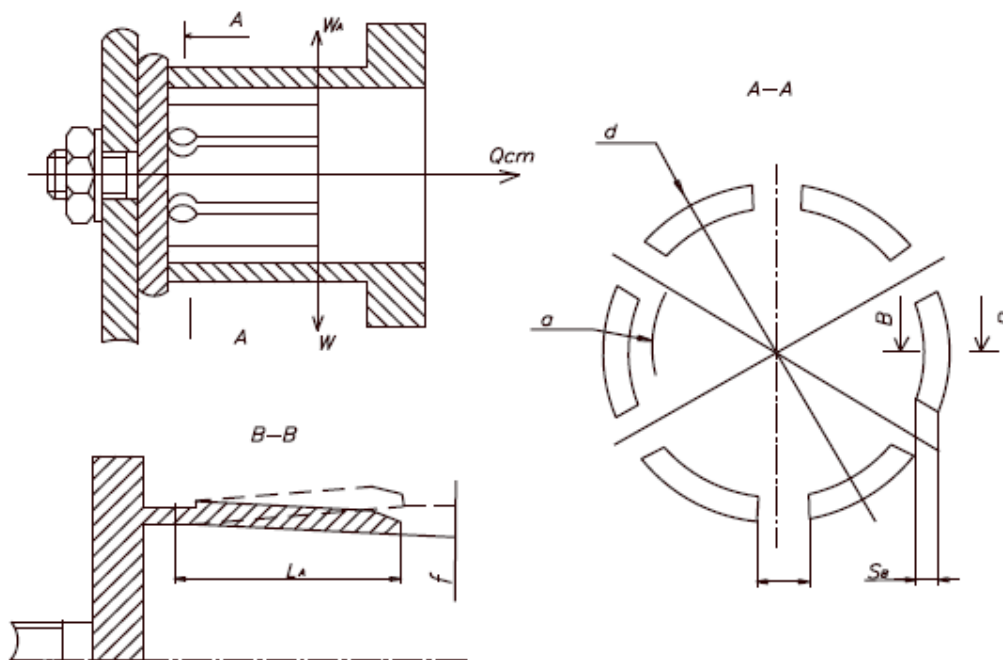


Рис. 1 - Расчетная схема для определения усилия зажима заготовок на цанговых оправках накопителя

Силу зажима W_{Σ} , развиваемую цангой при упругой деформации ее лепестков на величину f , можно определить по формуле

$$W_{\Sigma} = \frac{K_{\delta} Q_{CH}}{f_{mp}} \quad (3)$$

где K_{δ} - коэффициент запаса, равный 1,5...2,0 для оправок верхнего ряда накопителя и $K_{\delta} = 0,4...0,5$ - для оправок нижнего ряда;

Q_{CH} - сила закрепления заготовки в цанговом схвате ПР в осевом направлении, Н;

f_{mp} - коэффициент трения (для контактирующих пар сталь + алюминий $f_{mp} = 0,02...0,08$).

При этом сила зажима, развиваемая одним лепестком, составит

$$W_{\text{л}} = \frac{W_{\Sigma}}{n} \quad (4)$$

где n — число лепестков в цанге.

Рассматривая лепесток цанги, как консольно закрепленную балку, можно определить величину прогиба лепестка при этом, как

$$f = \frac{W_{\text{л}} l_{\text{л}}^3}{3EI} \quad (5)$$

где E - модуль упругости материала цанги, Па ($E = 2,2 \times 10^{11}$ Па для стали);

I - момент инерции сечения лепестка в месте заделки, м⁴;

$l_{\text{л}}$ - длина лепестка от места заделки, м.

Так как сечение лепестка цанги представляет собой сектор кругового кольца (см. рис. 1), то момент инерции I можно определить по формуле

$$I = \frac{d^3 S_{\text{л}}}{8} \alpha + \sin \alpha \cos \alpha - \frac{2 \sin^2 \alpha}{\alpha}$$

где d - наружный диаметр лепестка в месте заделки, м; $S_{\text{л}}$ - толщина лепестка, м;

α - половина угла сектора лепестка, рад.

Угол α можно найти из соотношения

$$\alpha = \frac{2\pi - n \cdot 2 \arctg 0,5\delta}{2n} \quad 0,5d - S_{\text{л}}$$

где δ - ширина пазов в лепестках цанги, м; n - количество лепестков, шт.

Для обеспечения заданной силы закрепления наружный диаметр цанги $D_{\text{ц}}$ должен быть больше посадочного диаметра заготовки d на величину $2f$, т.е.

$$D_{\text{ц}} = (d + 2f) \cdot 10^{-3} \text{ (мм)} \quad (6)$$

В техническом задании на проектирование цанговых оправок в зависимости от величины обеспечения ими усилия зажима заготовки (3), (4) из конструктивных соображений назначаются число лепестков n цанги, значения наружного диаметра сектора d в месте заделки лепестков, толщина $S_{\text{л}}$ и длина $l_{\text{л}}$ каждого лепестка и приводятся определенные расчетным путем значения упругой деформации (прогиба) f лепестков цанги по обеспечению заданного усилия зажима заготовки (5) и наружного диаметра цанги $D_{\text{ц}}$ в свободном состоянии (6).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

На основании приведенных данных каждый студент для своего варианта должен определиться с принципиальной схемой базирования и закрепления заготовки, произвести по приведенным формулам необходимые расчеты и составить исходные данные для технического задания на проектирование основных средств технического оснащения РТК: для операционного накопителя.

По формулам (3) - (6), приняв для верхнего ряда накопителя значение $K_{\delta} = 1,75$ и для нижнего ряда $K_{\delta} = 0,45$, определить основные параметры цанговых оправок, силу закрепления заготовок на цангах и их геометрические параметры. Результаты расчетов занести в табл.

№ варианта	Для операционного накопителя								α	I
	верхний ряд оправок				нижний ряд оправок					
	$W_{\text{л}}$	W_{Σ}	f	$D_{\text{ц}}$	$W_{\text{л}}$	W_{Σ}	f	$D_{\text{ц}}$		
	Н		мм		Н		мм			

1 Ознакомиться с методическими указаниями выполнения работы.

2 Получить у преподавателя вариант задания.

№	m, кг	f_{mp}	Для промышленного робота				Для операционного накопителя					Для оправки- ключа		
			D	I_2	b	n	S_{Π}	$\bar{b}$	d	I_2	n	γ	D_{cp}	$D_{ш}$
			мм			шт.	мм				шт.	град	мм	
1	0,2	0,02	60	60	15	5	2	19	40	30	4	20	24	28
2	0,5	0,03					3	18				22		
3	0,7	0,05					2,5	18,5				24		
4	0,1	0,07					1	20				26		
5	0,15	0,08					1,5	19,5				28		
6	0,1	0,08	70	80	16	6	1	12	50	40	6	30	22	26
7	0,3	0,07					1,5	11,5				32		
8	0,4	0,06					2	11				34		
9	0,6	0,04					2,5	10,5				36		
10	0,8	0,03					3	10				38		
11	0,15	0,04	80	40	11	4	1	33	60	40	3	40	20	24
12	0,2	0,06					1	33,5				42		
13	0,25	0,08					1	34				44		
14	0,3	0,1					1	34,5				46		
15	0,35	0,12					1	35				48		

3. Перечислите основные требования, которые предъявляются к операционным накопителям РТК.

4. Приведите методику расчета сил закрепления заготовок на цанговых оправках операционного накопителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Родина, А.А. Технологическое оснащение автоматизированных производств на базе РТК: учеб. пособие/А.А. Родина, А.Н. Колодин, Б.Н. Хватов. -Тамбов, 2014.-82 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №25

ОСНОВЫ ВЫБОРА И КОНСТРУИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В РТК. ОСНОВЫ ВЫБОРА И КОНСТРУИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ-ОТКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ РТК

Цель работы: изучить основы выбора и конструирования станочных приспособлений в РТК. Основы выбора и конструирования устройств автоматического закрепления-открепления заготовок на станках РТК

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы:

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: получение практических навыков и расширение теоретических знаний в вопросах выбора и конструирования средств технического оснащения РТК.

Актуальность темы: В состав технологической оснастки роботизированного технологического комплекса (РТК) входит совокупность устройств и приспособлений, обеспечивающих взаимодействие его основного и вспомогательного оборудования как единого целого в автоматическом режиме.

Серийно выпускаемые РТК поставляются заказчику, как правило, с универсальной (широкодиапазонной) оснасткой, оказывающейся в ряде случаев ограниченно пригодной для существующего производства. Часто роботизированные комплексы создаются самими производителями на базе действующего на предприятии оборудования. От правильного выбора и конструкции оснастки в данном случае в значительной степени зависит технологическая стыковка и работоспособность оборудования РТК. Поэтому разработка и оснащение РТК специальными устройствами и приспособлениями является одной из важнейших задач технологической подготовки роботизированного производства.

В состав технологической оснастки роботизированных комплексов в наиболее общем случае входят захватное устройство к промышленному роботу (ПР), устройства для установки и ориентации заготовок в операционном накопителе, установочные приспособления для станочного оборудования, а также ряд других устройств, состав и конструкция которых зависит от особенностей конкретного производства.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основные требования к установочным приспособлениям для обработки деталей на станках в РТК заключаются в обеспечении достаточной устойчивости и жесткости установки заготовки, обеспечении требуемой точности ориентации заготовки в приспособлении, а также в совмещении направлений координатных осей заготовки с осями координатной системы станка и ПР.

Для закрепления заготовок деталей типа тел вращения этим требованиям в достаточной степени отвечает приспособление, которое используется в РТК на многоцелевом станке МС 12-250. На рис. 1 приведена схема действующих сил на заготовку при закреплении ее в приспособлении рассмотренной конструкции.

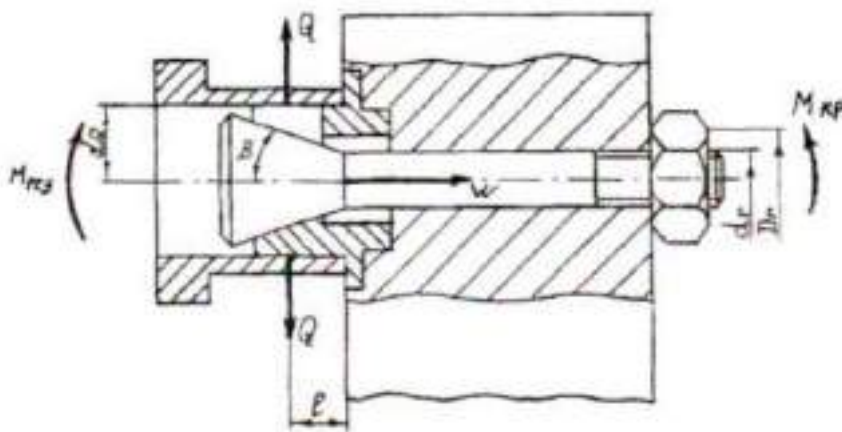


Рис. 1 Расчетная схема для определения усилия зажима заготовки на станке

Из схемы на рис. 1 видно, что необходимое и достаточное значение технологического усилия закрепления заготовки в приспособлении составит

$$Q = \frac{K_3 M_{\text{рез}}}{n f_{\text{тр}} d} \quad (7)$$

где $M_{\text{рез}}$ - момент силы резания, Н м;

n - число лепестков цанги, шт.;

$d/2$ – радиус посадочной поверхности заготовки, м;

K_3 - коэффициент запаса ($K_3=1,5...2,5$);

$f_{\text{тр}}$ - коэффициент трения сопрягаемых поверхностей.

Величину тягового усилия W определим по формуле

$$W = n Q + \frac{3EI f}{l^3} \operatorname{tg} \beta + \varphi \quad (8)$$

где n — число лепестков цанги, шт. ($n = 6$);

Q - потребная сила зажима одним лепестком, Н;

E - модуль упругости, Па;

I - момент инерции сечения лепестка, м⁴;

f - стрела прогиба лепестков цанги, м;

l - расстояние от места заделки лепестка до середины конуса, м;

β - половина угла конуса хвостовика, угл. град;

θ - угол трения, угл. град.

Величину угла θ можно определить по формуле

$$\varphi = \operatorname{arctg} \mu_{\text{тр}}$$

где $\mu_{\text{тр}}$ - коэффициент трения между конусом хвостика и конусом оправки ($\mu_{\text{тр}} = 0,05...0,10$).

Величину крутящего момента затяжки гайки 6, обеспечивающего необходимое технологическое усилие зажима заготовки, найдем по формуле

$$M_{кр} = W r_{ср} \operatorname{tg} \psi + \varphi_{пр} + \frac{1}{3} \mu_{тр} \frac{D_r^3 - d_r^3}{D_r^2 - d_r^2} \quad (9)$$

где $r_{ср}$ - средний радиус резьбы, м ($r_{ср} = 0,9 D/2$);

ψ - угол подъема резьбы, угл. град;

$$\operatorname{tg} \psi = P / (2\pi r_{ср}),$$

где P - шаг резьбы, м;

$\varphi_{пр}$ - приведенный угол трения, угл. град (для метрической резьбы $\operatorname{tg} \varphi_{пр} = 1,15 f_{тр}$, где $f_{тр}$ - коэффициент трения между болтом и гайкой);

$\mu_{тр}$ - коэффициент трения на торце гайки;

D_r - наружный диаметр опорного торца гайки, м;

d_r - внутренний диаметр опорного торца гайки, м.

Приведенные значения величин Q , W и $M_{кр}$ (формулы (7), (8) и (9) соответственно) составляют основу расчетных характеристик при разработке технического задания.

Автоматизация рабочего цикла РТК не будет в полной мере решена, если на операциях закрепления-открепления заготовок в приспособлениях станочного оборудования будет присутствовать ручной труд оператора.

В рассматриваемом РТК эта задача успешно решена за счет применения специальной оправки-ключа, выполненной на базе унифицированной оправки к многоцелевому станку МС12-250. При этом для осуществления операций автоматического закрепления-открепления заготовки в приспособлении используется привод главного движения самого станка.

Необходимым расчетным параметром при разработке технического задания на оправку-ключ подобного типа является расчет усилия прижима кулачков полумуфт P_0 (рис. 2) из условия нераскрытия их при передаче крутящего момента $M_{кр}$ при закреплении заготовки с нужным технологическим усилием.

Это условие обеспечивается (рис. 2), если

$$P_0 = \frac{2M_{кр}}{D_{сп}} \operatorname{tg} \gamma - \rho_1 - \frac{D_{сп}}{D_{ш}} f_2 \quad (10)$$

где γ - угол наклона рабочей грани кулачка, угл. град;

ρ_1 - угол трения между кулачками, угл. град (для стали = 5...6°);

$D_{ш}$ - диаметр шлицевой оправки, м;

f_2 - коэффициент трения в шлицевом соединении (для стали $f_2 = 0,15...0,16$).

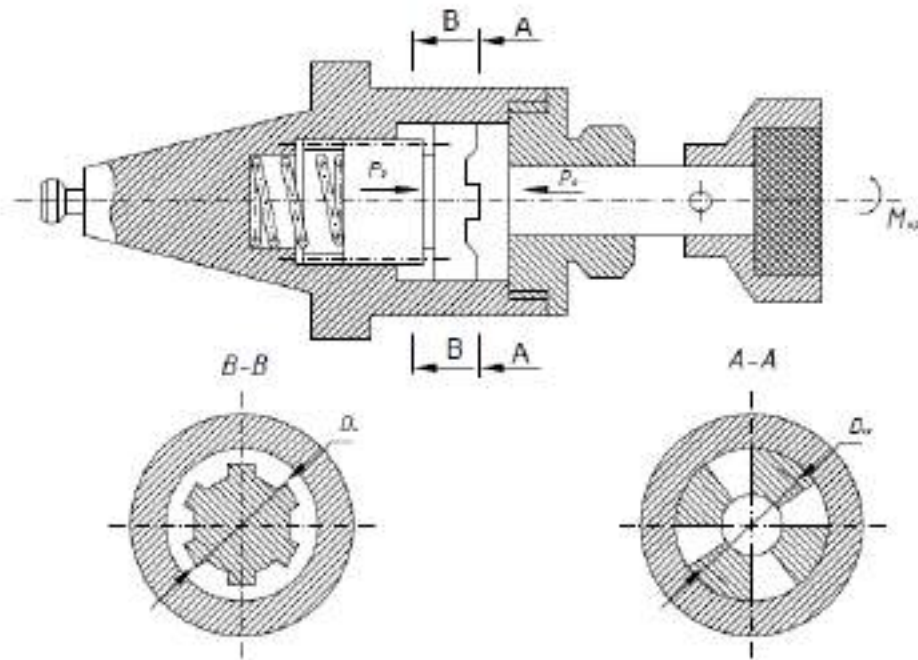


Рис. 2- Расчетная схема для определения величины передаваемого крутящего момента оправкой-ключом

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

На основании приведенных данных каждый студент для своего варианта должен определиться с принципиальной схемой базирования и закрепления заготовки, произвести по приведенным формулам необходимые расчеты и составить исходные данные для технического задания на проектирование основных средств технического оснащения РТК: приспособления к многоцелевому станку и оправки-ключа для автоматического закрепления-открепления заготовок.

1 Ознакомиться с методическими указаниями выполнения работы.

2 Получить у преподавателя вариант задания.

№	m, кг	f_{mp}	Для промышленного робота				Для операционного накопителя					Для оправки- ключа		
			D	l_2	b	n	S_d	$\bar{b}$	d	l_2	n	γ	D_{cp}	$D_{ш}$
			мм			шт.	мм			шт.		град	мм	
1	0,2	0,02	60	60	15	5	2	19	40	30	4	20	24	28
2	0,5	0,03					3	18				22		
3	0,7	0,05					2,5	18,5				24		
4	0,1	0,07					1	20				26		
5	0,15	0,08					1,5	19,5				28		
6	0,1	0,08	70	80	16	6	1	12	50	40	6	30	22	26
7	0,3	0,07					1,5	11,5				32		
8	0,4	0,06					2	11				34		
9	0,6	0,04					2,5	10,5				36		
10	0,8	0,03					3	10				38		
11	0,15	0,04	80	40	11	4	1	33	60	40	3	40	20	24
12	0,2	0,06					1	33,5				42		
13	0,25	0,08					1	34				44		
14	0,3	0,1					1	34,5				46		
15	0,35	0,12					1	35				48		

№	Для приспособления многоцелевого станка											
	M_p , Н·м	$d/2$	l	f	P	r_{cp}	D_T	d_T	$I \cdot 10^{-12}$	β	ψ	n
		мм							$м^4$	град		шт.
1	4,5	20	30	0,1	2,5	9,188	26	20	5	15	2,45	6
2	5,5											
3	6,5											
4	7,5											
5	8,5											
6	8,5	25	40	0,2	2	8,035	24	18	10	10	2,27	6
7	7,5											
8	6,5											
9	5,5											
10	4,5											
11	4,5	30	20	0,3	1,5	7,513	22	16	15	5	1,82	6
12	5,5											
13	6,5											
14	7,5											
15	8,5											

По формулам (7) - (9) определить для своего варианта необходимые значения усилия зажима заготовки Q и величину крутящего момента для этого $M_{кр}$. Результаты расчетов занести в табл.

По формуле (10) определить необходимое и достаточное усилие прижима P_0 кулачков торцевой муфты оправки-ключа из условия их нераскрытия при передаче крутящего момента $M_{кр}$. Результаты расчетов занести в табл.

№ варианта	Для многоцелевого станка			Для оправки- ключа
	Q	W	$M_{кр}$	P_0
	Н		Н·м	Н

1. Перечислите основные требования, которые предъявляются к установочным приспособлениям станков РТК.
2. Приведите расчетную схему и методику определения силы зажима заготовки в приспособлении станка МС 12-250.
3. Приведите расчетную схему и методику определения потребного крутящего момента механизма привода из условия обеспечения необходимого технологического усилия зажима заготовки в приспособлении многоцелевого станка МС 12-250.
4. Опишите конструкцию и охарактеризуйте задачу, которую решают устройства автоматического закрепления-открепления заготовок в приспособлениях к станкам в РТК.
5. Приведите конструкцию устройства оправки-ключа и принцип ее взаимодействия с приспособлением многоцелевого станка в используемом РТК.
6. Приведите расчетную схему и методику расчета величины передаваемого крутящего момента оправкой-ключом при закреплении-откреплении заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Родина, А.А. Технологическое оснащение автоматизированных производств на базе РТК: учеб. пособие/А.А. Родина, А.Н. Колодин, Б.Н. Хватов. -Тамбов, 2014.-82 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «Автоматизация машиностроительного производства»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Общая характеристика самостоятельной работы по дисциплине «Автоматизация машиностроительного производства».....	4
План-график выполнения самостоятельной работы.....	5
Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	10
Литература.....	24

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы возрастает роль компетентностного подхода в подготовке специалистов, который предусматривает переход от так называемой «знаниевой» парадигмы к системно-деятельностной. Возрастает роль самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и научная работа, выполняемая по заданию преподавателя под его методическим и научным руководством. Это неотъемлемая составляющая образовательного процесса в высшем учебном заведении. Самостоятельная работа – это активные формы и методы обучения, это единство учебно-воспитательной и научно-производственной работы, это сотрудничество студента с преподавателем.

Самостоятельная работа может быть как аудиторной, так и внеаудиторной и включает: подготовку к аудиторным занятиям и выполнение соответствующих заданий; выполнение самостоятельных заданий в лабораторных практикумах и практических заданиях; работу над отдельными темами учебных дисциплин; выполнение контрольных и курсовых работ, написание рефератов; прохождение практик и выполнение предусмотренных ими заданий; подготовку ко всем видам контрольных испытаний; подготовку к итоговой аттестации и выполнение выпускной квалификационной работы; участие в научной и научно-методической работе, в научных и научно-практических конференциях, семинарах.

Основное внимание уделено применению автоматизации машиностроительного производства.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА"

Дисциплина "Автоматизация машиностроительного производства" изучается студентами с целью приобретения знаний об оборудовании и его оптимальном выборе при автоматизации производства. При изучении дисциплины приобретаются знания по устройству, настройке и области применения приспособлений - автоматов и станков - автоматов.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с оценками производительности и надежности машин и процессов, проблемами и перспективами автоматизации производственных процессов в машиностроении;
- овладение знаниями об основных элементах автоматизированных технологических систем, их назначении и конструкции;
- освоение области применения различных автоматизированных устройств и элементов автоматизированных технологических систем, изучения их преимуществ, недостатков и параметров;
- формирование навыков работы с некоторыми средствами автоматизации контроля, загрузки деталей, управления технологическими процессами.

Цель самостоятельного решения задач - обучение творчески думать. Самостоятельное решение задач значительно повышает учебную активность обучающихся, возбуждает их интерес к решению проблем, стимулирует творческую инициативу. Таким образом, повышается эффективность занятия. Самостоятельное решение задач развивает мыслительную деятельность студентов. Не имея возможности копировать решение задачи с доски, обучающийся вынужден сам разбираться в решении задачи, а потому и лучше готовиться к занятиям. Самостоятельное решение технологических задач часто сокращает время, необходимое для опроса обучающихся на занятиях, так как

оценивать успехи учащихся в некоторых случаях можно и по итогам самостоятельного решения задач. Преподаватель получает возможность направлять индивидуальную работу студентов по решению задачи, предотвращать ошибки, указывать пути их исправления.

Цель самостоятельного изучения литературы: систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений бакалавров; углубление и расширение теоретических знаний; формирование умений использовать нормативную, научную, справочную документацию и специальную литературу; развитие познавательных способностей и активности бакалавров: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Цель подготовки к собеседованию - освоить материал, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по дисциплине «Автоматизация машиностроительного производства». В ходе собеседования преподаватель ориентирует студента на успешную сдачу экзамена.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
	5 семестр	
1	Основные определения и задачи автоматизированного производства. Механизация и автоматизация производства. Определение автоматизации и механизации производственных процессов. Автоматизация производственных процессов на современном этапе развития машиностроения. Виртуальные производственные системы.	1-2 неделя
2	Оборудование автоматического и автоматизированного производства Станки автоматы, полуавтоматы, станки с ЧПУ, агрегатные станки. Основные типы автоматических рабочих машин. Автоматические линии. Автоматический цех. Общность автоматов и автоматических линии различного технологического назначения	3-4 неделя

3	Технологические процессы - основа автоматизированного производства в машиностроении Особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства. Основные принципы построения технологии механической обработки в автоматизированных производственных системах. Типовые и групповые технологические процессы. Основные требования к технологии и организации механической обработки в переналаживаемых автоматизированных производственных системах. Особенности разработки технологических процессов автоматизированной и роботизированной сборки. Направления развития машиностроительного производства.	5-6 неделя
4	Производительность автоматизированных систем и средства их оснащения Технологическое оборудование и принципы построения автоматизированных производственных систем. Производительность автоматизированных систем. Анализ производительности действующих автоматизированных систем. Производительность АЛ с различным агрегатированием. Особенности расчета производительности в массовом и серийном производстве. Связь производительности с надежностью. Методы повышения производительности и надежности автоматизированных систем.	7-8 неделя
5	Выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве Выбор основного технологического оборудования. Выбор промышленных роботов для обслуживания технологического оборудования. Методика построения циклограмм функционирования робото-технического комплекса (РТК).	9-10 неделя
6	Автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства Загрузочные устройства автоматизированных систем. Транспортные устройства автоматизированных систем. Технические средства автоматизированных транспортных систем. Выбор транспортно-складских систем для автоматизированных производств	11-12 неделя
7	Особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве Инструментальная оснастка АПС. Размерная настройка инструмента. Применение приспособлений в условиях автоматизированного производства. Проектирование и обеспечение размерных связей автоматического производственного процесса.	13-14 неделя
8	Компоновочные схемы автоматизированных производственных систем Компоновочные схемы автоматизированных производственных систем. Построение автоматизированного и автоматического производственного процесса.	15-16 неделя
9	Автоматические и автоматизированные процессы. Степень автоматизации Исследования производительности автоматов и автоматических линий в условиях эксплуатации. Расчет характеристик работо-	17-18 неделя

	способности. Построение баланса производительности автоматической линии из агрегатных станков.	
	6 семестр	
1	Технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства. Технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства. Экономическая эффективность автоматизации производства.	1-2 неделя
2	Надежность, контроль и диагностика в автоматизированном производстве Экономические и социальные аспекты надежности. Состояния объекта и физический смысл понятий в области надежности. Физика отказов и их особенности. Показатели оценки надежности. Связь надежности с производительностью.	3-4 неделя
3	Методы повышения надежности автоматизированных систем Принятие решений на начальных стадиях проектирования. Избыточность и резервирование. Повышение информативности. Совершенствование структуры управления РТК. Повышение надежности функционирования транспортных систем. Создание конструкций повышенной надежности. Повышение уровня защиты роботов. Выбор оптимальных параметров шероховатости и повышение износостойкости. Выбор методов упрочнения. Новые концепции создания и повышения уровня надежности режущего инструмента АП.	5-6 неделя
4	Стендовые испытания на надежность Примеры кинематических схем испытательных стендов. Планирование испытаний.	7-8 неделя
5	Контроль и диагностика качества продукции Цели и задачи технической диагностики. Виды технической диагностики. Функциональные модели объектов диагностики. Графы причинно-следственных связей объектов диагностики. Модели состояний объектов диагностики. Классификация методов диагностирования технологического оборудования. Прогнозирование отказов технологического оборудования. Определение состава системы диагностирования технологического оборудования. Структура средств диагностики автоматизированного технологического оборудования. Система диагностирования режущего инструмента. Определение рационального параметра диагностики технологического оборудования. Модели контрольных операций при черновой обработке заготовок. Модели контрольных операций при чистовой обработке. Спектрографический метод диагностирования технологического оборудования. Диагностирование технологического оборудования методом поверхностной активации.	9-10 неделя
6	Автоматизация операций изготовления деталей на станках с ЧПУ Обеспечение точности при изготовлении деталей на станках с ЧПУ. Построение операций на станках с ЧПУ. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Моделирование процесса обработки поверхностей деталей в интерактив-	11-12 неделя

	ном режиме.	
7	Автоматизация технологических процессов сборки Определение структуры и основных характеристик производственного процесса. Условия применения автоматической сборки. Последовательность проектирования технологического процесса автоматической сборки. Техничко-экономическая оценка вариантов технологического процесса автоматической сборки. Типовые и групповые технологические процессы сборки.	13-14 неделя
8	Моделирование работы автоматизированных систем Моделирование работы автоматизированных систем. Интеграция автоматизированного проектирования изготовления деталей. Развитие информационных технологий и создание виртуальных производственных систем.	15-16 неделя
	Защита расчетно-графической работы Подготовка финального текстового варианта расчетно-графической работы. Оформление работы согласно требованиям ЕСКД. Подготовка графической части. Публичная защита результатов расчетно-графической работы.	17-18 неделя

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к лекционным занятиям	1, 2	1, 2	4, 5	1, 2, 3
2	Подготовка к практическим занятиям	1, 2	1, 2	1, 3	1, 2, 3
3	Подготовка к лабораторным работам	1, 2	1, 2	2	1, 2, 3
4	Самостоятельное изучение литературы	1, 2	1, 2	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3
5	Выполнение расчетно-графической работы			1	1, 2, 3

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Олещук, В. А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / В. А. Олещук. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 152 с. — ISBN 978-5-9729-1315-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346547>

2. Преображенская, Е. В. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Е. В. Преображенская, Н. С. Баранова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2023. — 89 с. — ISBN 978-5-7339-1777-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/368696>

Дополнительная литература

1. Рязанов, С. И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Робототехника, робототехнические комплексы. Практикум : учебное пособие / С. И. Рязанов, Ю. В. Псигин. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 156 с. — ISBN 978-5-9729-1351-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346898>

2. Романов, П. С. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Проектирование гибкой производственной системы. Лабораторный практикум : учебное пособие / П. С. Романов, И. П. Романова ; под общей редакцией П. С. Романова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 156 с. — ISBN 978-5-8114-3604-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206639>

Методическая литература

1. Рукопись методических указаний по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине "Автоматизация машиностроительного производства" для студентов направления подготовки 15.03.05.

2. Рукопись методических указаний по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Автоматизация машиностроительного производства" для студентов направления подготовки 15.03.05.

3. Рукопись методических указаний по выполнению практических работ по дисциплине "Автоматизация машиностроительного производства" для студентов направления подготовки 15.03.05.

4. Рукопись методических указаний к самостоятельной работе по дисциплине "Автоматизация машиностроительного производства" для студентов направления подготовки 15.03.05.

5. Конспект лекций по дисциплине "Автоматизация машиностроительного производства" для студентов направления подготовки 15.03.05 (рукопись).

Интернет-ресурс

1. [http:// biblioclub.ru/](http://biblioclub.ru/) Университетская библиотека онлайн.

2. <http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека.

3. <http://www.i-mash.ru> – ресурс машиностроения, каталог стандартов ЕСКД.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

- Такой перечень должен быть систематизированным.

- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге.

- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

- Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

- Если книга Ваша собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

- Если Вы раньше мало работали с учебно-методической литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

- «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения**:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от бакалавра целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Практические занятия.

Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

Самопроверка

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств. В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Вопросы к собеседованию по дисциплине «Автоматизация машиностроительного производства»

Средний уровень

Тема 1. Основные определения и задачи автоматизированного производства. Механизация и автоматизация производства.

1. Определение автоматизации и механизации производственных процессов.
2. Автоматизация производственных процессов на современном этапе развития машиностроения.

Тема 2. Оборудование автоматического и автоматизированного производства.

3. Станки автоматы, полуавтоматы.
4. Агрегатные станки.
5. Основные типы автоматических рабочих машин
6. Циклограмма токарного автомата.

Тема 3. Технологические процессы - основа автоматизированного производства в машиностроении

7. Особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства.
8. Основные принципы построения технологии механической обработки в автоматизированных производственных системах.
9. Типовые и групповые технологические процессы.
10. Направления развития машиностроительного производства.

Тема 4. Производительность автоматизированных систем и средства их оснащения.

11. Производительность автоматизированных систем.
12. Анализ производительности действующих автоматизированных систем.
13. Связь производительности с надежностью.

Тема 5. Выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве

14. Выбор основного технологического оборудования.
15. Выбор промышленных роботов для обслуживания технологического оборудования.

Тема 6. Автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях

автоматизированного производства

16. Загрузочные устройства автоматизированных систем.
17. Транспортные устройства автоматизированных систем.

Тема 7. Особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве

18. Инструментальная оснастка АПС.
19. Размерная настройка инструмента.
20. Применение приспособлений в условиях автоматизированного производства

Тема 8. Компонентные схемы автоматизированных производственных систем

21. Структура технических средств.
22. Основные факторы, влияющие на структуру технических средств.
23. Линейные и круговые транспортные системы.
24. Варианты схем расположения погрузочно-разгрузочных позиций в производственных системах.
25. Назначение компонентного плана.

Тема 9. Автоматические и автоматизированные процессы. Степень автоматизации

26. Автоматические и автоматизированные процессы.
27. Степень автоматизации.

28. Баланс производительности автоматической линии.

Тема 10. Технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства.

29. Технологичные конструкции деталей многофункционального назначения.

30. Понятие о технологичности конструкции.

31. Технологичные конструкции заходных поверхностей соединяемых деталей

32. Основные требования, предъявляемые к деталям, поступающим на автоматическую сборку.

Тема 11. Надежность, контроль и диагностика в автоматизированном производстве

33. Экономические и социальные аспекты надежности.

34. Отказ.

35. Физика отказов и их особенности.

36. Работоспособное состояние.

37. Элементы, обуславливающие надежность и производительность.

38. Зависимость показателей надежности и производительности от времени эксплуатации станков.

Тема 12. Методы повышения надежности автоматизированных систем.

39. Принятие решений на начальных стадиях проектирования.

40. Избыточность и резервирование.

41. Повышение надежности функционирования транспортных систем

42. Выбор оптимальных параметров шероховатости и повышение износостойкости.

43. Выбор методов упрочнения.

Тема 13. Стендовые испытания на надежность.

44. Примеры кинематических схем испытательных стендов.

45. Планирование испытаний.

Тема 14. Контроль и диагностика качества продукции.

46. Виды технической диагностики.

47. Функциональные модели объектов диагностики.

48. Цели и задачи технической диагностики.

49. Виды технической диагностики.

50. Контроль. Схема активного контроля.

51. Контроль на участке механической обработки.

52. Проверка исправности, работоспособности, функционирования.

53. Графы причинно-следственных связей объектов диагностики.

54. Классификация методов диагностирования технологического оборудования.

55. Структура средств диагностики автоматизированного технологического оборудования.

56. Система диагностирования режущего инструмента.

Тема 15. Автоматизация операций изготовления деталей на станках с ЧПУ

57. Точность позиционирования.

58. Схема расчета и управления точностью обработки на станках с ЧПУ.

59. Схема расчета, прогнозирования и управления точностью обработки на станках с ЧПУ с применением графо-аналитического метода.

60. Принципы построения операций на станках с ЧПУ.

61. Особенности изготовления деталей на станках с ЧПУ.

62. Системы автоматизации программирования.

Тема 16. Автоматизация технологических процессов сборки

63. Цель автоматизации сборки

64. Структура затрат труда на сборку изделий в неавтоматизированном и автоматизированном производстве

65. Структура себестоимости сборки.

66. Составление технологических схем автоматической сборки.

67. Разработка маршрутной технологии общей и узловой автоматической сборки.

Тема 17. Моделирование работы автоматизированных систем

68. Характеристика методов автоматизации проектных работ.

69. Интеграция автоматизированных систем.

70. Схема функционирования интегрированной системы проектирования ТП.

Высокий уровень

Тема 1. Основные определения и задачи автоматизированного производства. Механизация и автоматизация производства.

1. Виртуальные производственные системы.

Тема 2. Оборудование автоматического и автоматизированного производства.

2. Автоматические линии.

3. Автоматический цех.

4. Общность автоматов и автоматических линий различного технологического назначения.

Тема 3. Технологические процессы - основа автоматизированного производства в машиностроении

5. Основные требования к технологии и организации механической обработки в переналаживаемых автоматизированных производственных системах.

6. Особенности разработки технологических процессов автоматизированной и роботизированной сборки.

7. Технологическое оборудование и принципы построения автоматизированных производственных систем.

Тема 4. Производительность автоматизированных систем и средства их оснащения.

8. Производительность АЛ с различным агрегатированием.

9. Особенности расчета производительности в массовом и серийном производстве.

10. Методы повышения производительности и надежности автоматизированных систем.

Тема 5. Выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве

11. Методика построения циклограмм функционирования робототехнического комплекса (РТК).

Тема 6. Автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях

автоматизированного производства

12. Технические средства автоматизированных транспортных систем.

13. Выбор транспортно-складских систем для автоматизированных производств

Тема 7. Особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве

14. Проектирование и обеспечение размерных связей автоматического производственного процесса.

Тема 8. Компонентные схемы автоматизированных производственных систем

15. АПС с предметной (в том числе предметно-замкнутой) и с технологической формами специализации.

16. Три основные группы компонентных схем АПС.

17. Построение автоматизированного и автоматического производственного процесса.

Тема 9. Автоматические и автоматизированные процессы. Степень автоматизации

18. Расчет важнейших характеристик работоспособности.

19. Коэффициент технического использования оборудования.

20. Коэффициент загрузки оборудования.

Тема 10. Технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства.

21. Вопросы технологичности деталей и сборочных единиц при обработке на станках с ЧПУ, в гибких АП.

- 22. Основные критерии экономической эффективности автоматизации
- 23. Оценка экономической эффективности различных ступеней автоматизации производства

Тема 11. Надежность, контроль и диагностика в автоматизированном производстве

- 24. Показатели оценки надежности.
- 25. Связь надежности с производительностью.
- 26. Состояния объекта и физический смысл понятий в области надежности.

Тема 12. Методы повышения надежности автоматизированных систем.

- 27. Повышение информативности.
- 28. Совершенствование структуры управления РТК.
- 29. Создание конструкций повышенной надежности.
- 30. Повышение уровня защиты роботов.
- 31. Новые концепции создания и повышения уровня надежности режущего инструмента АП.

Тема 13. Стендовые испытания на надежность.

- 32. Планирование испытаний

Тема 14. Контроль и диагностика качества продукции.

- 33. Структура средств диагностики автоматизированного технологического оборудования.
- 34. Система диагностирования режущего инструмента.
- 35. Функциональные модели объектов диагностики.
- 36. Схемы состояний объекта диагностики
- 37. Определение состава системы диагностирования технологического оборудования.
- 38. Определение рационального параметра диагностики технологического оборудования.
- 39. Модели контрольных операций при черновой обработке заготовок.
- 40. Модели контрольных операций при чистовой обработке.
- 41. Спектрографический метод диагностирования технологического оборудования.
- 42. Диагностирование технологического оборудования методом поверхностной активации.

Тема 15. Автоматизация операций изготовления деталей на станках с ЧПУ

- 43. Обеспечение точности при изготовлении деталей на станках с ЧПУ.
- 44. Построение операций на станках с ЧПУ.
- 45. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ.
- 46. Моделирование процесса обработки поверхностей деталей в интерактивном режиме.

Тема 16. Автоматизация технологических процессов сборки

- 47. Определение структуры и основных характеристик производственного процесса.
- 48. Условия применения автоматической сборки.
- 49. Последовательность проектирования технологического процесса автоматической сборки.
- 50. Технико-экономическая оценка вариантов технологического процесса автоматической сборки.
- 51. Типовые и групповые технологические процессы сборки.

Тема 17. Моделирование работы автоматизированных систем

- 52. Моделирование работы автоматизированных систем.
- 53. Интеграция автоматизированного проектирования изготовления деталей.
- 54. Развитие информационных технологий и создание виртуальных производственных систем.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он знает производительность автоматизированных систем и средства их оснащения; компоновочные

схемы автоматизированных производственных систем; автоматические и автоматизированные процессы; степень автоматизации. В полном объеме знает особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве; автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства. Владеет навыками автоматизации операций изготовления деталей на станках с ЧПУ; навыками автоматизации технологических процессов сборки. Возможны 2...3 ошибки в ответе.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не знает производительность автоматизированных систем и средства их оснащения; компоновочные схемы автоматизированных производственных систем; автоматические и автоматизированные процессы; степень автоматизации. Не знает или знает разрозненно особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве; автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства. Не владеет навыками автоматизации операций изготовления деталей на станках с ЧПУ; навыками автоматизации технологических процессов сборки.

Вопросы к экзамену (6_ семестр)

Вопросы (задача, задание) для проверки уровня обученности

1. Определение автоматизации и механизации производственных процессов.
2. Автоматизация производственных процессов на современном этапе развития машиностроения.
3. Станки автоматы, полуавтоматы.
4. Агрегатные станки.
5. Основные типы автоматических рабочих машин
6. Циклограмма токарного автомата.
7. Особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства.
8. Основные принципы построения технологии механической обработки в автоматизированных производственных системах.
9. Типовые и групповые технологические процессы.
10. Направления развития машиностроительного производства.
11. Производительность автоматизированных систем.
12. Анализ производительности действующих автоматизированных систем.
13. Связь производительности с надежностью.
14. Выбор основного технологического оборудования.
15. Выбор промышленных роботов для обслуживания технологического оборудования.
16. Загрузочные устройства автоматизированных систем.
17. Транспортные устройства автоматизированных систем.

18. Инструментальная оснастка АПС.
19. Размерная настройка инструмента.
20. Применение приспособлений в условиях автоматизированного производства
21. Структура технических средств.
22. Основные факторы, влияющие на структуру технических средств.
23. Линейные и круговые транспортные системы.
24. Варианты схем расположения погрузочно-разгрузочных позиций в производственных системах.
25. Назначение компоновочного плана.
26. Автоматические и автоматизированные процессы.
27. Степень автоматизации.
28. Баланс производительности автоматической линии.
29. Технологичные конструкции деталей многофункционального назначения.
30. Понятие о технологичности конструкции.
31. Технологичные конструкции заходных поверхностей соединяемых деталей
32. Основные требования, предъявляемые к деталям, поступающим на автоматическую сборку.
33. Экономические и социальные аспекты надежности.
34. Отказ.
35. Физика отказов и их особенности.
36. Работоспособное состояние.
37. Элементы, обуславливающие надежность и производительность.
38. Зависимость показателей надежности и производительности от времени эксплуатации станков.
39. Принятие решений на начальных стадиях проектирования.
40. Избыточность и резервирование.
41. Повышение надежности функционирования транспортных систем
42. Примеры кинематических схем испытательных стендов.
43. Особенности технологического проектирования в виртуальной производственной системе.
44. Методикой расчета мальтийского механизма.
45. Методикой расчета механизма поворота.
46. Методикой расчета механизма фиксации.
47. Методикой расчета вибрационных загрузочных устройств.
48. Методикой расчета и выбора механизмов зажима.
49. Методикой расчета ШПМ.
50. Методикой выбора (расчета) силовых головок
51. Виды технической диагностики.
52. Функциональные модели объектов диагностики.
53. Цели и задачи технической диагностики.

54. Виды технической диагностики.
55. Контроль. Схема активного контроля.
56. Контроль на участке механической обработки.
57. Проверка исправности, работоспособности, функционирования.
58. Графы причинно-следственных связей объектов диагностики.
59. Классификация методов диагностирования технологического оборудования.
60. Структура средств диагностики автоматизированного технологического оборудования.
61. Система диагностирования режущего инструмента.
62. Точность позиционирования.
63. Принципы построения операций на станках с ЧПУ.
64. Особенности изготовления деталей на станках с ЧПУ.
65. Системы автоматизации программирования.
66. Цель автоматизации сборки
67. Структура себестоимости сборки.
68. Структура затрат труда на сборку изделий в неавтоматизированном и автоматизированном производстве
69. Характеристика методов автоматизации проектных работ.
70. Интеграция автоматизированных систем.
66. Схема функционирования интегрированной системы проектирования ТП.
67. Характеристика систем управления.
68. Измерительные устройства, датчики обратной связи.
69. Особенности систем управления станками.
70. Соотношение технически возможной гибкости и технологически необходимой гибкости.
71. Формирование ОПС на основе множества ПРС
72. Планирование испытаний.
73. Выбор оптимальных параметров шероховатости и повышение износостойкости.
74. Выбор методов упрочнения.
75. Разработка маршрутной технологии общей и узловой автоматической сборки.
76. Составление технологических схем автоматической сборки.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он расширенно знает основные определения и задачи автоматизированного производства; механизация и автоматизация производства; технологические процессы - основа автоматизированного производства в машиностроении, технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства; надежность, контроль и диагностика в автоматизированном производстве. Безошибочно умеет осуществлять выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве. Свободно владеет навыками контроля и диагно-

стики качества продукции; методами повышения надежности автоматизированных систем. Углубленно знает производительность автоматизированных систем и средства их оснащения; компоновочные схемы автоматизированных производственных систем; автоматические и автоматизированные процессы; степень автоматизации. Безошибочно умеет выполнять работу в области автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Свободно владеет навыками внедрения средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Углубленно знает особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве; автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства. Безошибочно умеет осуществлять инструментальное обеспечение автоматизированного производства. Свободно владеет навыками автоматизации операций изготовления деталей на станках с ЧПУ; навыками автоматизации технологических процессов сборки. Компетенции ИД-1_{ПК-1}, ИД-1_{ПК-5}, ИД-2_{ПК-5}, ИД-3_{ПК-5} освоены на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он хорошо знает основные определения и задачи автоматизированного производства; механизация и автоматизация производства; технологические процессы - основа автоматизированного производства в машиностроении, технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства; надежность, контроль и диагностика в автоматизированном производстве. С небольшими неточностями умеет осуществлять выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве. Хорошо владеет навыками контроля и диагностики качества продукции; методами повышения надежности автоматизированных систем. В полном объеме знает производительность автоматизированных систем и средства их оснащения; компоновочные схемы автоматизированных производственных систем; автоматические и автоматизированные процессы; степень автоматизации. С подсказками преподавателя умеет выполнять работу в области автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Хорошо владеет навыками внедрения средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Знает особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве; автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства. Хорошо умеет осуществлять инструментальное обеспечение автоматизированного производства. На базовом уровне владеет навыками автоматизации операций изготовления деталей на станках с ЧПУ; навыками автоматизации технологических процессов сборки. Компетенции ИД-1_{ПК-1}, ИД-1_{ПК-5}, ИД-2_{ПК-5}, ИД-3_{ПК-5} освоены на среднем уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он неуверенно знает основные определения и задачи автоматизированного производства; механизация и автоматизация производства; технологические процессы - основа автоматизированного производства в машиностроении, технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства; надежность, контроль и диагностика в автоматизированном производстве. С неточностями умеет осуществлять выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве. Слабо владеет навыками контроля и диагностики качества продукции; методами повышения надежности автоматизированных систем. Разрозненно знает производительность автоматизированных систем и средства их оснащения; компоновочные схемы автоматизированных производственных систем; автоматические и автоматизированные процессы; степень автоматизации. С подсказками преподавателя умеет выполнять работу в области автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Неуверенно владеет навыками внедрения средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Слабо знает особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве; автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства. С ошибками умеет осу-

ществлять инструментальное обеспечение автоматизированного производства. Не владеет навыками автоматизации операций изготовления деталей на станках с ЧПУ; навыками автоматизации технологических процессов сборки. Компетенции ИД-1_{ПК-1}, ИД-1_{ПК-5}, ИД-2_{ПК-5}, ИД-3_{ПК-5} освоены на минимальном.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он неуверенно знает основные определения и задачи автоматизированного производства; механизация и автоматизация производства; технологические процессы - основа автоматизированного производства в машиностроении, технологичность конструкций изделий для автоматизированного производства; надежность, контроль и диагностика в автоматизированном производстве. Не умеет осуществлять выбор технологического оборудования и промышленных роботов в автоматизированном производстве. Не владеет навыками контроля и диагностики качества продукции; методами повышения надежности автоматизированных систем. Разрозненно знает производительность автоматизированных систем и средства их оснащения; компоновочные схемы автоматизированных производственных систем; автоматические и автоматизированные процессы; степень автоматизации. Не умеет выполнять работу в области автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Не владеет навыками внедрения средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Слабо знает особенности конструкций инструмента и приспособлений в автоматизированном производстве; автоматизация загрузки, транспортирования и складирования изделий в условиях автоматизированного производства. Не умеет осуществлять инструментальное обеспечение автоматизированного производства. Не владеет навыками автоматизации операций изготовления деталей на станках с ЧПУ; навыками автоматизации технологических процессов сборки. Компетенции ИД-1_{ПК-1}, ИД-1_{ПК-5}, ИД-2_{ПК-5}, ИД-3_{ПК-5} не освоены.

Литература.

1. В. Сенашенко. Самостоятельная работа студентов: актуальные проблемы / В. Сенашенко, Н. Жалнина // Высшее образование в России №7, 2006. – с. 103-109.
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы. Разработано директором департамента по учебно-методической работе Т.Н. Фадеевой, начальником методического отдела Е.Е. Дурневой // МГГУ им. М.А. Шолохова. Москва, 2010. – 48 с.
3. ГОСТ 2.104-98 ЕСКД. Основные надписи. – М. : Изд. стандартов, 1998.
4. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М. : Госстандарт, 1995.
5. ГОСТ 7.203. Библиографическая запись. Библиографическое описание. – М. : ИПК Изд. стандартов, 2003.
6. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
7. ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы величин.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине

«Автоматизация машиностроительного производства»

для студентов направления подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

ВВЕДЕНИЕ

Расчетно-графическая работа по дисциплине «Автоматизация машиностроительного производства» выполняется студентами с целью приобретения знаний об оборудовании и его оптимальном выборе при автоматизации производства, а также для приобретения знаний по устройству, настройке и области применения станков-автоматов.

Для выполнения расчетно-графической работы требуются знания по ранее изученным дисциплинам: процессы и операции формообразования; Основы технологии машиностроения; Теория автоматического управления; Метрология, стандартизация и сертификация; Материаловедение; Электротехника и электроника; Гидравлика; Технологические процессы в машиностроении.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа ставит своей целью закрепление и практическое применение полученных знаний, а также приобретение студентами опыта самостоятельного конструирования и расчета средств автоматизации.

2 ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЁМ

Объем расчетно-графической работы включает в себя текстовую часть, состоящую из расчетно-пояснительной записки, и графическую часть, состоящую из 4 листов формата А4.

В качестве задания каждому студенту выдаётся: чертёж детали, материал детали, его твёрдость. Приведен пример выполнения работы.

Студент должен выполнить чертеж детали, выданной в задании, чертеж спроектированных кулачков переднего суппорта, верхнего суппорта, заднего суппорта, см. Приложение 1.

3 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4 в соответствии с требованиями ЕСКД к текстовым документам и должна состоять из титульного листа, задания, содержания, введения, последующих листов расчетной части записки и заканчиваться списком литературы, использованной студентом при выполнении работы. Текст записки должен быть выполнен в печатном варианте. Все таблицы, схемы, рисунки и эскизы должны иметь наименование и нумерацию.

Графическая часть состоит из четырех листов формата А4:

- чертеж детали, рис. 8.
- чертежи спроектированных кулачков переднего суппорта, верхнего суппорта, заднего суппорта.

СОДЕРЖАНИЕ

1.Разработка технологического процесса.

1.1 Выбор режимов резания.

1.2 Определение величины рабочего пути инструмента.

1.3 Определение продолжительности рабочих ходов инструмента

1.4 Определение продолжительности обработки деталей и производительности станка.

1.5 Определение числа сотых для вспомогательных и рабочих ходов

1.6 Расчет радиус-вектора в начале и конце перехода.

2 Проектирование дисковых кулачков

2.1 Порядок построения профиля кулачка

Приложение 1

Приложение 2

Приложение 3

Задание к работе

Список рекомендуемой литературы

РАСЧЕТ НАЛАДКИ ТОКАРНОГО АВТОМАТА ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Разработка технологического процесса

При разработке технологических процессов обработки необходимо соблюдать следующие основные правила:

1. Производить максимально возможное совмещение рабочих и холостых операций. Увеличивать число одновременно работающих режущих инструментов.
2. Не допускать совмещения черновых и чистовых операций, исключая те случаи, когда данное совмещение не приводит к снижению качества обработки. Наиболее тяжелые (обдирочные) операции выполнять первыми с более жестких суппортов, а чистовые операции последними.
3. Обточку точных фасонных поверхностей производить двумя резцами — черновым и чистовым. Это также повышает стойкость резцов.
4. Не допускать резкого уменьшения жесткости обрабатываемой заготовки путем проточки глубоких канавок до окончания всей обработки, так как заготовка (деталь) может отломиться. Это особенно важно, если в конце обработки производится нарезание резьбы.
5. Для повышения точности обработки суппорту с режущим инструментом в конце рабочего хода давать выдержку (паузу) без подачи на время 2—5 оборотов шпинделя.
6. Сверление отверстий малого диаметра производить с предварительной затенровкой, во время которой при необходимости можно снимать внутреннюю фаску.
7. Сверление глубоких отверстий малого диаметра для улучшения условий охлаждения сверла и удаления стружки производить за несколько вводов сверла. При первом вводе рекомендуется сверлить на глубину трех диаметров, при втором на глубину двух и при третьем на глубину одного диаметра обрабатываемого отверстия.
8. Сверление ступенчатых отверстий для сокращения времени обработки и улучшения условий выхода стружки производить сначала сверлом большого диаметра, затем сверлом меньшего диаметра.

9. Для обеспечения строгой концентричности наружных и внутренних, а также ступенчатых поверхностей детали их окончательную обработку следует проводить на одной позиции.

12. Проверять, чтобы была исключена возможность столкновения державок и режущих инструментов, особенно при совмещенных операциях.

Принятый технологический процесс обработки вычерчивается в виде последовательного ряда всех переходов обработки и заносится в карту наладки. Пример карты наладки приведен в приложении 3.

На эскизах всех переходов должны быть подробно показаны все режущие инструменты, державки, приспособления, что необходимо для проверки правильности их установки в соответствии с наладочными размерами автомата или полуавтомата. Все эскизы переходов изображают в момент окончания рабочего хода инструментов, что удобно для расчета величин ходов суппортов и для проверки возможности столкновения державок и режущих инструментов (особенно для совмещенных операций). На эскизах переходов проставляются размеры, определяющие положение режущих инструментов или их державок относительно шпинделя и других державок, что может понадобиться в дальнейшем при проектировании кулачков и другой оснастки.

В соответствии с разработанным технологическим процессом обработки производится выбор необходимого режущего инструмента с указанием его конструкции и материала и расстановка его на суппортах с подбором соответствующих державок, приспособлений и другой вспомогательной оснастки.

1.1 Выбор режимов резания

Осуществляют в такой последовательности:

1. Определяют по нормативам режимов резания величину допустимых подач по таблице 1.

Таблица 1- Ориентировочные значения подач (мм/об), рекомендуемые при работе инструментами из быстрорежущей стали для различных видов обработки

Обрабатываемый материал	Продольное обтачивание	Фасонное обтачивание и отвалы	Центрование	Зенкерование	Развертывание	Сверление					Назначение рифлений	
						Диаметр сверла						
						2-4	4-8	8-14	14-20	20-30	поперечное	продольное
Сталь 20	0,07-0,12	0,02-0,05	0,10-0,15	0,06-0,12	0,08-0,20	0,03-0,06	0,03-0,07	0,06-0,09	0,07-0,10	0,08-0,12	0,01-0,15	0,12-0,30
Сталь 35	0,06-0,10	0,016-0,045	0,09-0,13	0,06-0,10	0,08-0,18	0,03-0,05	0,04-0,07	0,05-0,08	0,06-0,09	0,07-0,09	0,015-0,20	0,1-0,25
Сталь А12	0,06-0,15	0,02-0,06	0,10-0,15	0,06-0,13	0,01-0,25	0,03-0,06	0,05-0,08	0,05-0,10	0,07-0,12	0,08-0,15	0,02-0,16	0,1-0,37

Продолжение таблицы 1

Сталь У7-У13	0,05- 0,10	0,02- 0,04	0,07- 0,12	0,04- 0,08	0,06- 0,10	0,02- 0,04	0,03- 0,06	0,04- 0,05	0,05- 0,08	0,05- 0,09	0,01- 0,10	0,07- 0,16
Латунь	0,1- 0,2	0,03- 0,09	0,16- 0,25	0,08- 0,20	0,10- 0,30	0,06- 0,10	0,09- 0,15	0,1- 0,15	0,12- 0,20	0,16- 0,25	0,02- 0,16	0,15- 0,46
Бронза	0,08- 0,12	0,02- 0,05	0,10- 0,15	0,05- 0,09	0,12- 0,20	0,04- 0,06	0,06- 0,08	0,07- 0,10	0,08- 0,12	0,09- 0,13	0,02- 0,12	0,15- 0,25
Алю- миний	0,08- 0,20	0,08- 0,20	0,02- 0,08	0,16- 0,20	0,08- 0,20	0,08- 0,25	0,05- 0,08	0,08- 0,12	0,10- 0,15	0,12- 0,20	0,02- 0,16	0,13- 0,46

При нарезании резьбы подача равна шагу резьбы.

Выбранные значения подач записывают в столбец 9 карты наладки.

Зная, марку обрабатываемого материала и материала инструмента, устанавливают скорость резания по таблице 2.

Таблица 2-Значения скоростей резания (м/мин, рекомендуемые при работе инструментами из быстрорежущей стали для различных видов обработки

Обрабатываемый материал	Продольное фасонное обтачивание и отрезка	Сверление	Зенкерование	Развертывание	Накатывание рифлений	Нарезание резьбы	
						метрич. резьбы	дюймов. резьбы
Сталь 20	45-55	30-40	25-30	8-12	30-35	3-6	1,8-3,5
Сталь 35	35-45	25-35	20-25	6-10	25-32	2,5-5,5	1,8-3,5
Сталь 45	25-35	20-30	18-20	6-8	20-30	2-5	1,5-3,0
Сталь А12	40-60	30-50	20-35	10-15	35-45	3-8	2,5-5,0
Углеродистая сталь	18-25	15-20	10-15	5-8	15-20	1,5-3,0	1,0-2,5
Латунь	80-150	60-110	45-80	20-40	70-100	6-20	6-18
Бронза	35-60	30-50	25-35	15-30	35-50	4-15	3,5-10
Алюминий	120-200	90-150	60-80	25-50	90-120	10-30	7-25

Выбранную скорость для каждого рабочего перехода записывают в 4 столбец карты наладки.

Зная диаметр обработки, определяют число оборотов шпинделя по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} \quad [\text{об/мин}]$$

V – среднее значение скорости из таблицы [м/мин];

d – наибольший диаметр обработки или инструмента [мм] Рассчитанные значения записывают в 5 столбец карты наладки. Уточняют число оборотов по паспорту станка (таблица 3).

Значения $n_{пр}$, из таблицы берутся только из какого либо одного столбца. Столбец выбирается по минимальной рассчитанной частоте. Например если по расчету минимальная частота получилась 83 об/мин, то выбираем столбец с частотой 80 об/мин и гитарой А/В – 25/70.

Таблица 3 – Числа оборотов шпинделя

Кнопки	Направление вращения	Сменные шестерни коробки скоростей							
		А	50	45	39	34	29	25	21
		В	45	50	56	61	66	70	74
а	Левое		2500	2000	1600	1250	1000	800	630
б			630	500	400	315	250	200	160
в			1250	1000	800	630	500	400	315
а	Правое		1000	800	630	500	400	315	250
б			250	200	160	125	100	80	64
в			500	400	315	250	200	160	125

Выбранные значения записывают в 6 столбец карты наладки.

По выбранным частотам вращения шпинделя уточняют действительные скорости резания по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Полученные значения записывают в 7 столбец.

В процессе расчета может быть получено несколько значений частот вращения шпинделя. Например, при точении - n_1 ; нарезании резьбы - n_2 и т.д. Из всех значений одно принимается в качестве основного $n_{осн}$ (повторяющийся наиболее часто). Для других операций, которые совершаются с частотами вращения, отличным от принятого $n_{осн}$, определяют коэффициент соответствия:

$$k_i = \frac{n_{осн}}{n_{шп i}};$$

$n_{осн}$ - основное значение;

$n_{шп i}$ - фактическое значение, принятое для данного перехода (столбец 7).

Полученные значения записывают в 8 столбец карты наладки.

1.2 Определение величины рабочего пути инструмента

Рабочий ход $l_{рх}$ = длина обработки (размер чертежа) + зазор между инструментом и заготовкой.

Зазор a необходим для предотвращения удара инструмента о заготовку при быстром подводе. Величина зазора зависит от типа и размеров автомата. У авто-

мата 1Б136 для инструментов установленных в револьверную головку - 1 мм. Для инструментов, установленных в поперечных суппортах величина зазора – 0,5мм.

Величина рабочего пути для различных видов обработки l_{px} (мм):

продольное точение $l_{px} = b + a$

поперечное точение $l_{px} = 0,5 \cdot (d_{нач} - d_{кон}) + a$

отрезка $l_{px} = 0,5 \cdot (d_{нач} - d_{кон}) + a + 0,3 \cdot b'$

центрование $l_{px} = 0,5 \cdot d + a$

сверление $l_{px} = b + a$

нарезание резьбы $l_{px} = b + 3$.

накатывание рифлений поперечным суппортом $l_{px} = 1 + a$

b – размер чертежа; d – диаметр обработки; b - ширина отрезного резца (обычно 2 мм.); $d_{нач}$ – начальный диаметр обработки; $d_{кон}$ – конечный диаметр обработки.

Полученные значения записывают в 10 столбец карты наладки.

1.3 Определение продолжительности рабочих ходов инструмента

Продолжительность рабочего хода принято оценивать не минутами, а количеством оборотов шпинделя, которое он совершает за время выполнения рабочего хода:

$$\bar{n}_{pxi} \frac{l_{pxi}}{s_i}$$

l_{px} – величина рабочего пути рабочего перехода,

s – скорость подачи рабочего перехода

Полученные значения записывают в 11 столбец карты наладки.

Количество оборотов потребных на выполнение каждого рабочего хода для расчета сотых долей определяется

$$\hat{n}_{p \times i} \frac{l_{pxi}}{s_i} \cdot k_i$$

k_i - коэффициент соответствия

Полученные значения записывают в 12 столбец карты наладки.

1.4 Определение продолжительности обработки деталей и производительности станка

Продолжительность всей обработки детали измеряется также количеством оборотов шпинделя, но за полный цикл, который включает в себя кроме рабочих, также вспомогательные движения. При расчете длительности полной обработки учитывают рабочие и вспомогательные движения тех суппортов, время работы которых не перекрывается. Например, деталь обтачивают и сверлят револьверной головкой и протачивают канавку поперечным суппортом. Предположим, $t_{обт.} > t_{св.} + t_{кан.}$, тогда учитывается только время обтачивания, время сверления и протачивания канавки перекрывается.

Длительность всех неперекрываемых рабочих ходов определяется в количестве оборотов по формуле:

$$\hat{n}_{p.x.} = \sum_{i=1}^z \hat{n}_{pxi} \text{ [об]}$$

i -порядковый номер перехода; z -количество неперекрываемых переходов. Продолжительность рабочих ходов:

$$t_{px} = \frac{\hat{n}_{p.x.}}{n_{осн}} \cdot 60 \text{ [сек]}$$

Продолжительность вспомогательных ходов:

$$t_{вх} = t_{п} + m \cdot t_{пг} + t_{от} \text{ [сек]}$$

t_{Π} - время, затрачиваемое на подачу и зажим прутка в сек. (по паспорту –1 сек.)

$t_{\Pi\Pi}$ - время, необходимое для одного поворота револьверной головки (по паспорту 0,55 сек)

m - число поворотов револьверной головки за цикл, не совмещенное с другими операциями

$t_{от}$ - время отхода отрезного резца после отрезки (1...1,5 сек).

Полученные значения $t_{рх}$ и $t_{вх}$ записываются в соответствующие графы карты наладки.

Общее время одного цикла

$$T = t_{рх} + t_{вх}$$

В соответствии с рассчитанной величиной T из таблицы 4 по ближайшему большему значению T подбирают сменные колеса гитары подачи a, b, c, d и количество сотых долей на подачу и зажим прутка M и поворот револьверной головки P .

Таблица 4 – Производительность автомата

Т, с	Сменные шестерни				М	Р
	а	б	с	д		
6	2	3	4	5	7	8
11,6	71	60	80	20	9	9
10,0	63	60	80	20	8	5,5
14,6	63	60	71	20	6,5	5
16,6	75	60	71	27	6	4,5
18,2	45	60	80	20	5,5	4
20,3	45	63	75	20	5	3,5
22,9	45	71	75	20	4	3
25,7	45	63	80	27	4	3
27,5	45	63	75	27	4	3
31,3	63	60	75	45	3,5	3
32,8	63	60	71	45	3,5	3

Т, с	Сменные шестерни				М	Р
	а	б	с	д		
34,3	60	63	75	45	3	3
36,3	71	63	60	45	3	3
38,6	60	71	75	45	2,5	3
40,6	80	71	75	63	2,5	3
43,2	60	72	71	45	2,5	3
46,2	63	71	60	45	2,5	3
48,3	63	75	60	45	2	3
51,9	60	80	63	45	2	3
54,8	71	60	63	75	2	3
57,2	45	63	80	60	2	3
61	45	63	75	60	2	3
64,3	45	63	71	60	1,5	3
68,6	45	71	75	60	1,5	3
76,8	45	75	71	60	1,5	3
81,6	45	71	63	60	1,5	3
86,5	45	75	63	60	1,5	3
89,5	45	71	60	60	1,5	3
93,5	45	75	60	63	1,5	3
103	27	80	72	45	1,5	3
108	27	75	63	45	1	3
116	28	80	63	45	1	3
121	27	80	60	45	1	3
130	20	75	71	45	1	3
136	27	71	63	60	1	3
146	20	75	63	45	1	3
156	20	80	63	45	1	3
163	20	80	60	45	1	3
170	27	63	60	80	1	3
179	27	71	60	75	1	3
191	27	71	60	80	1	3
203	20	71	60	63	1	3
215	20	75	60	63	1	3
229	20	80	60	63	1	3
242	20	75	60	71	1	3
258	20	80	60	71	1	3
272	20	80	60	75	1	3
291	20	80	45	60	1	3
304	20	80	45	63	1	3
322	20	75	45	71	1	3
345	20	80	45	71	1	3
363	20	80	45	75	1	3

1.5 Определение числа сотых для вспомогательных и рабочих ходов

Обозначим U_B - количество делений кулачка на вспомогательные движения, тогда на рабочие движения придется $(100-U_B)$ делений.

Для данного автомата по паспорту станка принимают следующие значения количества делений кулачка на вспомогательные переходы U_{Bi} :

- подача и зажим заготовки, принимаются по таблице в зависимости от значения Т, графы М и Р.

Принятые значения записываются в столбец 13 карты наладки и в конце определяется их сумма

$$U_B = \sum U_{Bi}$$

Количество оборотов шпинделя, соответствующее одному делению рабочих ходов:

$$q = \frac{\hat{n}_{px}}{100 - U_B}$$

Число делений кулачка на каждый рабочий переход:

$$U_{Pi} = \frac{\hat{n}_{pxi}}{q}$$

Полученные значения округляются до целого числа и записывают в 14 столбец карты наладки.

Далее начиная с 0 заполняются цепочкой столбцы 15 и 16. При их заполнении используются ранее полученные значения в столбцах 13 и 14. последнее значение в столбце 16 должно быть не более 100. Если получилось большее число, то проводят коррекцию за счет переходов, имеющих большее число U_{Pi} .

1.6 Расчет радиус-вектора в начале и конце перехода

Для кулачков поперечных суппортов Радиус-вектор в конце рабочего перехода R_K

$$R_K = 75 \text{ мм}$$

Радиус-вектор в начале рабочего перехода R_H

$$R_H = 75 - l_{pxi}$$

Начальный радиус быстрого подвода и конечный радиус быстрого отвода $R_O = 40 \text{ мм}$.

Полученные значения заносятся в столбцы 17 и 18 для соответствующего перехода (строки).

Для кулачка револьверного суппорта радиусы рассчитываются по следующей методике. На подачу и зажим, и каждый рабочий переход рассчитывается расстояние от револьверной головки до цанги L_i по формуле

$$L_i = (l + 8) - b_i + c$$

l – длина детали

b – размер чертежа на данном переходе

c – расстояние от плоскости режущей кромки инструмента до револьверной головки (размер державки). При продольном точении и сверлении для данного автомата $c = 62$ мм; нарезании резьбы $c = 60$ мм; при подаче прутка до упора $c = 64$ мм.

Радиус-вектор в конце перехода (т.е. в конце профиля рабочего участка):

$$R_{K_i} = 120 - (L_i - 64);$$

В начале перехода радиус-вектор:

$$R_{H_i} = R_{K_i} - l_i ;$$

l_i - рабочий путь инструмента на данном переходе.

Радиус первого поворота револьверной головки принимается на 2 мм меньше радиуса подачи и зажима заготовки и принимается таковым для всех остальных поворотов.

Полученные значения заносятся в столбцы 17 и 18 для соответствующего перехода (строки).

2 Проектирование дисковых кулачков

Кулачок изготавливается из диска-заготовки, который имеет:

1. максимальный диаметр, в пределах которого располагается профиль кулачка;
2. посадочное отверстие (на распределительный вал);
3. отверстие для фиксирования кулачка в определенном положении.

4. радиус сопряжений дуг принимают $R = 10$ мм.

Диск-заготовка разбивается на 100 участков и угол поворота кулачка оценивается количеством сотых делений, на которые он поворачивается. Профиль участков рабочих ходов очерчивается по спирали Архимеда. Размеры участков выражают количеством делений, а расположение их обозначается номерами начального и конечного делений.

В приложении 1 приведены примеры кулачков для переднего суппорта (точение канавки с $\varnothing 26$ мм до $\varnothing 20$ мм. $b = 0,5(26 - 20)$, $l_{px} = b + 0,5$), верхнего суппорта (накатывание рифлений) и заднего суппорта (отрезка детали диаметром 20 мм).

В приложении 2 приведён шаблон кулачка револьверного суппорта

2.1 Порядок построения профиля кулачка

Построение ведется в масштабе 1:1.

Кулачки вычерчивают на специальных шаблонах. Если нет готовых шаблонов, то вначале строят шаблоны, а затем уже кулачки.

Рассмотрим построение кулачка револьверного суппорта.

1. Проводим окружности следующих диаметров:

2. а) 276 мм-диаметр вспомогательной окружности;

б) 240 мм-диаметр основной окружности (диаметр заготовки кулачка); в) 40 мм-диаметр отверстия кулачка; г) 80 мм-диаметр минимальной окружности;

д) 10 мм-диаметр отверстия под штифт (центр отверстия проводится на расстоянии 28 мм от центра основной окружности).

3. Разбиваем основную окружность диаметром 240 мм на 100 частей радиусами по которым осуществляется быстрый подвод или отвод суппорта. Радиус нулевого деления должен проходить через центр отверстия диаметром 10 мм под штифт.

4. Из вспомогательной окружности диаметром 276 мм через деления основной окружности диаметром 240 мм проводим дуги до окружности 40 мм. Для этого раствором циркуля $R=120$ мм проводим дугу через нулевое деление основной ок-

ружности, установив предварительно ножку циркуля на вспомогательной окружности диаметром 276 мм.

5. На нулевой дуге построения откладываем из центра радиус начала перехода, через необходимое количество делений - радиус конца перехода. Аналогичные построения производим для всех остальных переходов.

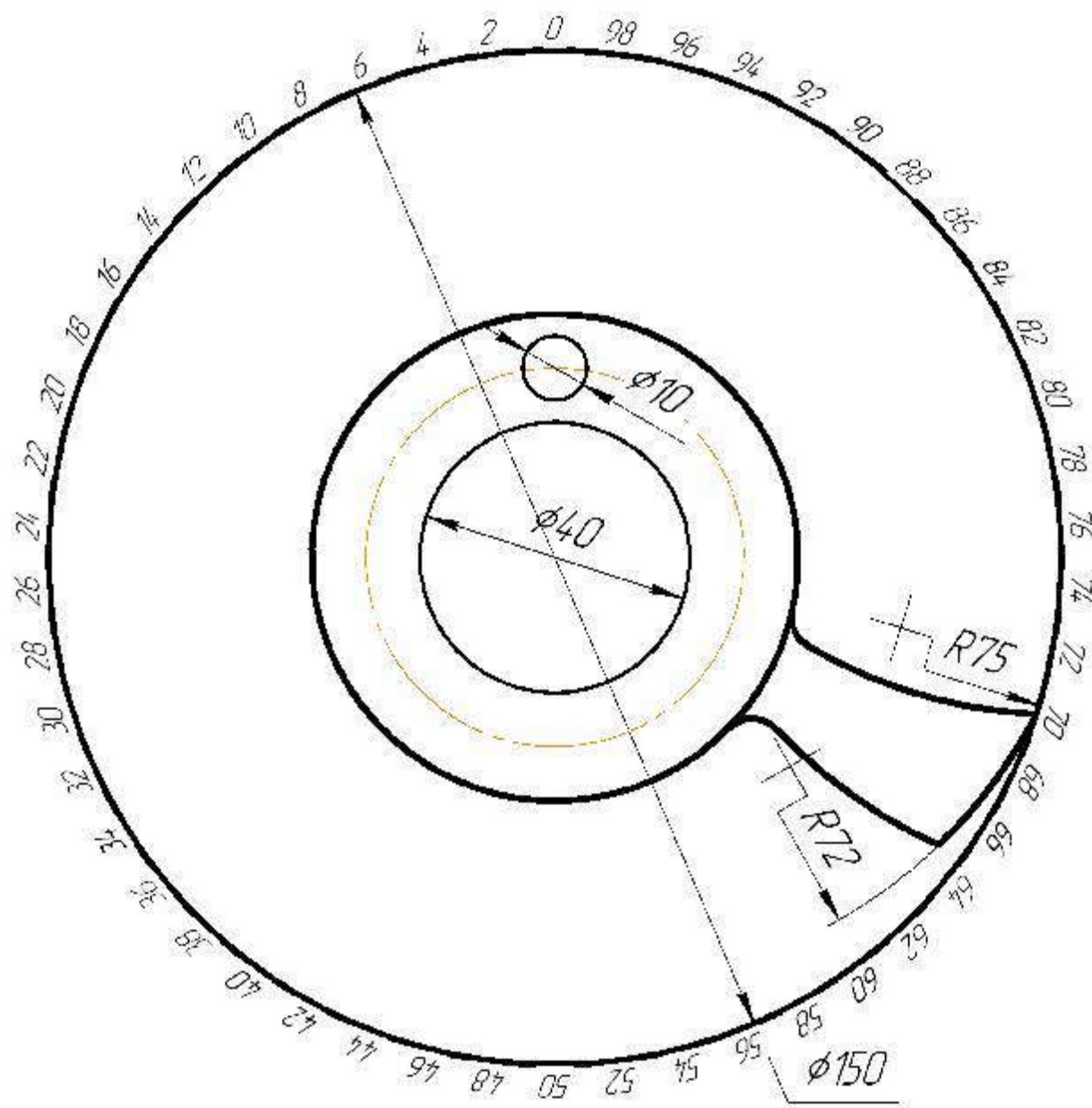
6. Между точками начала и конца переходов проводим кривые, очерченные по спирали Архимеда.

7. Дуги построения принимаются за кривые участков быстрого подвода - отвода. Сопрягаем дуги с началами последующих переходов кривой, равной радиусу ролика – 5 мм.

Радиус участка последнего поворота револьверной головки занижают с таким расчетом, чтобы инструменты револьверной головки, находящейся в ответственном положении, не мешали работе инструментов поперечных суппортов.

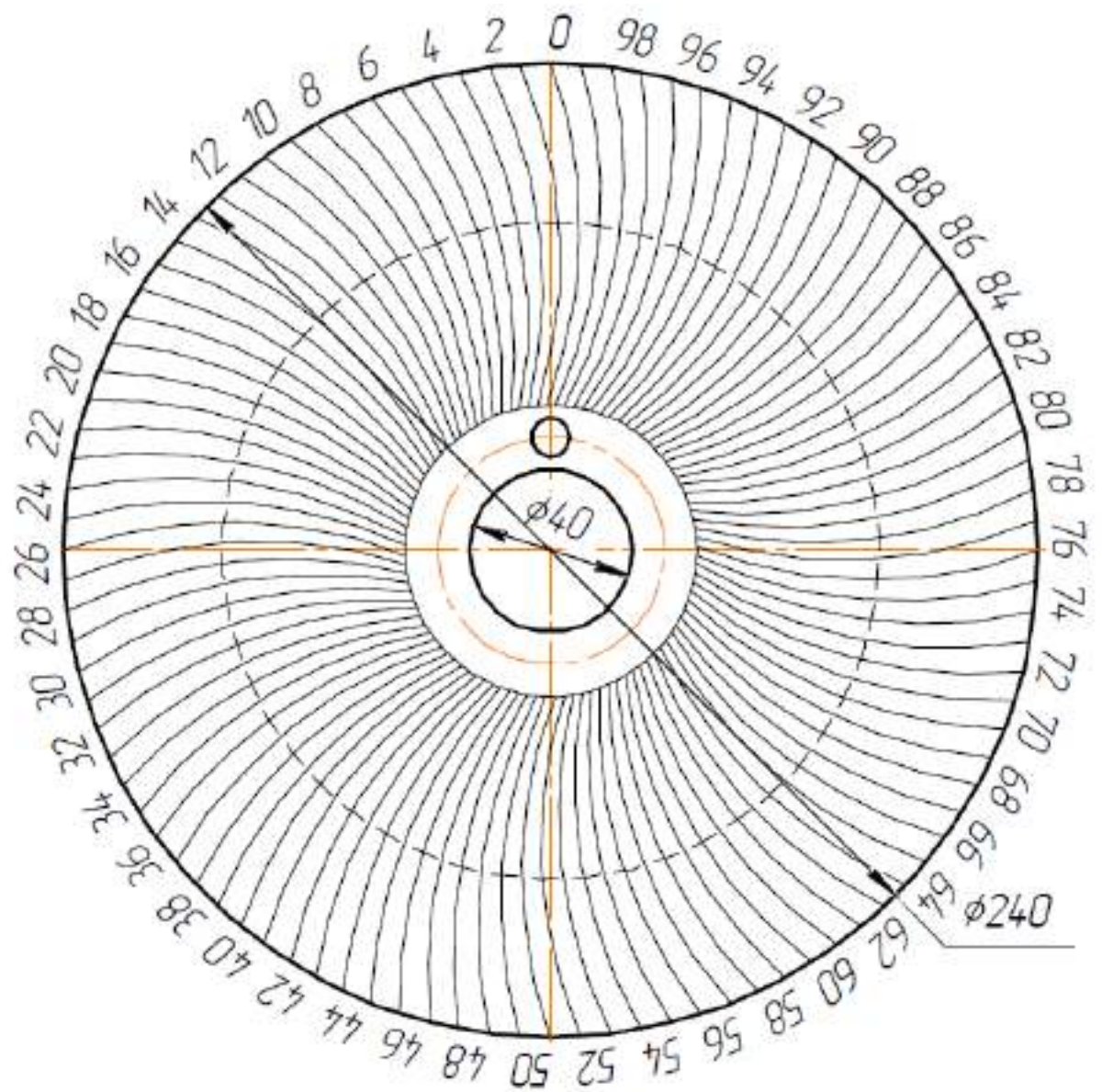
Для построения кулачков можно воспользоваться шаблонами, представленными в приложении 2, предварительно их распечатав. Для правильного построения необходимо учитывать искажение масштаба шаблона (зависит от модели принтера) при выводе его на печать и вводить *поправочный масштаб*. Который определяется следующим образом: измеряется реальный размер диаметра кулачка на распечатке и делится на размер указанный на шаблоне. Далее все линейные размеры (радиусы) из карты наладки умножаются на величину поправочного масштаба и откладываются на шаблоне. Например на распечатанном шаблоне кулачка поперечного суппорта измеренный диаметр кулачка составил 147 мм. Тогда поправочный масштаб будет равен $147/150=0,98$, а на распечатанном шаблоне кулачка револьверного суппорта измеренный диаметр кулачка составил 160 мм. Тогда поправочный масштаб будет равен $160/240=0,67$.

Приложение 1



Кулачек переднего суппорта

Приложение 2

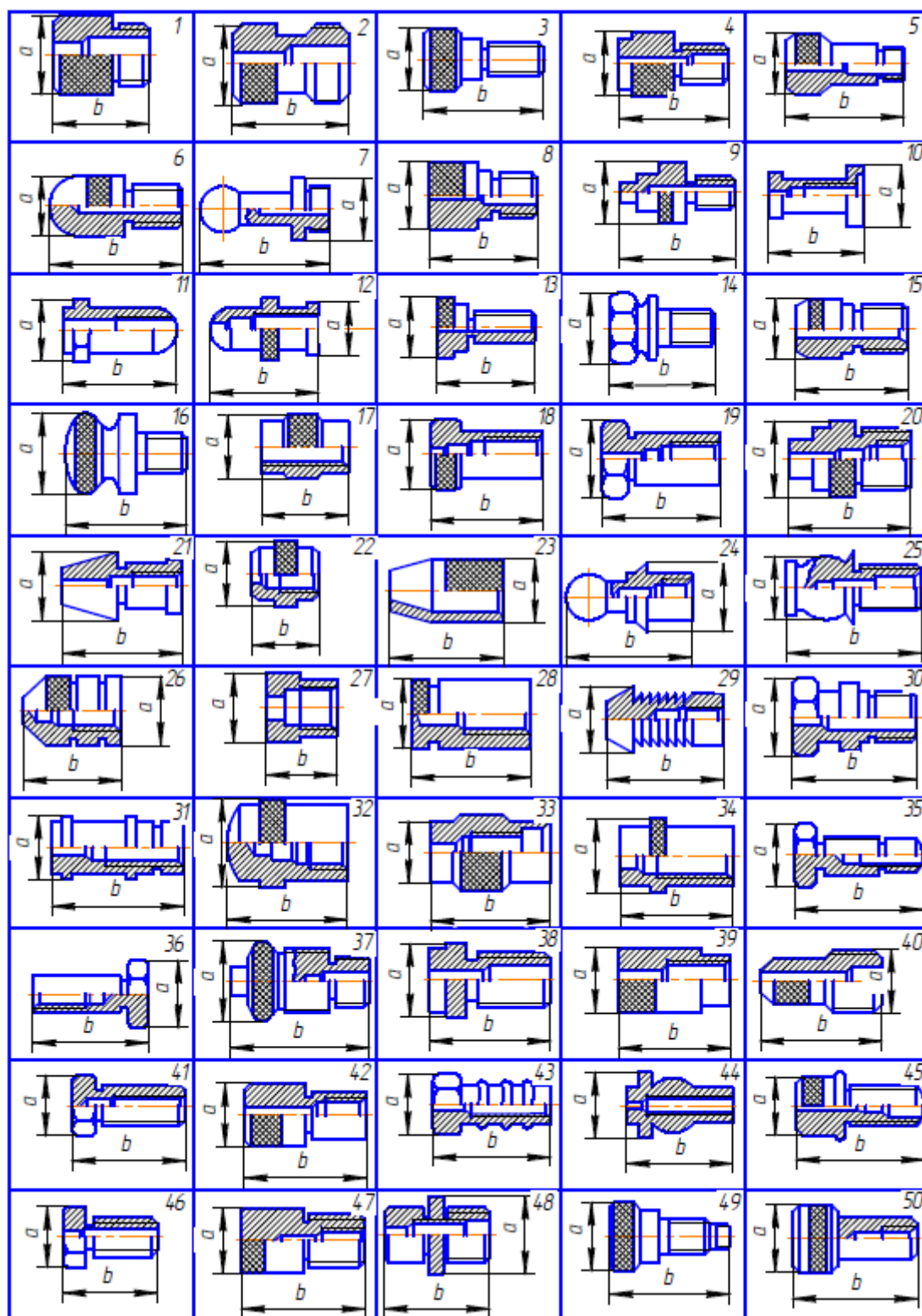


Шаблон кулачка револьверного суппорта

Приложение 3

Эскиз детали			Модель станка							Материал заготовки											
			Зубчатые колеса																		
			Кор. скоростей		Распред. вал																
					A=	a =	b =						Время на обработку (сек)								
		B=	c =	d =						$t_{\text{рез}} =$	$t_{\text{эк}} =$	T =									
Эскиз перехода и его наименование			$V_{\text{рез}}$ м/мин		$n_{\text{рез}}$ об/мин	$n_{\text{рез}}$ об/мин	V_z м/мин - действительная	k_f - коэфф. соответствия	s мм/об	Рабочий путь	Кол-во обор шп.		Кулачек				R, мм				
											На пере-ход	$\overline{n}$	Для рас-чета соотв. $\hat{n}$	Сотые доли							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Задание к работе



План-график выполнения задания

Готовая работа сдается через 10 недель от момента выдачи задания преподавателем.

Критерии оценивания компетенций

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если студент безошибочно проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства, Самостоятельно внедряет средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Записка работы выполнены аккуратно, с полными ссылками на источники и точными расчетами и выводами. Выполнен чертеж детали и кулачков. Сделан вывод.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если студент проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства с несущественными неточностями, по заданному прототипу внедряет средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Записка расчетно-графической работы выполнена аккуратно, но с небольшими недочетами с полными ссылками на источники и не точными расчетами и выводами. Выполнен чертеж детали и кулачков. Сделан вывод.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он не корректно проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства, не корректно внедряет средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Записка расчетно-графической работы выполнена неаккуратно, без ссылок на источники. Выполнен расчет кулачков, чертеж детали. Чертеж кулачков не выполнен.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он не проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства, не внедряет средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Записка расчетно-графической работы не выполнена. Расчеты не доведены до итогового заключения. Отсутствуют чертежи.

Порядок защиты работы

Готовая работа предоставляется в распечатанном и электронном виде. Студенту необходимо объяснить последовательность разработанной технологии изготовления деталей и порядок проектирования кулачков автомата. Ответить на дополнительные вопросы преподавателя.

Список использованной литературы

1 Расчет наладки токарного автомата old.rim.mrsu.ru/.../.

2 Олещук, В. А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / В. А. Олещук. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 152 с. — ISBN 978-5-9729-1315-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346547>