

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Робототехнические системы»

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМАМИ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 01 03
«Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
дневной формы обучения**

Гомель 2020

УДК 621.9.06(075.8)
ББК 34.630.2я73
А22

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 13.05.2019 г.)*

Составители: *М. И. Михайлов, А. П. Лепший, В. П. Кириленко*

Рецензент: доц. каф. «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика»
ГГТУ им. П. О. Сухого д-р техн. наук *В. В. Пинчук*

А22 **Автоматическое** управление процессами и системами : практикум по выполнению лаборатор. работ по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. формы обучения / сост.: М. И. Михайлов, А. П. Лепший, В. П. Кириленко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 122 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Описаны методика проведения лабораторных работ и используемое оборудование. Рассмотрены конструкции механизмов и принципы их работы, особенности их применения. Раскрыты основные принципы обоснованного выбора различного технологического оборудования и методика наладки.

Для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной формы обучения.

УДК 621.9.06(075.8)
ББК 34.630.2я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2020

- 1) подвижные шестерни (рис. 1, а);
- 2) подвижные шпонки (рис. 1, б);
- 3) кулачковые муфты (рис. 1, г и д);
- 4) накидные шестерни (рис. 1, в);
- 5) фрикционные муфты (рис. 2-4).

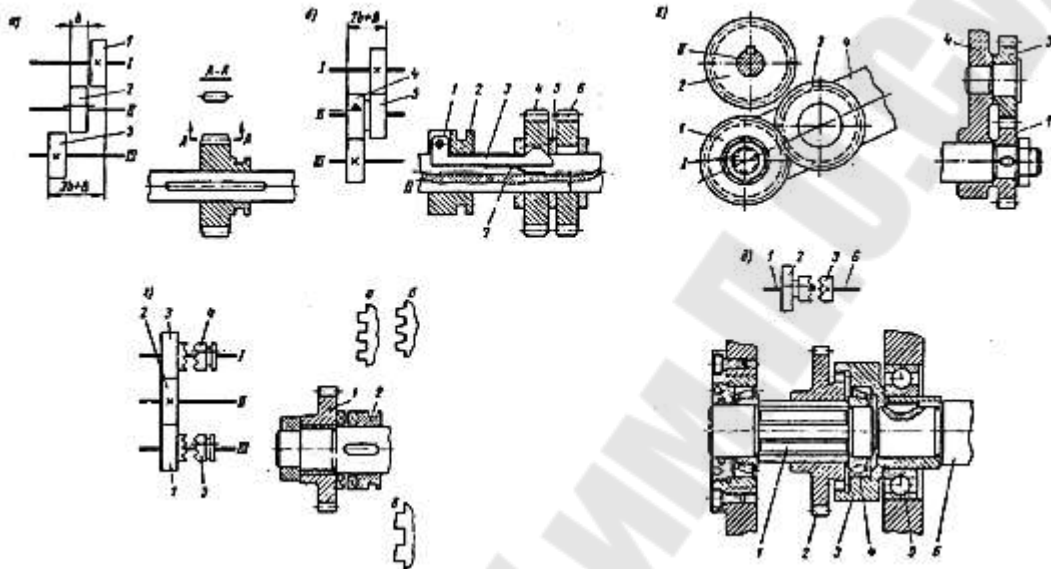


Рис. 1. Механизмы включения и выключения кинематических цепей

Подвижная шестерня 2 (рис. 1, а) может скользить вдоль оси вала II на шпонке или на шлицах и сцепляться либо с шестерней 1, либо с шестерней 3. При этом движение передается от вала II либо валу I, либо валу III. При среднем положении подвижной шестерни обе кинематические цепи, связанные с валами I и III, выключены. Та или иная кинематическая цепь включается перемещением подвижной шестерни вправо или влево. Для облегчения включения торец зуба шестерен должен быть скошен и закруглен. Расстояние между торцами неподвижных шестерен должно быть несколько больше ширины b подвижной шестерни, с тем, чтобы при среднем положении подвижной шестерни торцы зубьев не задевали бы друг друга. Таким образом, общая длина механизма должна быть несколько больше $3b$.

При данной схеме возможно только поочередное включение валов I и III, если сделать шестерню 2 неподвижной, а шестерни 1 и 3 подвижными, то будет возможно как поочередное, так и одновременное включение валов.

Механизм такого типа отличается: простотой конструкции; высокой жесткостью, так как в системе имеется всего один подвижной стык; высоким к.п.д., так как при включении одной кинематической цепи все звенья другой цепи выключаются. Следует заметить также, что посадки, используемые при данной конструкции механизма, - с натягом для

неподвижных шестерен и скользящая для подвижной - обеспечивают хорошее центрирование шестерен. Вследствие указанных особенностей данный механизм хорошо работает как при высоких, так и при низких скоростях и при передаче как больших, так и малых крутящих моментов.

Недостатком данного механизма является невозможность переключения на ходу, повышенный износ торцов зубьев.

Благодаря отмеченным выше достоинствам данный механизм находит широкое применение в кинематических цепях станков и, в частности, в коробках скоростей и подач.

При использовании подвижной шпонки (рис. 1, б) на ведущем валу II свободно сидят две шестерни 4 и 6 со шпоночными пазами, которые находятся в постоянном зацеплении с шестернями, сидящими на ведомых валах. Подвижная шпонка 3 качается на оси 1, расположенной в муфте 2, и перемещается по пазу вала II. Под действием пружины 7 шпонка стремится переместиться в радиальном направлении. При перемещении подвижной шпонки в осевом направлении она совмещается с одной из шестерен 4 или 6 и под действием пружины заскакивает в паз шестерни, сцепляя ее с валом. Для того чтобы при переключении не произошло одновременного включения двух шестерен, между ними помещена шайба 5, которая утапливает шпонку в момент переключения..

Данный механизм по сравнению с предыдущим имеет ряд недостатков. Передача момента осуществляется короткой шпонкой, которая сидит свободно как в пазу вала, так и в шпоночном пазу шестерни, что приводит к перекосу шпонки при передаче крутящего момента. В этих условиях механизм не может передавать больших крутящих моментов вследствие плохого контакта стыковых поверхностей. Монтаж шестерен на ходовой посадке приводит к увеличению зазоров и повышенному биению. При включении одной из кинематических цепей шестерня, передающая вращение второй кинематической цепи, остается сопряженной с ведущим валом, что вызывает дополнительные потери и приводит к снижению к.п.д. Конструкция механизма сложнее, чем предыдущего.

Вследствие указанных недостатков механизм применяется ограниченно - преимущественно при передаче малых крутящих моментов в коробках подач некоторых моделей сверлильных и револьверных станков.

Для включения и выключения кинематических цепей может быть использован механизм с накидной шестерней (рис. 1, в). Шестерни 1 и 2 ведущего и ведомого валов сцепляются через промежуточную шестерню 3. Шестерня 3 смонтирована на пальце поворотного рычага 4 и находится в постоянном зацеплении с шестерней 1. В зацепление с шестерней 2 шестерня 3 вводится поворотом рычага 4. После включения рычаг

удерживается в требуемом положении фиксатором, который воспринимает распорную силу, действующую со стороны шестерни 2 на шестерню 3. Так как фиксирующее устройство состоит из ряда звеньев, деформирующихся под действием распорной силы, то данный механизм не обеспечивает надежного сцепления включенных зубчатых колес. Конструкция данного механизма сложнее конструкции механизма с подвижной шестерней, а к.п.д. ниже из-за наличия промежуточной шестерни. Механизм применяют ограниченно, главным образом в коробках подач токарно-винторезных станков.

В механизмах с кулачковой муфтой (рис. 1, г) ведущая шестерня 2 жестко закреплена на валу II. Шестерни 1 и 3, передающие движение валам I и III, находятся в постоянном зацеплении с шестерней 2 и сидят на валах свободно. Включение той или иной кинематической цепи осуществляется с помощью кулачковых муфт 4 и 5. Кулачковые муфты имеют торцовые зубцы профиля а или б, сцепляющиеся с аналогичными торцовыми зубьями шестерен. При профиле б для выключения муфты требуется меньшее усилие выключения, чем при профиле а. Вместо торцовых муфт могут быть использованы зубчатые муфты (рис. 1, д). В этом случае сцепление осуществляется с помощью обычной зубчатой шестерни, выполненной в одном блоке с шестерней 2, которая вводится в зацепление с внутренними зубцами полумуфты 3.

Механизмы включения с кулачковыми и зубчатыми муфтами удобны для сцепления соосных валов (рис. 1, д). Вал 1, расположенный соосно с валом 6, поддерживается подшипником 4, размещенным в полумуфте 3, сидящей на валу 6. Вал 6 монтируется на двух опорах, из которых одной является подшипник 5, а вторая не показана на чертеже.

Механизм, представленный на рис. 1, г, имеет пониженную крутильную жесткость из-за наличия нескольких подвижных стыков и повышенное биение зубчатых колес, которые устанавливаются по посадке скользя на промежуточных втулках или подшипниках качения. Потери мощности в этом механизме, так же как и в механизме с подвижной шпонкой, больше, чем в механизме с подвижными шестернями. Конструкция механизма сложнее.

Для переключения на ходу данный механизм используется в отдельных случаях при частоте вращения, обычно не превышающем 120-150 об/мин. В последнее время применяют механизмы включения с зубчатыми муфтами с синхронизатором, представляющим собой фрикционную муфту, выравнивающую скорости вращения полумуфт в момент включения. Такие муфты можно включать при высоких скоростях. При введении дополнительного синхронизатора конструкция муфты усложняется. Кулачковые муфты изготавливают из сталей 20Х, 40Х, 12ХНЗА, 12Х2Н4А. Муфты из малоуглеродистых сталей подвергают

цементации и закалке до твердости HRC 58-62, из высоко углеродистых - закалке до HRC > 50.

Кинематические цепи с фрикционными муфтами имеют такую же структуру, как кинематические цепи с кулачковыми муфтами (см. рис. 1, г). Наибольшее распространение получили муфты с металлическими дисками, работающими в масле, отличающиеся компактностью конструкции. Одна из нормализованных в станкостроении конструкций подобной муфты приведена на рис. 1.3. Шестерня 13, жестко связанная с чашкой 12, свободно сидит на валу 1. На цилиндрической части чашки 12 прорезаны сквозные пазы, в которые входят выступы дисков 10, чередующихся с дисками 11.

На валу 1 диски 10 сидят свободно, а диски 11 связаны с валом 1 шлицами. Диски 10 и 11 при включении муфты сжимаются с помощью нажимного диска 9. Сжатие дисков при включении муфты осуществляется с помощью подвижной гильзы 4, в которой расположены штифты 3.

При перемещении гильзы штифты воздействуют на три собачки 5, расположенные в пазах втулки 2, закрепленной на валу 1. Под действием штифтов собачки поворачиваются вокруг осей 14 и нажимают на кольцо 6, на котором на резьбе сидит нажимная гайка 7, воздействующая на нажимной диск 9.

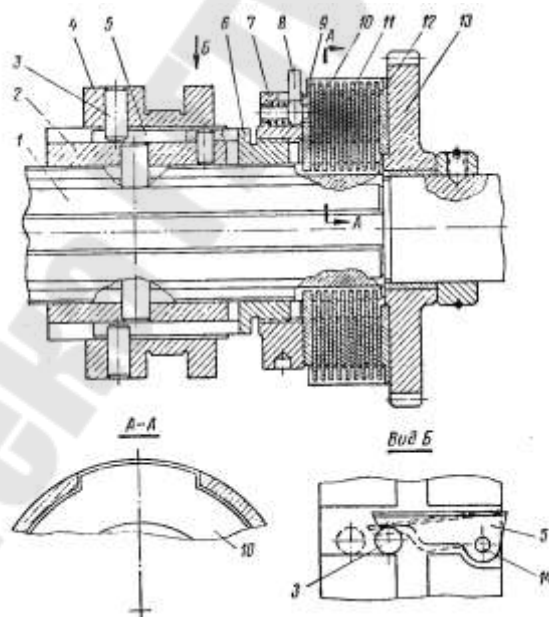


Рис. 2. Фрикционная муфта

Для регулирования усилия нажима гайку 7 можно перемещать в осевом направлении, накручивая ее на резьбу кольца 6. В требуемом положении гайка закрепляется пружинным фиксатором, который после регулирования усилия нажима вводится в одно из отверстий диска 9.

Значительное распространение в станках получили электромагнитные фрикционные муфты (рис. 3,а-б). По основным конструктивным особенностям электромагнитные фрикционные муфты могут быть разбиты на следующие группы: муфты с магнитопроводящими дисками (рис. 3, а), муфты с вынесенным якорем (рис. 3,в) и порошковые муфты. Муфты могут быть выполнены как с вращающейся (муфты контактного исполнения серии ЭТМ...2), так и с неподвижной катушкой (муфты бесконтактного исполнения серии ЭТМ...4). На рис. 3,а представлена муфта с вращающейся, на рис. 4 - с неподвижной катушкой.

Вращающаяся катушка 3 сидит на шлицах на валу 1 и удерживается от осевого смещения стопорным кольцом 2. Обмотка 4 катушки получает питание от щетки 7 через токоподводящее кольцо 6, изолированное от корпуса втулкой 5. Схема питания катушки представлена на рис. 1.4, б. От трансформатора напряжение подается к выпрямителю, который является источником питания. Один конец источника питания подключен к щетке, а второй - к корпусу, к которому также подключен второй конец обмотки катушки электромагнитной муфты. Питание муфты осуществляется током напряжением 24 в.

Магнитный поток, создаваемый катушкой, замыкается через диски муфты и якорь (рис. 3, а). Якорь состоит из трех частей. Внутреннее кольцо 11 выполнено из бронзы и изолирует магнитный поток от вала. Кольцо 9 сидит на кольце 10 на скользящей посадке и может смещаться в осевом направлении. Смещение кольца 9 ограничено тремя штифтами 12. Благодаря смещению кольца 9 обеспечивается лучшее прилегание поверхности якоря к дискам и вращение передается от вала 1 ведомой шестерне через барабан 8. При выключении муфты волнообразные кольцевые пружины, расположенные между внутренними дисками, разжимают диски, отодвигая якорь вправо.

Диски изготовлены из стали 45Г и закалены до твердости НРС 40-45.

Для уменьшения рассеяния магнитного потока диски снабжены фасонными вырезами. Муфты этого типа работают в масле, которое либо подается на поверхность муфты, либо поступает через полый вал. Время срабатывания муфт этого типа сравнительно велико. В системах автоматического управления, где требуется высокая скорость срабатывания, лучшие результаты могут быть получены при использовании муфт с вынесенным якорем. Принципиальная схема подобной муфты с невращающейся катушкой серии ЭТМ представлена на рис. 3, в.

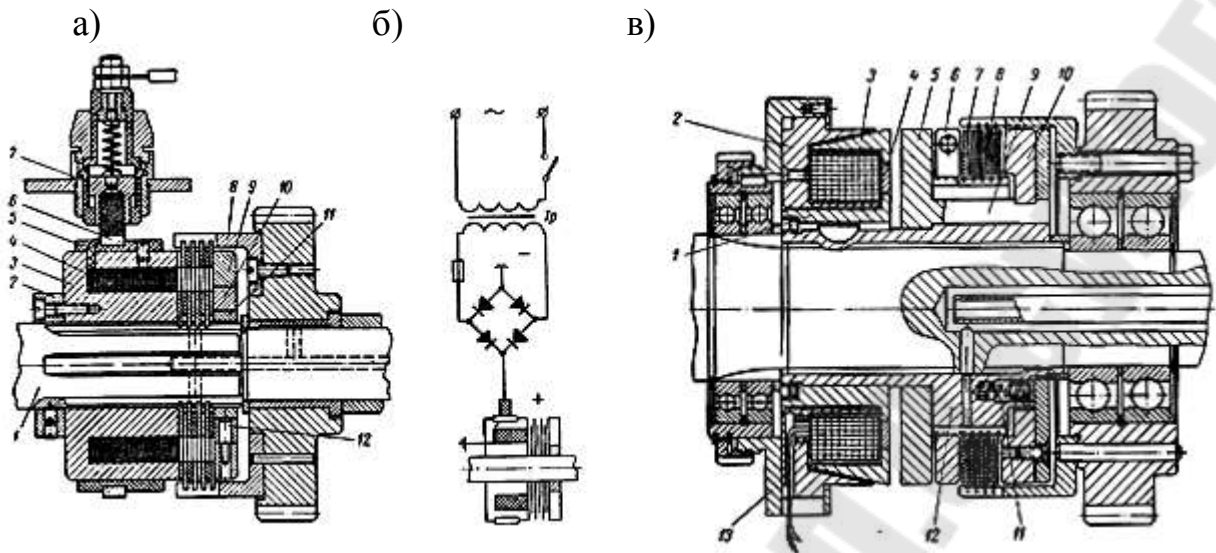


Рис. 3. – Электромагнитная муфта: с вращающейся катушкой (а) и схема ее питания (б); с вынесенным якорем (в)

Все детали муфты монтируются на втулке 12, которая закрепляется на соответствующем валу кинематической цепи. Обойма 2 катушки центрируется и закрепляется в стакане 13, который либо устанавливается в отверстие корпусной детали, либо на валу. В последнем случае стакан должен быть связан с корпусом тягой. Кольца 1 и 3, образующие совместно с якорем 5 магнитопровод, соединены кольцом 4 из немагнитного материала. Якорь 5 выполнен заодно со шпонками 9, которые образуются путем прорезания сквозных пазов в ступице якоря 5. Шпонки 9, имеющие на конце Г-образные захваты, входят в пазы втулки 12. На втулке 12 на резьбе сидит бронзовое кольцо 6, к которому прижимаются диски муфты при включении. Положение кольца можно регулировать, перемещая его в осевом направлении по резьбе. Диски 8 связаны со шлицами втулки 12, а диски 7 - с пазами барабана ведомой шестерни. Нажимной диск 10 имеет шлицевые пазы, через которые проходят концы шпонок 9. Поворотом вокруг оси нажимной диск связывается Г-образными вырезами со шпонками 9 и при перемещении якоря 5 перемещается вместе с ним. При выключении муфты нажимной диск перемещается вправо под действием пружин 11. Муфты с вынесенным якорем могут быть выполнены также с вращающимися катушками, а муфты с невращающейся катушкой могут иметь и магнитопроводящие диски. В качестве накладок внутренних дисков могут быть использованы обычные фрикционные материалы.

При выключении электромагнитной фрикционной муфты продолжает действовать остаточный момент, вследствие чего возникают потери холостого хода. Величина остаточного момента составляет $(0,5 \dots 1,0)M_{ном.}$

При разгоне, торможении, реверсировании, в период холостого хода диски муфты скользят друг относительно друга и при этом происходит нагрев муфты. Часть выделяющегося тепла рассеивается, а часть, передаваясь элементам муфты, вызывает повышение из температуры. Нагрев элементов муфты происходит также вследствие протекания тока в обмотке муфты. Для нормальной работы муфты необходимо, чтобы количество выделяющегося тепла не превышало теплорассеивающей способности муфты.

Электромагнитные фрикционные муфты используют в качестве пусковых, для переключения кинематических цепей, изменения чисел оборотов и торможения.

Для выключения кинематических цепей, осуществляющих точные перемещения, наиболее пригодны муфты с вынесенным якорем, время срабатывания которых при выключении составляет 0,01...0,02 сек.

Электромагнитные фрикционные муфты находят значительное применение в системах автоматического управления. При выборе муфт для САУ необходимо учитывать, что муфты с невращающейся катушкой имеют меньший момент инерции, что приводит к сокращению времени разгона и торможения, а также проанализировать потери холостого хода, которые могут оказаться значительными.

Наряду с фрикционными применяют также мелкозубые электромагнитные муфты. В этом случае муфта имеет только один диск, на торце которого нарезаны мелкие зубья. Муфты отличаются быстродействием и способностью передавать значительные крутящие моменты.

2. Самоуправляющиеся механизмы включения и выключения

Самоуправляющиеся механизмы включения и выключения кинематических цепей могут быть разбиты на три группы:

- 1) муфты обгона, которые срабатывают при изменении числа оборотов, связанного с муфтой вала;
- 2) механизмы автоматического выключения, размыкающие кинематическую цепь при ограничении перемещения рабочего органа с помощью жесткого ограничителя;
- 3) предохранительные муфты, срабатывающие при возникновении перегрузки в кинематической цепи.

Муфты обгона. При наличии муфты обгона 2 (рис. 4, а) вал II может получать вращение от одной из двух кинематических цепей, сообщающих ему вращение в одном направлении с разной скоростью. При медленном вращении вал II получает движение от вала I через червячную передачу. При этом вал III, сообщающий быстрое вращение валу II, выключен с

помощью фрикционной муфты 3, а червячная шестерня 1, свободно сидящая на валу II, автоматически сцепляется с валом с помощью муфты обгона 2.

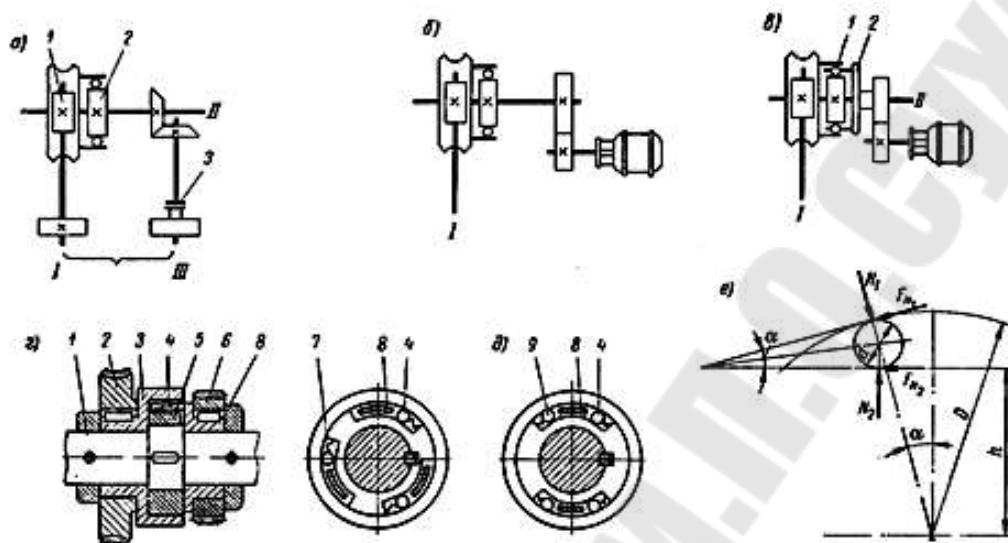


Рис. 4. Муфты обгона

При включении муфты 3 вал II получает быстрое вращение в том же направлении, в котором он вращался медленно, при этом муфта обгона автоматически расцепляет вал II с червячной шестерней 1. Подобная схема получила значительное распространение в токарных автоматах. Более простое решение может быть получено при использовании в цепи быстрых ходов индивидуального электродвигателя (рис. 4, б).

Недостатком рассмотренной схемы является то, что вал II получает быстрое вращение только в одном направлении. Применяя другой вариант муфты обгона 1 (рис. 4, в), можно сообщить валу II быстрое вращение в обоих направлениях. В этом случае быстрое вращение передается поводковой втулке 2, которая при включении быстрого хода автоматически расцепляет вал II с червячной шестерней.

При соответствующей конструкции муфты обгона вал II может получать также и медленное вращение в обоих направлениях.

В качестве муфт обгона могут быть применены храповые и роликовые муфты. Наибольшим распространением пользуются роликовые муфты (рис. 4, г и д).

При медленном вращении против часовой стрелки вал 1 (рис. 4, г) получает движение от червячной шестерни 2. Шестерня 2 сидит на ступице чашки 3, которая свободно вращается на валу. Чашка 3 при медленном вращении связывается с валом 1 с помощью роликов 4, расположенных в вырезах диска 5. Вырезы диска 5 и внутренняя поверхность чашки 3 образуют клиновое пространство. Ролики 4 под действием пружин 7 прижимаются к внутренней поверхности чашки 3.

При медленном вращении против часовой стрелки трение между роликами 4 и чашкой 3 увлекает ролики, которые заклиниваются и связывают диск 5 с чашкой 3, которые при этом вращаются как одно целое, передавая движение валу 1.

При быстром вращении вала 1 также против часовой стрелки силы трения действуют на ролики в обратном направлении, и ролики 4, откатываясь в более широкую часть выреза диска 5, не препятствуют быстрому вращению вала 1, который обгоняет медленно вращающуюся чашку 3. Если механизм выполняется без поводковой втулки 8, то быстрое вращение вала 1 в противоположном направлении невозможно, так как ролики 4 при этом заклиниваются. В таком виде механизм применяется в тех случаях, когда требуется быстрое вращение в одном направлении.

Для обеспечения быстрого вращения вала 1 в обоих направлениях движение передается не непосредственно валу, а поводковой втулке 8, на ступице которой сидит на шпонке шестерня 6 быстрого хода. Поводковая втулка сидит на валу 1 свободно. Торцовые кулачки поводковой втулки входят в вырезы диска 5. При вращении шестерни 6 против часовой стрелки кулачки втулки 8 увлекают диск 5, а вместе с ним вал 1 и процесс протекает, как описано выше. При вращении шестерни по часовой стрелке поводковая втулка 8 в первый момент немного поворачивается относительно вала 1, своими кулачками выбивает ролики 4 из клинового пространства и через ролики передает движение диску 5, тем самым не давая им заклинить.

Если муфта обгона должна также передавать медленное движение в обоих направлениях, то диск 5 снабжается вырезами двух типов (рис. 4, д), имеющих наклоны, направленные в противоположные стороны. При медленном вращении против часовой стрелки движение передается роликами 4, как описано выше, а ролики 9 в передаче вращения не участвуют. При медленном вращении по часовой стрелке движение передается роликами 9.

При быстром вращении против часовой стрелки ролики 4 откатываются в широкую часть выреза силой трения, а ролики 9 - отжимаются кулачками поводковой втулки. При быстром вращении по часовой стрелке ролики 9 откатываются силой трения, а ролики 4 отжимаются кулачками поводковой втулки.

Муфты обгона различной конструкции получили значительное распространение в станках-автоматах и полуавтоматах, так как при использовании подобных муфт и индивидуальных электродвигателей быстрых ходов упрощается конструкция привода быстрых ходов и система управления, ввиду того, что отпадает необходимость в специальных механизмах переключения.

Детали муфты, контактирующие с роликами, и сами ролики рекомендуется изготавливать из стали ШХ15 или из цементируемых сталей, в частности стали 20Х.

Механизмы автоматического выключения, размыкающие кинематическую цепь при ограничении перемещения рабочего органа с помощью жестких ограничителей. Конструкции механизмов этого типа весьма многообразны.

Механизм, представленный на рис. 5,а, служит для расцепления ведущей шестерни 9 с валом 1, от которого движение передается следующим звеньям кинематической цепи. Торцовые кулачки шестерни 9 сцепляются с кулачками муфты 5. На левом конце муфты имеются V-образные вырезы, в которые входят ролики 2, сидящие на оси 3, установленной в отверстии сухаря 4. Ось роликов может самоустанавливаться, что облегчает достижение контакта обоих роликов с V-образными вырезами муфты 5. При одностороннем контакте условия работы механизма выключения ухудшаются.

Муфта 5 прижата к роликам пружиной 10, натяжение которой регулируется пробкой 11. Пружина перемещает плунжер 6, который связан штифтом 8 с кольцом 7, передающим усилие пружины 10 муфте 5. При остановке вала 1 шестерня 9, а вместе с ней муфта 5 продолжают поворачиваться. При повороте муфты 5 ролики 2, воздействуя на скошенную поверхность V-образных вырезов, заставляют муфту 5, а вместе с ней и шестерню 9 перемещаться вправо. После поворота на 180° муфта 5 под действием пружины 10 возвращается назад, так как V-образные вырезы совпадают с роликами, а шестерня 9 остается на месте и кулачки шестерни расцепляются с кулачками муфты. В момент расцепления кулачки не передают усилия, что повышает долговечность механизма.

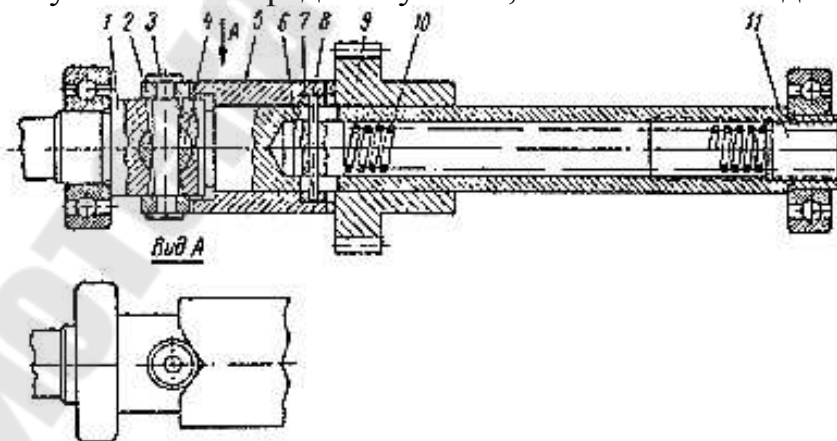


Рис. 5. Муфта автоматического выключения

Для автоматического выключения кинематической цепи при возрастании крутящего момента свыше допустимого широко используется

механизм с падающим червяком (рис. 6). Червяк 5 смонтирован в подшипнике поворотного кронштейна 3. К кронштейну 3 прикреплена планка 6, которая опирается на верхнюю плоскость рычага 12. При включенной червячной передаче верхняя плоскость рычага 12 занимает горизонтальное положение. Распорная сила, действующая на червяк, воспринимается рычагом 12, который не позволяет передаче разомкнуться. При повороте кронштейна по часовой стрелке червяк 5 выходит из зацепления с червячной шестерней. Червяк 5 получает вращение от вала 1, который связан универсальным шарниром 2 с валом 4. От вала 4 вращение передается червяку 5 через муфту 7, торцовые зубцы которой зацепляются с торцовыми зубцами ступицы червяка. Зубцы муфты 7 прижаты к зубцам червяка под действием пружины 8. Натяжение пружины, а соответственно величина передаваемого крутящего момента регулируется с помощью гайки 9.

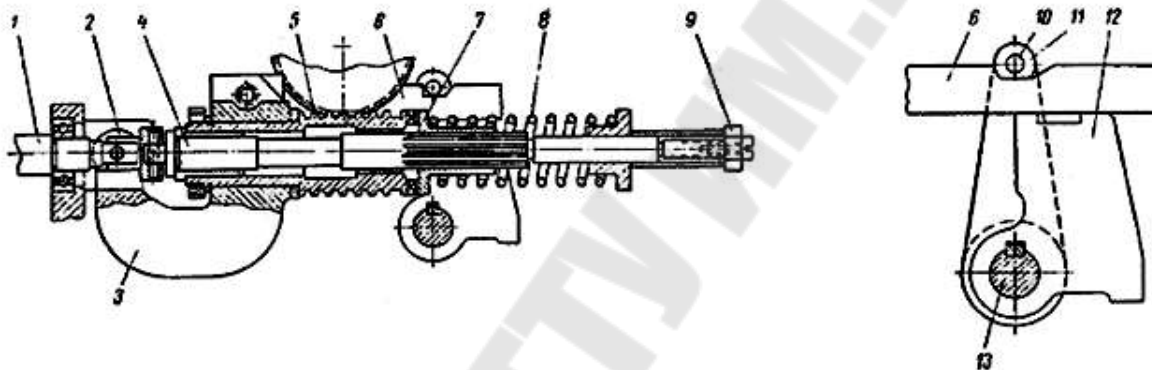


Рис. 6. Механизм с падающим червяком

При возрастании крутящего момента свыше допустимого муфта 7 под действием осевой составляющей усилия, приложенного к торцовым зубцам, перемещается вправо. При этом торец муфты нажимает на рычаг 12, который, поворачиваясь вокруг оси 13, освобождает планку 6, и кронштейн 3 с падающим червяком 5 опускается вниз под действием собственного веса и давления пальца 10, закрепленного в рычаге 11, который сидит на одной оси с рычагом 12.

Включение падающего червяка производится вручную поворотом оси 13 с помощью рукоятки. При этом рычаг 12, действуя на планку 6, поднимает кронштейн 3 с червяком 5.

Падающие червяки рассмотренного типа применяют на многочисленных моделях токарных станков.

В качестве предохранительных устройств могут быть использованы механизмы рассмотренного выше типа, размыкающие кинематическую цепь при возрастании момента выше допустимой величины, различного рода муфты, проскальзывающие при возрастании момента, и различного рода устройства со срезными штифтами и шпонками.

В качестве проскальзывающих муфт могут быть использованы различные фрикционные и кулачковые муфты, а также муфты специальной конструкции.

В предохранительных фрикционных муфтах (рис.7,а) сжатие дисков происходит под действием пружины, сила которой рассчитана так, что при возрастании крутящего момента свыше допустимой величины диски начинают проскальзывать и при вращающейся ведущей части муфты ведомая часть остается неподвижной.

Так как фактическая величина коэффициента трения может значительно отличаться от расчетной, то и момент, при котором муфта срабатывает, может колебаться в значительных пределах.

Кулачковые проскальзывающие муфты со скошенными торцовыми кулачками (рис.7,б) аналогичны муфтам, применяемым в рассмотренных выше механизмах, размыкающих кинематическую цепь при возрастании крутящего момента. Отличие заключается в том, что при возрастании момента не происходит размыкания кинематической цепи и муфта работает как трещотка, что вызывает повышенный износ муфты.

Из многочисленных специальных конструкций муфт значительное распространение получили шариковые муфты. Один из вариантов шариковой муфты представлен на рис. 7,в.

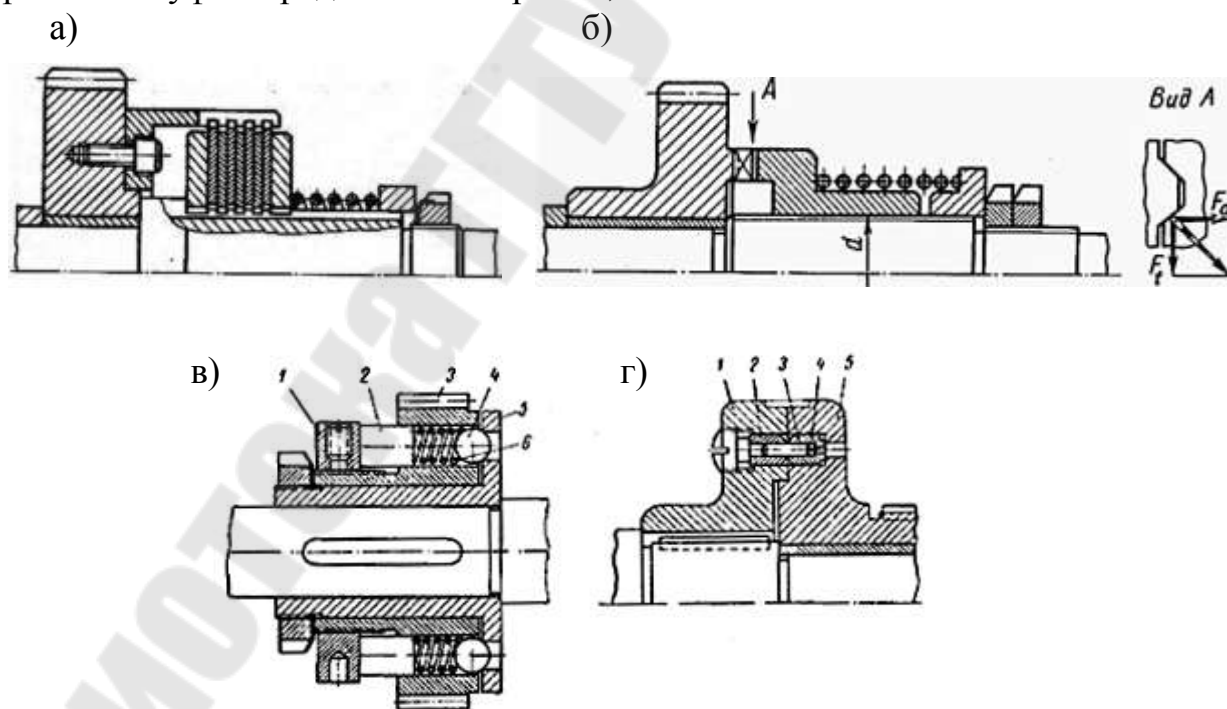


Рис. 7. Предохранительные муфты

Предохранительная муфта связывает шестерню 3 с диском 5. Связь осуществляется с помощью шариков 4, расположенных в отверстиях, выполненных в теле шестерни 3. Шарики заходят также в отверстия диска

5. К диску 5 шарики прижимаются пружинами 6. Натяжение пружин, а соответственно и величина передаваемого крутящего момента регулируется с помощью гайки 1, перемещающей плунжеры 2. При перегрузке кромки отверстий диска 5 отжимают шарики и муфта работает как трещотка.

Предохранительные устройства со срезными штифтами и шпонками применяют в тех случаях, когда перегрузка является редким случаем и возникает только в аварийных условиях. В качестве примера предохранительного устройства со срезным штифтом приведена нормализованная муфта (рис. 7, з). В полумуфты 1 и 5 запрессованы закаленные втулки 2 и 4 из стали 40 X. Через отверстия втулок проходит срезной штифт 3, который обычно изготавливается из наиболее прочного материала. При перегрузке штифт срезается и должен быть заменен новым.

3. Механизмы перемещения подвижных элементов кинематических цепей

Для переключения кинематических цепей необходимо осуществить перемещение соответствующих подвижных элементов - подвижных шестерен, шпонок, подвижных деталей муфт. Для перемещения подвижных элементов используют поводковые (рис. 8, а и б) и ползунковые (рис. 8, з и д) механизмы переключения.

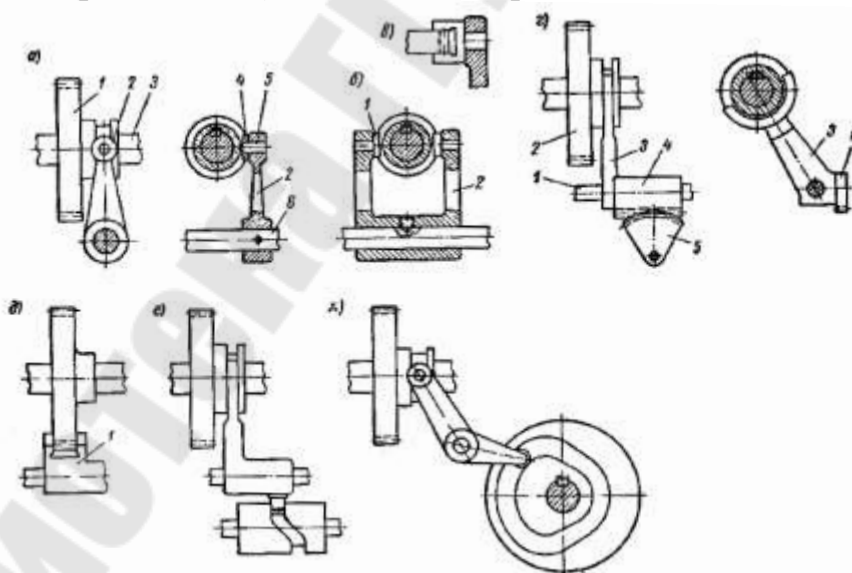


Рис. 8. Механизмы для перемещения подвижных элементов переключаемых кинематических цепей

Поводковый механизм состоит из поводка 2, закрепленного на оси 6. На пальце 5 поводка сидит сухарь 4, который входит в кольцевую

выточку подвижного элемента 1. При повороте вала 6 с помощью рукоятки или привода механизма переключения подвижной элемент перемещается по валу 3. При использовании поводка сила, приложенная к подвижному элементу, создает момент, вызывающий появление реакций и сил трения между валом и подвижным элементом, что при малой длине ступицы может затруднить переключение. При замене поводка вилкой 2 (рис. 8, б) появление момента устраняется при условии совместной работы сухарей.

Вместо сухаря 4 представленного на рис. 8, а, может быть использован сухарь 1 (рис. 8, б), выполненный заодно с осью. В последнем случае может быть уменьшена ширина сухаря и паза подвижного элемента. Сухарь может быть заменен вилкой, показанной на рис. 8, в, которая охватывает подвижной элемент с торцов.

Поводковые механизмы отличаются простотой конструкции. Однако их применение ограничено сравнительно небольшой длиной хода, так как при большой длине хода сухарь может выйти из паза. При использовании поводковых механизмов для перемещения подвижных шестерен надо правильно выбрать расстояние от кольцевого паза до торца шестерни, так как при слишком близком расположении кольцевого паза к торцу шестерни последняя может задевать за поводок, например это может иметь место при перемещении шестерни 1 (рис. 8, а) вправо.

При ползунковых механизмах длина хода не ограничивается. В кольцевой паз подвижного элемента 2 (рис. 8, г) входит вилка ползунка 3. Для перемещения ползунка может быть использована зубчато-реечная передача. С ползунком, перемещающимся по штанге 1, связана рейка 4, которая получает движение от сектора или шестерни 5; сектор поворачивается вручную или с помощью соответствующего привода механизма переключения.

Ползунок 1 может иметь также форму, показанную на рис. 8, д.

Для перемещения ползунков и поводков применяют также различного рода кулачки (рис. 8, е и ж). Установив на одном валу группу кулачков или кулачок с несколькими пазами, можно поворотом одного вала управлять несколькими механизмами, вследствие чего кулачковые механизмы переключения находят применение для переключения скоростей и подач.

4. Приводы механизмов переключения

Механизмы переключения могут приводиться в действие вручную или с помощью специальных приводов. При автоматическом управлении наличие специальных приводов обусловлено необходимостью, так как переключение должно быть осуществлено при поступлении

соответствующей команды. Однако и при ручном управлении во многих случаях механизмы переключения снабжают специальными приводами. Специальные приводы используются: при дистанционном управлении, когда механизм переключения расположен на значительном расстоянии от местонахождения рабочего; для сокращения числа рукояток в механизмах переключения скоростей и подач и в других случаях.

В качестве привода механизма переключения может быть использован электродвигатель небольшой мощности (рис. 9, а). Ползунок 1 получает движение от электродвигателя 2 через червячную и зубчато-реечную передачи. Величина перемещения ограничивается ограничителями 3, расположенными на диске 4, закрепленном на валу червячного колеса. Приводы этого типа сравнительно громоздки и применяются главным образом в станках больших размеров.

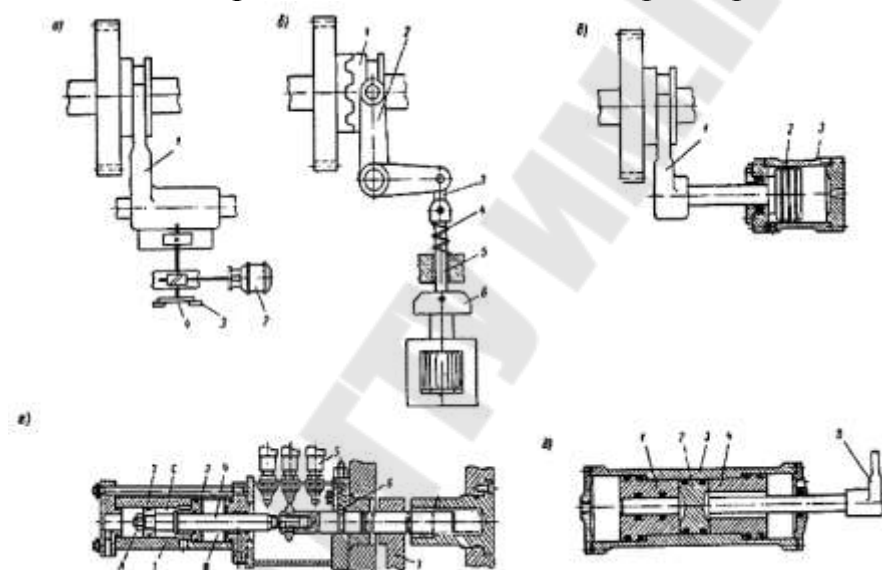


Рис. 9. Приводы механизмов переключения

Электропривод может быть также использован для поворота кулачкового вала, осуществляющего перемещение подвижных элементов.

В качестве привода в механизмах переключения применяют тяговые электромагниты (рис. 9, б). Якорь 6 тягового электромагнита связан штангой 5, перемещающейся в направляющих, и серьгой 3 с поводком 2, перемещающим подвижной элемент 1. Включение осуществляется пружиной 4, выключение - электромагнитом. Тяговые электромагниты обычно применяют при сравнительно небольших усилиях переключения 30-50 н, так как при больших усилиях механизм становится громоздким.

Весьма широко используют в механизмах переключения поршневые приводы, преимущественно гидравлические (рис. 9, в). Вилка 1 закрепляется непосредственно на штоке поршня 2. Переключение

производится подачей масла либо в одну, либо в другую полость цилиндра 3.

В ряде случаев подвижной элемент должен иметь три фиксированных положения, которые могут быть получены при специальной конструкции поршневого привода (рис. 9, г и д).

Привод, представленный на рис. 9, г имеет двоянный гидроцилиндр для переключения тройного блока. Для обеспечения среднего (нейтрального) положения масло под давлением подается в полости А и В гидроцилиндра 1; за счет разницы площадей поршней 2 и 3 шток 4 и связанная с ним вилка переключения 7 устанавливается в среднем положении (изображено на рисунке). При подаче масла в полость А и сливе его из полости В оба поршня, а следовательно, и шток смещается в крайнее правое положение; при подаче масла в полость С и сливе из полости А шток поршнем 2 смещается относительно поршня 3 в крайнее левое положение. Включенные положения блока фиксируются подпружиненным шариком 6 и контролируются конечными выключателями 5.

Поршневой привод, представленный на рис. 9, д, имеет один цилиндр 3, внутри которого сделан уступ. Перемещение вилки переключения 5 осуществляется с помощью поршня 2, на штоке которого закреплена вилка, и полых поршней 1 и 4. При подаче масла в одну из полостей цилиндра поршень 2 занимает крайнее правое или крайнее левое положение. При подаче масла в обе полости цилиндра полые поршни прижимаются к гильзе цилиндра 3 и удерживают поршень 2 в среднем положении.

Структура отчета

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и порядок выполнения работы.
3. Представить кинематическую схему станка (заданного изучаемого устройства) с выделенными управляющимися и самоуправляющимися механизмами включения и выключения кинематических цепей и описать их назначение.
4. Нарисовать принципиальные схемы (сборочный чертеж) данных изучаемых механизмов и описать принцип их работы, указав назначение каждого конструктивного элемента в цепи управления.

Контрольные вопросы

1. Каким образом переключаются управляемые механизмы кинематических цепей?
2. Каким образом переключаются самоуправляющиеся механизмы

кинематических цепей?

3. Назовите механизмы включения кинематических цепей.
4. Укажите конструктивные особенности и принцип работы механизма с накидной шестерней.
5. Расскажите назначение, устройство и принцип работы фрикционной муфты.
6. Каким образом производится настройка муфты автоматического выключения.
7. Укажите конструктивные особенности и принцип работы предохранительных муфт.
8. Назовите конструкции приводов механизмов переключения.

Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

1. Студентам запрещается самостоятельно входить в станочный парк (производственное помещение, в котором размещено действующее оборудование).
2. Студентам запрещается самостоятельно включать станок в электрическую сеть и производить любые виды работ при включенном станке.
3. Демонстрацию работы станка, а также обработку на нем заготовок имеет право производить только учебный мастер или преподаватель с соответствующей формой допуска.
4. В процессе выполнения работы учебный мастер или преподаватель, проводящий лабораторную работу, обязаны постоянно осуществлять контроль за действиями слушателей, находящихся в производственном помещении, особенно при выполнении ими этапов работы.
5. Перед включением станка в сеть учебный мастер или преподаватель обязаны проверить:
 - наличие и надежность закрепления заземления;
 - надежность закрепления инструмента и инструментальных блоков;
 - надежность установки и крепления налаживаемых узлов и деталей;
 - надежность закрепления заготовки.
6. Перед пуском станка должны быть установлены и закреплены все ограждающие и защитные устройства, а студенты занять удобное для обзора и безопасное место.
7. При любой, даже непродолжительной остановке станка, производить полное его отключение от питающих сетей.
8. Запрещается производить измерение детали во время работы станка.
9. Запрещается опираться на оборудование и находится в зоне

действия подвижных органов станка.

Литература

1. Лепший, А. П., Михайлов М.И. Методические указания к лабораторным и практическим работам по курсам «Системы управления станками и станочными комплексами», «Металлорежущие станки и промышленные роботы», «Станочное оборудование». – Ч. 1 – Гомель, ГПИ, 1992. – Ч. 2. – ГПИ, 1995.

2. Михайлов М.И., Кириленко В. П., Лепший А. П. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Системы управления технологическим оборудованием» для студентов специальности 1-36 01 03с «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013 г.

3. Metallorezushchie stanoki i avtomaty / pod. red. A. S. Pronikova. M. : Mashinostroenie, 1981. – 479 s.

4. Михеев Ю. Е., Сосонкин В.Л. Системы автоматического управления станками. – М. : Машиностроение, 1978. – 400 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «Изучение конструкций многорукояточных ручных механизмов управления»

Цель работы: изучить особенности ручного управления, достоинства и недостатки, область применения, конструкции механизмов одно-и многорукояточного управления, знать их устройство и принцип работы, уметь разработать принципиальную схему многорукояточного механизма управления в соответствии с эргономическими требованиями.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить классификацию ручных механизмов управления, их достоинства и недостатки.
2. Изучить конструктивные особенности ручных механизмов управления.
3. Изучить эргономические требования, предъявляемые к механизмам ручного управления.
4. Получить задание (натурный образец привода станка или его механизма) у преподавателя и разобраться в его назначении, конструкции и принципе работы механизмов управления.
4. Выполнить необходимые замеры, нарисовать принципиальную схему механизма управления и определить величину и точность перемещения подвижных управляемых элементов.
5. Оценить и представить рабочие зоны расположения механизмов управления и дать анализ выполнения эргономических требований.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Механизмы ручного управления. Общие понятия

К механизмам ручного управления относятся:

- механизмы включения, выключения и реверсирования приводов рабочих органов станка;
- приводные маховички и рукоятки;
- устройства и ограничители хода для ручных установочных перемещений;
- рукоятки для зажима периодически перемещающихся салазок.

Механизмы ручного переключения отличаются:

- степенью централизации управления (индивидуальное или групповое, одно - или многорукояточное; централизованное одно или двухрукояточное);
- последовательностью процесса переключения (последовательное, селективное, преселективное, смешанное);

- местом расположения органов управления относительно переключаемых передач (непосредственное или дистанционное);
- степенью механизации и автоматизации управления.

Механизмы индивидуального непосредственного управления (одно- или многорукояточные, однорычажные) характеризуются тем, что каждый передвижной зубчатый блок либо другой элемент передачи переключается отдельной рукояткой, имеющей постоянную кинематическую связь с ним с помощью переводного рычага или рейки с зубчатым сектором (рис. 1).

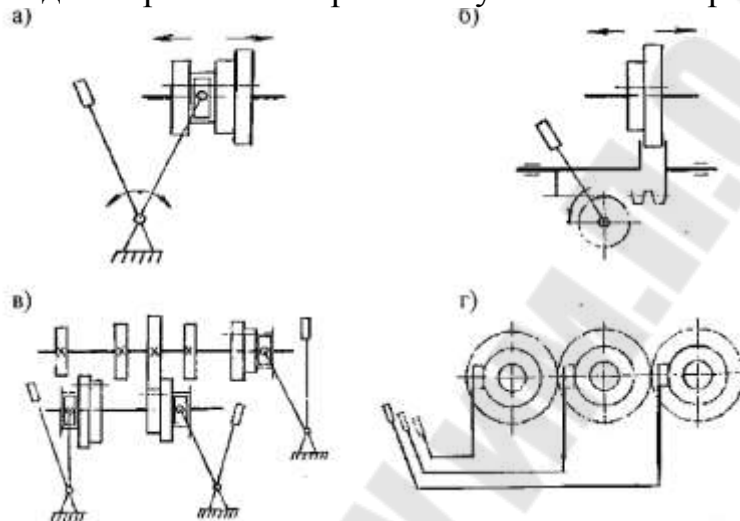


Рис. 1. Схемы механизмов ручного индивидуального непосредственного управления (одно-или многорукояточные)

Рычажный механизм индивидуального переключения (рис.1, а) прост конструктивно, но имеет ограниченный ход перемещаемого зубчатого колеса. Распространен в коробках скоростей и подач малых и средних станков.

Зубчато-реечный механизм индивидуального переключения (рис.1, б) применяется при перемещении зубчатых колес на большую длину. Недостаток – сложность конструкции.

Распределенный трехрукояточный (многорукояточный) механизм управления (рис.1,в) имеет простую конструкцию и обеспечивает выборочность переключения. Недостаток: длительность переключения, большая площадь, невозможен предварительный набор скоростей. Применяется в станках при редких переключениях.

Сосредоточенный трехрукояточный механизм управления (рис.1, г) имеет выборочность переключения и малую площадь. Недостаток: сложность конструкции, длительность переключения, невозможен предварительный набор скоростей. Применяется в станках при редких переключениях.

Недостатки механизмов, представленных на рис. 1, в и г, кроме отмеченных выше, связаны с необходимостью использования специальной

таблицы положения рукояток при установке требуемой скорости или подачи, что усложняет и удлиняет процесс управления. Кроме того, при включении каждого зубчатого блока коробки скоростей приходится сообщать включаемым колесам медленные обороты, что увеличивает время, затрачиваемое на индивидуальное перемещение передвижных блоков.

Наиболее рациональным является расположение рукояток на одной оси (рис.1,г), так как при этом оператор легко запоминает их местоположение и назначение, что достигается разной формой и размерами рукояток, и в дальнейшем, после освоения станка, легко управляет ими без зрительного контроля. Вместе с тем площадь панели управления значительно уменьшается, внешний вид улучшается, а кинематические связи между рукоятками и переключаемыми блоками незначительно усложняются. Сдвоенные рукоятки управления, расположенные на одной оси, широко применяются в станках.

2. Общие и эргономические требования к ручным механизмам управления

От механизмов и систем управления требуется четкое выполнение заданных функций с минимальным расходом времени и усилий, удобство к безопасности управления для оператора и безаварийное переключение элементов станка. Для обеспечения указанных требований необходимо выполнять следующее:

- выбрать наиболее целесообразный способ переключения и механизм управления, обеспечивающие минимально необходимое количество переключений и движений органов управления; удобную конструкцию органов управления;
- рационально разместить и сгруппировать органы управления;
- ограничить усилия для переключения органов управления;
- придерживаться правил мнемоничности (соответствия) управления движениями рабочих органов станка, заключающегося в соответствии направления движения рукоятки управления с направлением перемещения управляемой части (рабочего органа) станка;
- органы управления фиксировать в каждом положении: рабочем или нейтральном;
- вводить блокировочные устройства, исключающие возможность одновременного включения несовместимых движений (например, совместное включение двух ведущих или ведомых зубчатых блоков, установленных на одном валу, или включение механической подачи рабочего органа при его зажатом положении и т.п.).

Быстрота управления оценивается временем, расходуемым на эту операцию. Однако при ручном управлении время переключения зависит

также от величины усилия, затрачиваемого оператором, и частоты включений, которые влияют на его утомляемость, вследствие чего процесс управления удлиняется. Поэтому, чем чаще производится операция управления, чем меньше должно быть затрачиваемое на переключение усилие.

Точность управления оценивается величиной бокового смещения венцов зубчатых колес, сцепляемых друг с другом. Смещение передвижных сцепляющихся зубчатых колес не должно превышать 5% ширины их венцов (по длине зуба) - для колес шириной до 30 мм и 3% - для колес шириной более 30 мм. Отсюда следует, что чем уже шестерня, тем точнее должна быть выдержана заданная величина ее перемещения. Для этой цели применяются фиксаторы на рукоятках управления либо на переводных рычагах зубчатых блоков, а также другие средства при централизованном управлении.

При проектировании оборудования наряду решения технических, экономических и эстетических задач, решаются также вопросы эргономического анализа механизмов управления.

Эргономика - наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с целью создания для него совершенных орудий и оптимальных условий труда, т. е. таких условий, которые, делая труд человека высокопроизводительным и надежным, в то же время обеспечивают человеку необходимые удобства и сохраняют его силы, здоровье и работоспособность.

С точки зрения эргономики к механизмам ручного управления относятся такие вопросы, как закономерности зрительного восприятия; антропометрические данные; биомеханические возможности человека.

При проектировании механизмов управления необходимо знать границы зрительного поля, зоны обзора и особенности зрительного восприятия (рис. 2):

- различительная чувствительность глаза (в пределах поля зрения) резко уменьшается от центра к периферии;
- подвижные объекты воспринимаются периферическим зрением значительно лучше, чем неподвижные;
- глаз человека может воспринимать одновременно не более 5-7 отдельных объектов
- горизонтальные размеры и пропорции оцениваются точнее, чем вертикальные.
- зрительное утомление больше обусловлено утомлением двигательного аппарата глаз, чем утомлением светоощущающего аппарата сетчатки

Антропометрические данные необходимо использовать в совокупности с анатомо-физиологическими особенностями и биомеханическими возможностями человеческого тела (рис.3).

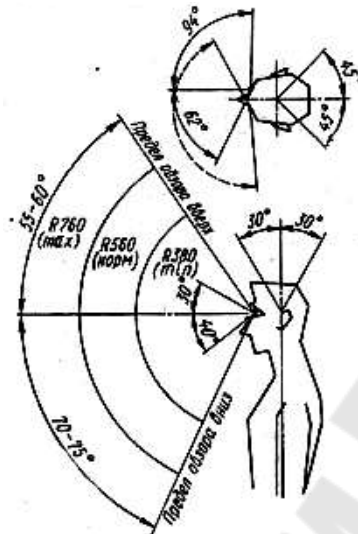


Рис. 2. Основные данные зрительного восприятия человека

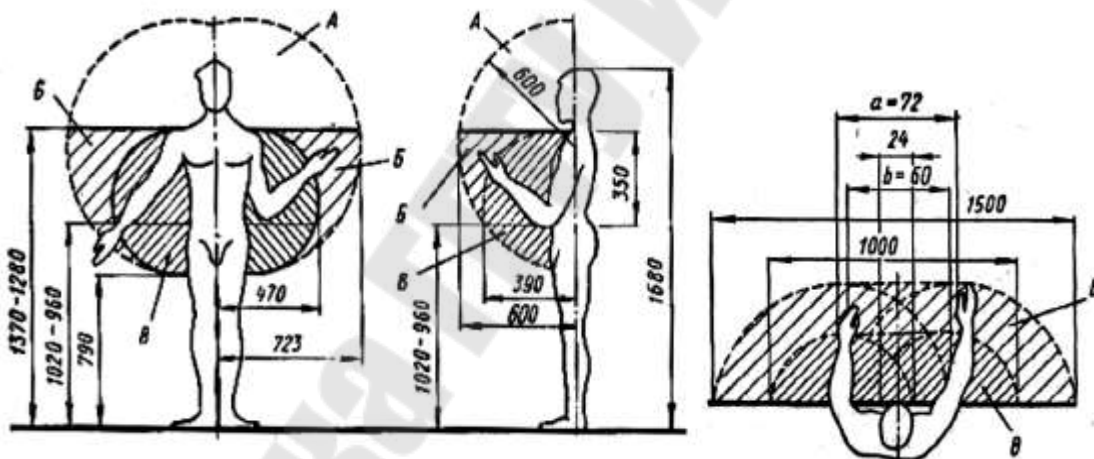


Рис. 3. Рабочие зоны ручного управления:

А – рабочее пространство; Б – зона удобного размещения; В – оптимальное рабочее пространство; а – зона, удобная для обеих рук; б – расстояние между центрами оптимального рабочего пространства

Антропометрические данные населения разных стран отличаются друг от друга. Например, средний рост взрослого мужчины составляет: в США - 176 см, в Англии - 173 см, в Японии - 164 см. В странах СНГ средний рост мужчины принят 168 см, женщины - 156 см.

При разработке механизмов управления необходимо чтобы:

а) органы управления создавали удобную рабочую позу, имели рациональную форму, были легкодоступными, а устройства контроля и сигнализации хорошо просматриваемыми, четкими и понятными;

- б) органы управления, располагаемые близко друг от друга, различались по форме и цвету; установлено, что рука человека может различать на ощупь около 10 различных по форме рукояток;
- в) взаимосвязанные органы контроля и управления были удобно расположены, а также ясно различимы по форме и цвету;
- г) движения совершались в пределах поля зрения;
- д) количество и траектории движений были сокращены до минимума; движения были простыми и ритмичными;
- е) при сравнительно редком использовании предельные значения силы на рукоятках ограничиваются величиной 30...80 н, а при частом – 20...30 н;
- ж) усилия на органах управления больше чем 150 н для рук и 250 н для ног, утомительны

3. Устройство и элементы механизмов ручного управления

Несмотря на большое разнообразие механизмов ручного управления, в общем случае они содержат: задающий орган, собственно механизм управления, состоящий из передаточного устройства и исполнительного органа, а в необходимых случаях – элементы обратной связи и индикации.

Задающий орган (ЗО - рукоятка, кнопка, педаль, командоаппарат и д.р.) представляет собой начальное звено настройки параметров исполнительных движений. Его команды проходят по цепи передаточного устройства механизма управления (ПУ – валик, ось, передача шестерня-рейка, переводной рычаг, направляющая скалка и д.р) и посредством исполнительного органа, являющегося механическим элементом конечного звена (ИО - рычаг, вилка, поворотный камень и т. п.), осуществляется перемещение объекта управления (ОУ - зубчатое колесо, муфта, шкив) (рис. 2.7).

На рис. 4 представлен широко распространенный рычажный механизм индивидуального переключения блока шестерен. Поворот от рукоятки 1, ввернутой в ступицу 2, передается поворотному валику 3, на правом конце которого посредством стопорного винта закреплен переводной рычаг 4. На верхнем конце рычага 4, при помощи оси, закреплен охватывающий сухарь 5, взаимодействующий с хвостовиком переводной (ползунковой) вилки 7. При перемещении верхнего конца рычага по дуге окружности происходит перемещение вилки 7 по направляющей скалке 6; рабочая часть вилки взаимодействует с кольцевым пазом блока шестерен и перемещает его до фиксируемого положения.

Фиксатором положения переключаемых блоков шестерен является подпружиненный шарик, расположенный в ступице 2 рукоятки и взаимодействующий с углублениями на сопрягаемой со ступицей шайбой.

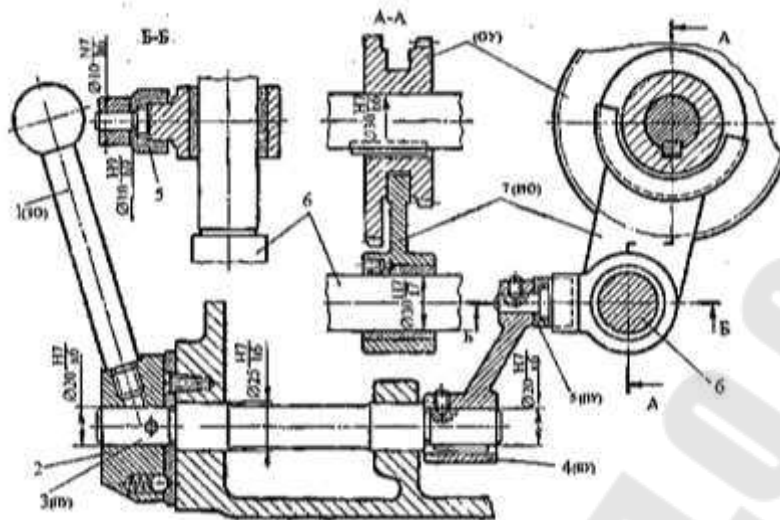


Рис. 4. Рычажный механизм индивидуального переключения блока шестерен

3.1. Органы ручного переключения

Форма и размеры органов ручного управления обуславливаются в первую очередь удобством производимых переключений и выполнением эргономических требований.

На рис. 5 представлены формы и габаритные размеры наиболее часто применяемых органов управления.

Форма и размеры рукояток с шаровой ручкой (рис.5.а) регламентированы ГОСТ 8924-75. Они крепятся к ступицам, основные типы и размеры которых также стандартизованы.

5,б) менее удобны в управлении, более сложны по конструкции, но обеспечивают надежную фиксацию перемещаемых элементов в требуемом положении.

Штурвалы (рис.5,в) используются при значительных усилиях в механизмах централизованного управления. Они состоят из ступицы и двух- четырех стержней с шариками или фасонными ручками на концах.

В механизмах централизованного управления при небольших усилиях переключения используют и опорные ручки гранено-выпуклой (рис.5,г) или цилиндрической (рис.5,д) формы. В последнем случае для облегчения переключения на ручке выполняется накатка. В этих ручках, как правило, монтируются фиксаторы в виде подпружиненного шарика.

В селективных механизмах переключения часто применяются ручки, называемые грибками (рис.5,е). Они позволяют осуществлять два движения - поворот и смещение вдоль оси; управляются двумя руками; изготавливаются из пластмассы.

Маховички (рис.5,ж) используются обычно для переключения коробок скоростей, оснащенных механизмами централизованного

последовательного управления. Они, как правило, выполняются из пластмассы и имеют в торцевой части окошко для визуального контроля устанавливаемой частоты вращения.

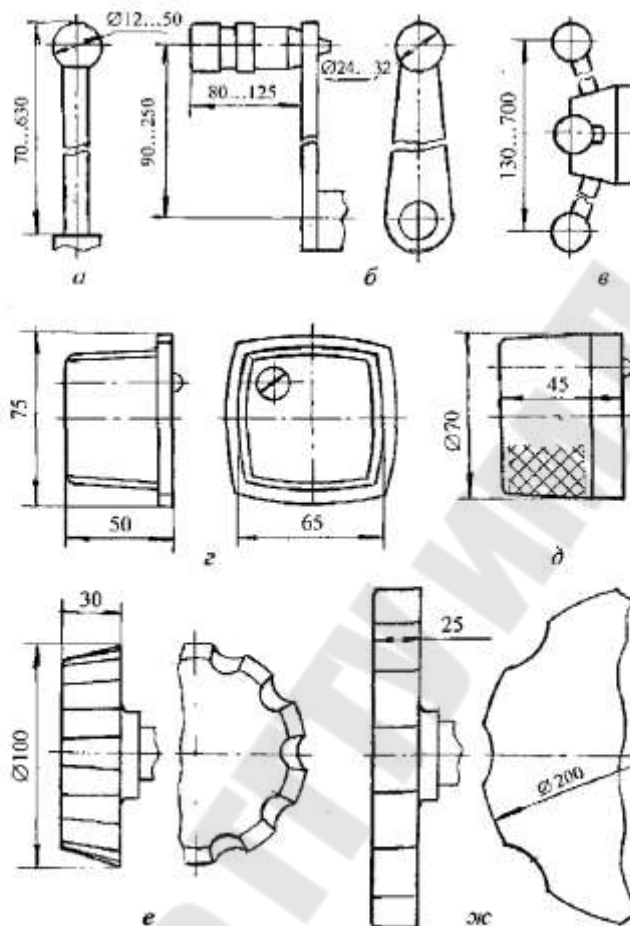


Рис. 5. Задающие органы ручного переключения

Рукоятки, состоящие из рычага и ручки переключения с фиксатором (рис.

Угол поворота рукояток между крайними фиксированными положениями рекомендуется принимать в пределах $60^{\circ} \dots 90^{\circ}$.

При этом сохраняется постоянство усилия и удобство переключения.

Угол поворота грибков и маховичков за один перехват не должен превышать $90^{\circ} \dots 180^{\circ}$. Меньшее значение угла принимается для маховичков, большее - для грибков.

Желательно располагать органы управления на небольшом расстоянии вправо или влево от положения оператора, что удобнее для него. Если возможно, необходимо устанавливать ограничители перемещений рукояток управления, чем значительно облегчается труд оператора.

Положения поворотных рукояток управления легко запоминаются, если в среднем положении они располагаются вертикально или горизонтально.

Органы управления, которыми пользуются наиболее часто, необходимо располагать на высоте между локтем и плечом.

Орган управления, расположенный впереди и немного ниже плеча, наиболее легко отыскивается оператором вслепую.

3.2. Поворотные оси и направляющие скалки

Поворотные оси или валики являются промежуточным звеном в механизмах управления и служат для передачи движения от рукояток управления на переводные рычаги, зубчатые секторы или шестерни (см. рис.3). В зависимости от компоновки механизма управления они могут быть длинными двухопорными (рис.6,а) и короткими (рис.6,б)

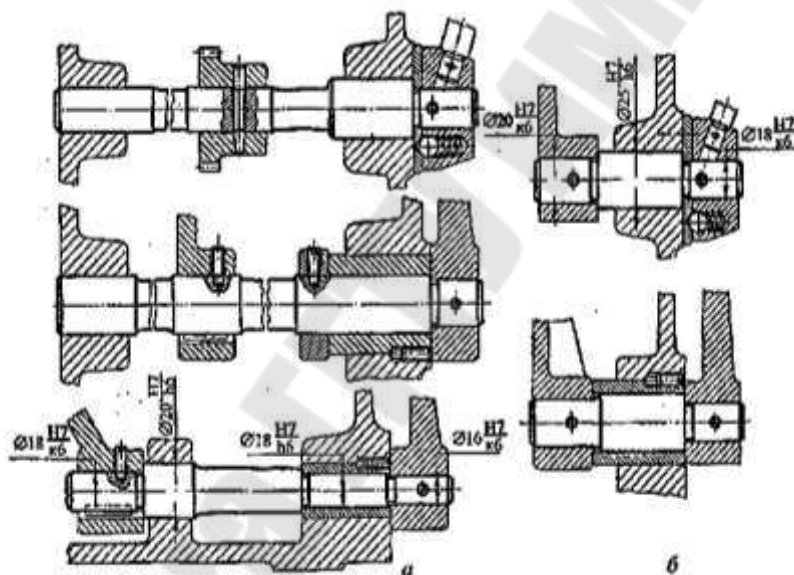


Рис. 6. Поворотные оси механизмов управления:
а – длинные оси; б – короткие оси

При небольших усилиях, передаваемых поворотными валиками, и редких переключениях опорные шейки валиков базируются непосредственно в отверстиях корпуса (рис.6). При значительных нагрузках, действующих на оси. И частых переключениях необходимо применять переходные втулки, которые при износе поверхностей могут быть заменены. Втулки на длинных валиках обычно устанавливаются под более нагруженную опорную шейку, к которой примыкает рукоятка управления. Фиксация втулки в корпусе чаще всего осуществляется стопорным винтом.

Передача вращающего момента на валик и от него производится при помощи шпоночных соединений или конических штифтов.

Направляющие скалки (рис.7), по которым перемещаются переводные вилки или ползушки, неподвижно устанавливаются в отверстиях корпуса коробки передач.

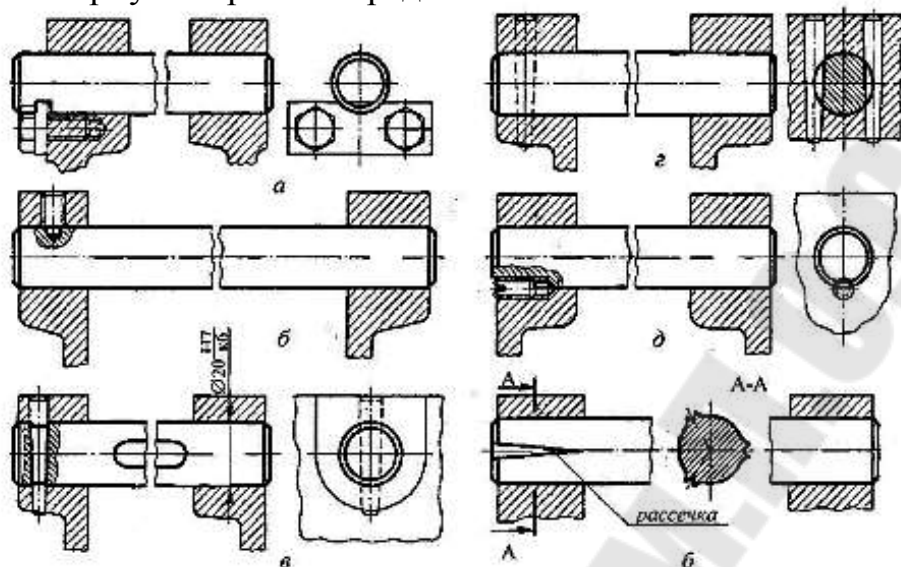


Рис. 7. Направляющие скалки для переводных вилок

Закрепление скалок осуществляется различными способами:

- при помощи паза в скалке и фиксирующей планки (рис.7,а);
- при помощи стопорного винта, или конического штифта (рис.7,б,в);
- двумя коническими штифтами или стопорным пиитом расположенным вдоль оси скалки (рис.7,г,д);
- при помощи рассечки, выполненной на поверхности скалки (рис.7,е).

Выбор способа закрепления определяется возможностью его реализации в конкретной конструкции, размерами скалки и усилиями, действующими на нее.

Наиболее широко используются скалки со шпоночным пазом для предохранения от проворота вилки или ползушки.

3.3. Переводные рычаги, сухари и вилки

Переводные рычаги служат либо для непосредственного перемещения блоков шестерен в механизмах индивидуального управления, либо для переключения ползунковых вилок (см. рис.3) при помощи сухарей той или иной конструкции. Они могут быть самой разнообразной формы и размеров.

На рис.8, а представлен рычаг 1 традиционной формы, соединенный с поворотным валиком 2, и имеющий на конце призматический сухарь 3, при помощи которого и осуществляется перевод блока шестерен из одной позиции в другую.

На рис. 8,б переводной рычаг 1 имеет форму вилки, закрепленной на поворотном валике 2. На концах вилок закреплены призматические сухари 3. Преимущество такой конструкции, и отличие от первой, состоит в том, что блок шестерен не перекашивается при переключениях от внецентренного приложения силы со стороны сухаря.

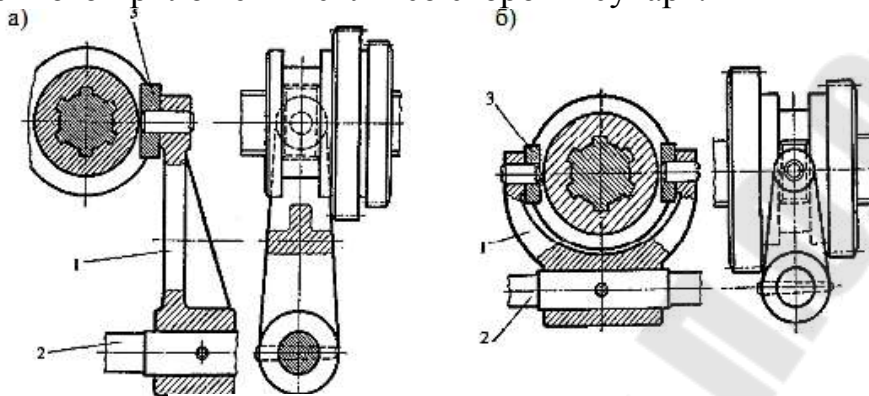


Рис. 8. Формы переводных рычагов

Переводные рычаги переключения изготавливают обычно из серого чугуна. При необходимости их можно изготавливать стальными сварными. Концы рычагов, закрепленные на поворотных валиках (рис.8), и бобышки под поворотные валики рекомендуется выполнять следующих размеров:

$$d_1 = (1,5 \dots 1,7)d; \quad d_2 = (1,7 \dots 2,0) d;$$

$$l_1 = (1,2 \dots 1,5)d; \quad l_2 = (2,0 \dots 2,5) d$$

где d , d_1 и d_2 : - соответственно диаметр поворотного валика, диаметр бобышки рычага и диаметр бобышки корпуса;

l_1 и l_2 — соответственно длина бобышки рычага и корпуса.

Сухари (камни) - это детали, которые при переключении непосредственно взаимодействуют с поверхностями зубчатых блоков шестерен или хвостовиками переходных вилок. Они бывают охватываемыми - призматической формы, или охватывающими в виде вилок (см. рис.8,б).

Схема взаимодействия призматических сухарей с подвижными блоками.

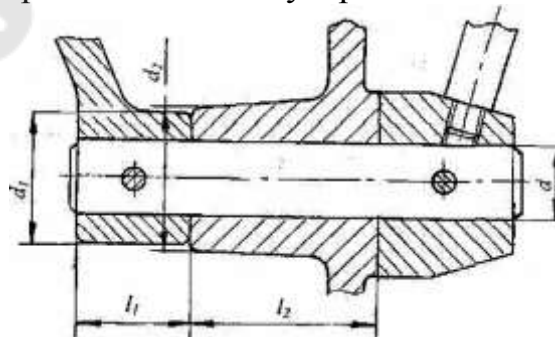


Рис. 9. Размеры бобышек переводного рычага и корпуса

Призматические сухари свободно крепятся на осях по посадке с зазором, а оси, в свою очередь, устанавливаются с натягом (см. рис.10) или

могут фиксироваться при помощи штифта, стопорного винта или пружинного кольца, если сухарь и ось представляют одно целое (рис.10,б).

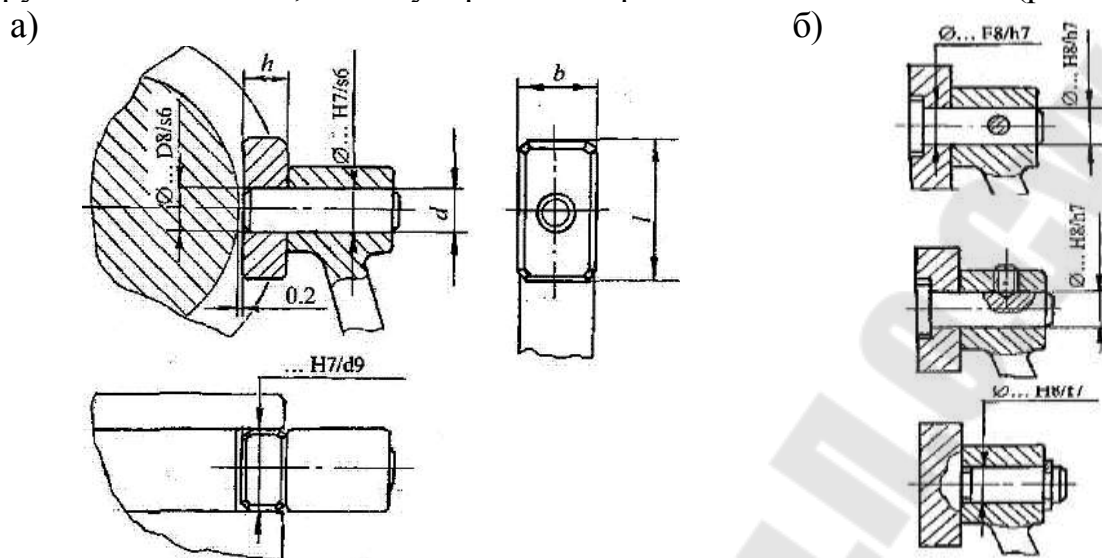


Рис. 10. Схема крепления призматического сухаря, его размеры (а) и варианты фиксации осей сухаря (б):

$d = (5 \dots 13)$ мм; $l = (18 \dots 45)$ мм; $b = (10 \dots 25)$ мм; $h = (5 \dots 13)$ мм

Сухари, в виде поворотных охватывающих вилок (рис.11), используются тогда, когда использование призматических невозможно по тем или иным причинам. Размеры сухарей - вилок назначают конструктивно, исходя из размеров сопрягаемых деталей.

Сухари изготавливают из антифрикционной чугуна, текстолита или бронзы.

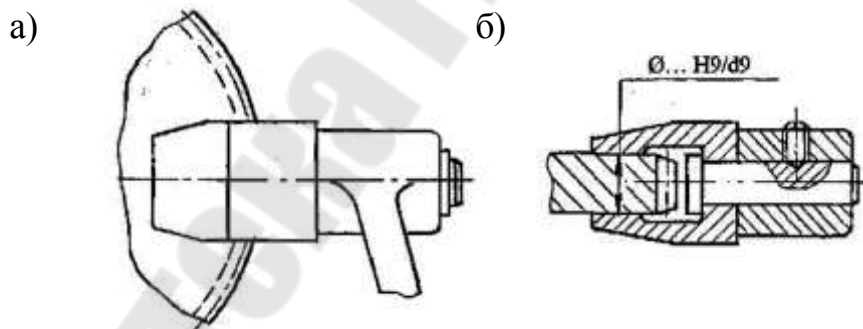


Рис. 11. Форма охватывающего сухаря (а) и фиксации его оси стопорным винтом (б)

Переводные вилки (рис.12,а) или вилки ползушки (рис.12,б) предназначены для переключения блоков шестерен или муфт в требуемую позицию. Они перемещаются по направляющим скалкам 1 и состоят из рабочей части (2), взаимодействующей с конструктивными элементами подвижного блока шестерен и хвостовика (3), при помощи которого вилке сообщается движение от переводного рычага (4) или другого элемента (5).

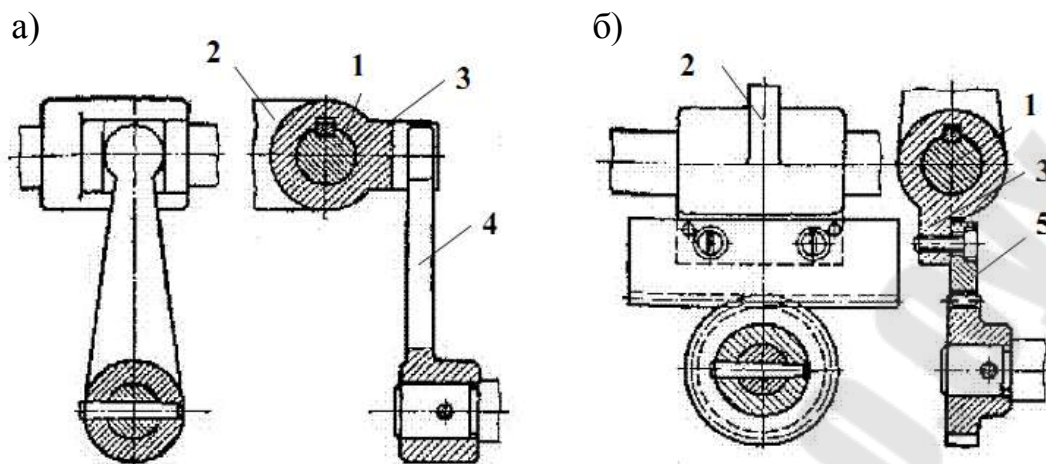


Рис. 12. Схемы передачи движения переводным вилкам: а – непосредственно головкой рычага; б – шестерней и рейкой

Вилка, которая перемещает подвижный блок шестерен за счет взаимодействия ее рабочей части с кольцевой канавкой на ступице блока, называется охватываемой. При отсутствии места под кольцевой паз на ступице применяется вилка, которая охватывает венец зубчатого колеса. Применение охватываемой пилки предпочтительнее, т.к. она почти не перекашивает блок шестерен при переключениях и меньше изнашивается.

Хвостовики переводных вилок чаще всего содержат пазы, с которыми взаимодействуют головки рычагов, пальцы или сухари.

При необходимости перемещения вилок на значительные расстояния на хвостовике вилки устанавливается или нарезается рейка, с которой сопрягается шестерня или зубчатый сектор (рис.11,б).

Переводные вилки отливаются из серого или высокопрочного чугуна, могут иметь различные формы и размеры.

3.4 Фиксаторы

Фиксаторы в механизмах переключения служат для обеспечения точной установки подвижных блоков шестерен в требуемую позицию и удержания их в этой позиции при работе.

Основными элементами большинства фиксаторов являются подпружиненные шарики, стержни, штыри или кулачки, взаимодействующие с углублениями в теле сопрягаемой детали.

Фиксаторы могут встраиваться в различные элементы механизмов переключения: рукоятки, ступицы рукояток, переводные вилки, скалки, блоки шестерен и т.п.

Рукоятка переключения 3 со стержневым вытяжным фиксатором 1 (рис.13,а) в ручке 2 обеспечивает надежную фиксацию подвижных элементов, Применяется для фиксации кулачков управления в

централизованных системах, в механизмах с мальтийским крестом и некоторых других. Широкое использование этого способа фиксации ограничивает относительная сложность конструкции и неудобство переключения, обусловленное необходимостью вытягивания подпружиненного стержня 1 из гнезда при переводе рукоятки 3 и другую позицию. Рукоятка 3 и ручка 2 нормализованы.

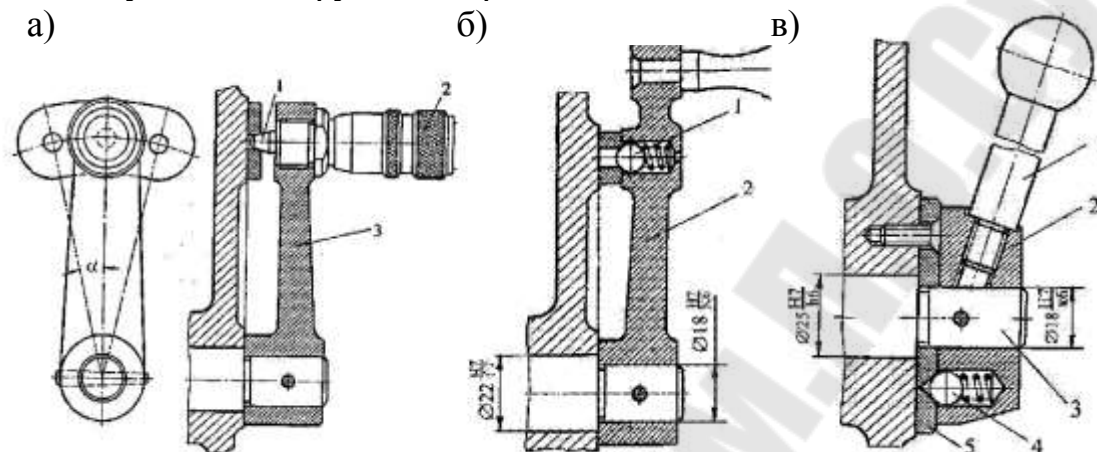


Рис. 13. Примеры рукояток переключения с фиксатором

Рукоятка переключения 2 с шариковым фиксатором 1 (рис.13,б) конструктивно проще, чем предыдущая, и удобнее в обращении, однако надежность фиксации здесь несколько ниже,

В виду простоты и удобства в управлении наиболее широкое распространение получила рукоятка 1 с шариковым фиксатором 4 в ступице 2 (рис.13,в). Углубление под шарик целесообразно выполнять в стальной закаленной шайбе 5, которая крепится к корпусу винтами. Одновременно шайба 5 предотвращает смещение поворотного валика 3 вправо. Конструкция ступицы 2 с фиксатором нормализована.

Точность осевой ориентации венцов шестерен подвижных блоков относительно сцепляемых с ними неподвижных колес будет тем выше, чем ближе фиксатор установлен к переключаемому блоку. В этом случае на точности управления не будут сказываться зазоры в подвижных соединениях и упругие деформации отдельных элементов.

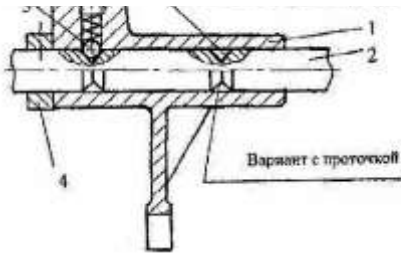
На рис.14 представлены примеры схем установки фиксаторов в различных элементах механизмов управления.

Фиксация переводной вилки 1 (рис.13,а) на скалке 2 выполняется подпружиненным шариком 3. На скалке протачиваются канавки или засверливаются углубления, с которыми взаимодействует шарик. Для облегчения фиксации переводной вилки на скалке могут быть установлены ограничительные кольца упоры 4,

Наибольшая точность фиксации может быть достигнута при установке фиксатора непосредственно в блоке шестерен 1 (рис.13,б).

Шарик 2 взаимодействует с углублениями в стальной закаченной шпонке 3

а)



б)

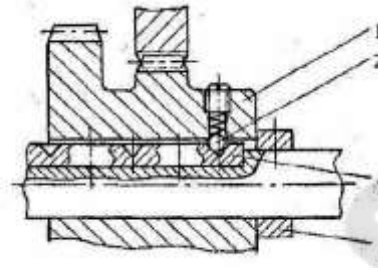


Рис. 14. Установка фиксаторов в переводной вилке (а), непосредственно в блоке шестерен (б)

. Для облегчения установки блока в крайние положения на валу при помощи стопорных винтов могут быть закреплены ограничительные кольца 4 .

Не рекомендуется установка на валах стопорных разрезных колец в качестве ограничителей хода, т.к. в этом случае канавки, выполненные на валу, существенно снижают усталостную прочность последнего.

В качестве примера на рис.15 представлена развертка коробки скоростей токарно-винторезного станка мод. 16К20 с механизмами управления перемещениями блоков зубчатых колес

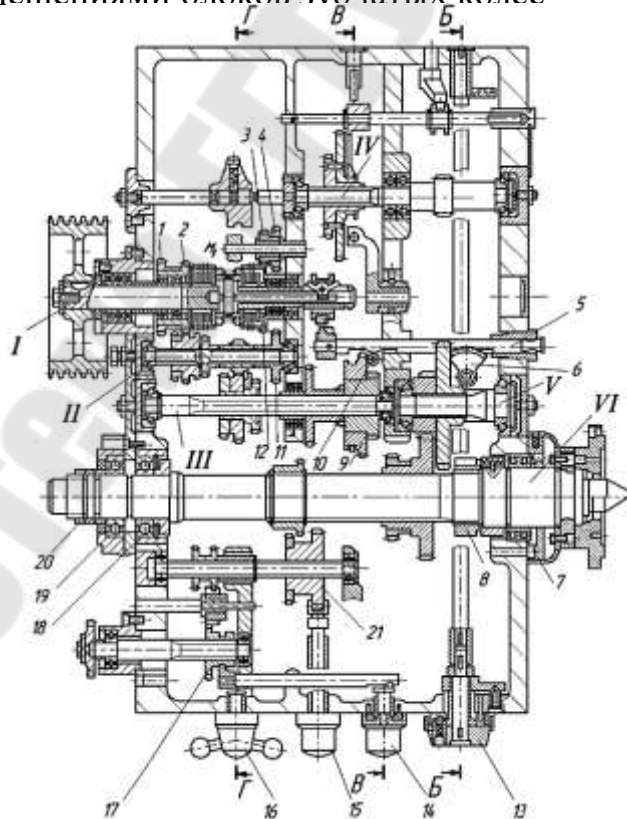


Рис. 15. Многорукоятное управление блоками зубчатых колес коробки скоростей станка мод.16К20

Структура отчета

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и порядок выполнения работы.
3. Нарисовать компоновочную схему расположения механизмов управления изучаемого устройства (станка) совместно с рабочими зонами эргономического анализа и дать заключение о рациональном размещении органов управления
4. Нарисовать принципиальные схемы механизмов управления, описать их устройство, принцип работы и назначение каждого конструктивного элемента в цепи управления.
5. Сделать вывод о соответствии конструкции механизма управления точностным и эргономическим требованиям.

Контрольные вопросы

1. Назовите механизмы, которые относятся к механизмам ручного управления.
2. Укажите достоинства и недостатки механизмов ручного индивидуального непосредственного управления.
3. Назовите основные требования безопасности, предъявляемые к механизмам ручного управления.
4. Назовите основные эргономические требования, предъявляемые к механизмам ручного управления
5. Из каких основных элементов состоит механизм ручного управления.
6. Укажите назначение поворотных осей и направляющих скалок.
7. Дайте определение и укажите назначение сухарей (камень) в механизмах управления.
8. Для чего служат фиксаторы?
9. Назовите способы повышения точности осевой ориентации венцов шестерен подвижных блоков зубчатых колес.

Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

1. Студентам запрещается самостоятельно входить в станочный парк (производственное помещение, в котором размещено действующее оборудование).
2. Студентам запрещается самостоятельно включать станок в электрическую сеть и производить любые виды работ при включенном станке.
3. Демонстрацию работы станка, а также обработку на нем заготовок

имеет право производить только учебный мастер или преподаватель с соответствующей формой допуска.

4. В процессе выполнения работы учебный мастер или преподаватель, проводящий лабораторную работу, обязаны постоянно осуществлять контроль за действиями слушателей, находящихся в производственном помещении, особенно при выполнении ими этапов работы.

5. Перед включением станка в сеть учебный мастер или преподаватель обязаны проверить:

- наличие и надежность закрепления заземления;
- надежность закрепления инструмента и инструментальных блоков;
- надежность установки и крепления настраиваемых узлов и деталей;
- надежность закрепления заготовки.

6. Перед пуском станка должны быть установлены и закреплены все ограждающие и защитные устройства, а студенты занять удобное для обзора и безопасное место.

7. При любой, даже непродолжительной остановке станка, производить полное его отключение от питающих сетей.

8. Запрещается производить измерение детали во время работы станка.

9. Запрещается опираться на оборудование и находится в зоне действия подвижных органов станка.

Литература

1. Кучер И.М. Металлорежущие станки. Основы конструирования и расчета – М. : Машиностроение, 1970. – 720 с.

2. Лепший А.П., Михайлов М.И. Методические указания к лабораторным и практическим работам по курсам «Системы управления станками и станочными комплексами», «Металлорежущие станки и промышленные роботы», «Станочное оборудование». Ч. 1. – Гомель, ГПИ, 1992. Ч. 2, ГПИ, 1995.

3. Металлорежущие станки и автоматы: учебник для машиностроит. вузов / под ред. А. С. Проникова. – М. : Машиностроение, 1981. – 479 с.

4. Михайлов М.И., Кириленко В.П., Лепший А.П. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Системы управления технологическим оборудованием» для студентов специальности 1-36 01 03с «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 «Изучение конструкций однорычажных систем управления (селективных, преселективных механизмов)»

Цель работы: изучить особенности управления однорычажными системами управления, область их применения, знать устройство и принцип работы, уметь обоснованно выбрать конструкцию селективных и преселективных механизмов управления.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить конструктивные особенности различных механизмов централизованного выборочного переключения, принцип их работы.
2. Получить задание (модель станка, натурный образец привода станка или его механизма) у преподавателя, разобраться в конструкции и принципе работы механизма управления.
3. Выполнить необходимые замеры механизма управления, определить количество переключаемых передач и величины перемещения каждой управляемой вилки механизма управления.
4. Изобразить кинематическую (принципиальную) схему управляемой коробки передач.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Широкое распространение в качестве механизмов управления коробками скоростей и подач получили однорычажные системы управления (механизмы централизованного выборочного переключения - селективные механизмы управления) (рис. 1).

Основное достоинство селективных механизмов заключается в возможности выборочного переключении зубчатых блоков, которые при этом входят в зацепление только с требуемыми шестернями без переключения промежуточных ступеней, как это имеет место в механизмах последовательного переключения. Это ускоряет процесс переключения, улучшает включаемость передачи и уменьшает износ торцов зубьев зубчатых колес. Кроме того, селективные механизмы позволяют предварительно выбрать требуемые частоты вращения во время работы станка на предыдущих режимах с последующим включением в требуемый момент.

Предварительный набор скоростей и подач, а также выборочность их переключения (преселективность) ускоряют процесс управления (см. рис.1,в.).

В рассматриваемых механизмах основным элементом является "селектор", состоящий из одного или нескольких дисков с отверстиями,

пазами или зубьями и служащий для выбора и включения требуемых оборотов или подач.

Выбор оборотов или подач производится вращением «селекторов» относительно их оси, а переключение - их поступательным движением вдоль нее. При этом селективные элементы упираются в толкатели, кинематически связанные с рычагами, управляющими зубчатыми блоками, и перемещают их до полного зацепления с требуемыми шестернями.

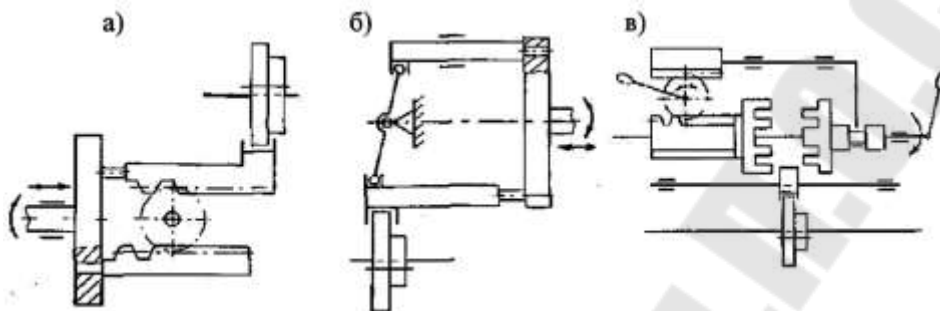


Рис. 1. Механизмы централизованного выборочного (селективного) управления

Для поворота селективных элементов их необходимо предварительно отвести от толкателей. Поэтому процесс переключения скорости или подачи разделяется на три операции: отвод «селектора» от толкателей, поворот «селектора» до требуемого числа оборотом, осевое перемещение «селектора» с толкателями, чем осуществляется переключение скорости. Вследствие своих преимуществ относительно других систем широкое распространение получили дисковые селективные механизмы с реечными (рис. 1,а) и пальцевыми (рис. 1,б) толкателями.

В промышленности применяются селективные механизмы с селекторами в виде дисков, чашек или конусов.

В качестве примера, рассмотрим наиболее часто применяемые конструкции механизмов селективного управления.

На рис 2 представлен механизм управления с селекторными чашками. Механизм с селекторными чашками состоит из рукоятки 1, которая установлена на оси 2 и сцеплена с валом 43. На валу 43 установлены неподвижно колесо 4, диск 5 и селекторная чашка 41 (рис. 2, а-г). Ось 2 закреплена на поворотном лимбе 3. Зубчатое колесо 4 входит в зацепление с колесами 6 и 7 закрепленными на осях 8 и 9, которые проходят через балансиры 37 и 39.

Балансиры 37-39 закреплены на соответствующих осях, так например, балансир 39 закреплен на оси 10, на верхнем конце которой закреплен рычаг 11. Вилку рычага 11 входит сухарь 12, который закреплен на поворотном коромысле 13. На правом конце коромысла 13 закреплен сухарь 14, который

управляет блоком 15.

Для управления механизмом, необходимо рукоятку 1, оттянуть влево и повернуть в плоскости, параллельной осям валиков. В результате повернется центральный валик 43, шестерня которого повернет шестерни двух соседних валиков с селекторными чашками 40, 41 и 42, имеющими фигурные выступы. Поворот рукоятки отсчитывается по одному из 12 делений циферблата, на котором нанесены частоты вращения шпинделя.

При перемещении рукоятки 1 вперед вправо селекторные чашки 40, 41, 42 также перемещаются вправо и своими выступами нажимают на качающиеся балансиры 37, 38 и 39, поворачивая их в нужное положение. Поворот каждого балансира вызывает соответствующий поворот рычагов около осей O , O_1 и O_2 и переключение соответствующих зубчатых колес. Поворот селекторных чашек 40-42, в отведенном положении, еще не вызывают переключения и могут быть произведены в то время, когда на станке производится машинная обработка. В тот момент, когда операция закончена, инструменты отведены и рабочему остается только переместить рукоятку 1 вперед (вправо), что позволяет сэкономить время управления станком.

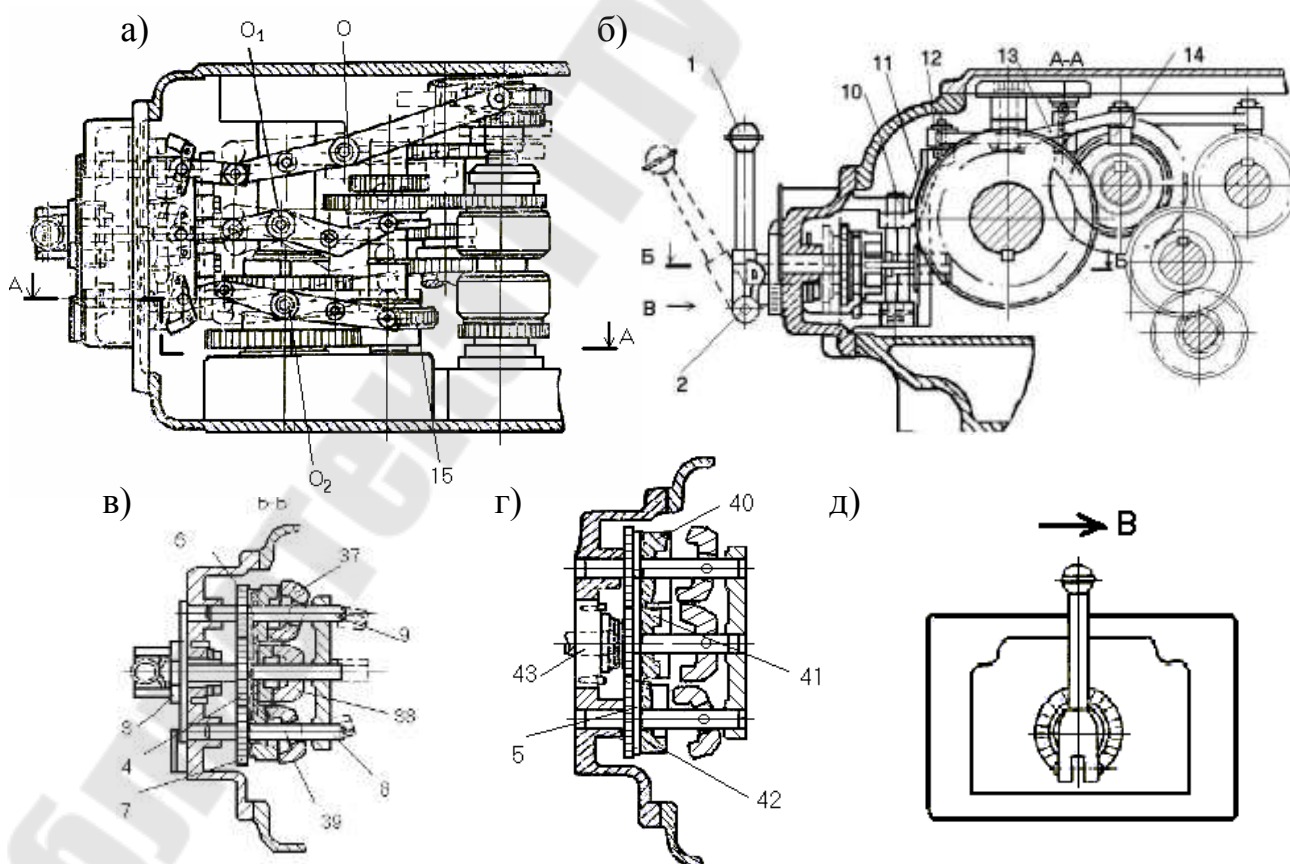


Рис. 2. Централизованный выборочный механизм переключения скоростей с селекторными чашками

Механизм селективного переключения зубчатых колес 10 коробки скоростей с одним селективным диском (селектором) состоит из маховика 1 (рис.3) с указателем частот вращения шпинделя, конической передачи 3, 5 на валик 4 с диском -селектором 12, рукоятки 14, реечной пары 16, на которой установлена вилка 13, входящая в паз валика. Селектор имеет несколько концентрических рядов отверстий, против которых расположены штифты 11 реек 6 и 8. На рейке 8 установлена вилка 9 переключения блока. Пара реек, связанных между собой зубчатым колесом 7, предназначена для переключения одного блока колес. Таких блоков в коробке скоростей три, и рейки для их переключения равномерно расположены напротив селектора.

Для установки требуемой частоты вращения шпинделя рукояткой 14 сдвигают диск-селектор 12 вправо, маховиком поворачивают его в требуемое положение, а затем снова рукояткой возвращают в крайнее левое положение. При этом штифты 11 реек входят в отверстия на диске или один из пары штифтов упирается в диск. Диск при движении влево через контактирующий штифт сдвигает одну рейку влево, которая через зубчатое колесо 7 выдвигает другую рейку с вилкой 9 вправо, так как штифт этой рейки проходит через отверстие диска. Так происходит переключение блоков зубчатых колес от каждой пары реек. Различные положения реек и блоков зубчатых колес зависят от того, какие отверстия на диске оказались против штифтов реек. Фиксация маховичка и рукоятки в требуемом положении обеспечивается пружинными фиксаторами 2 и 15.

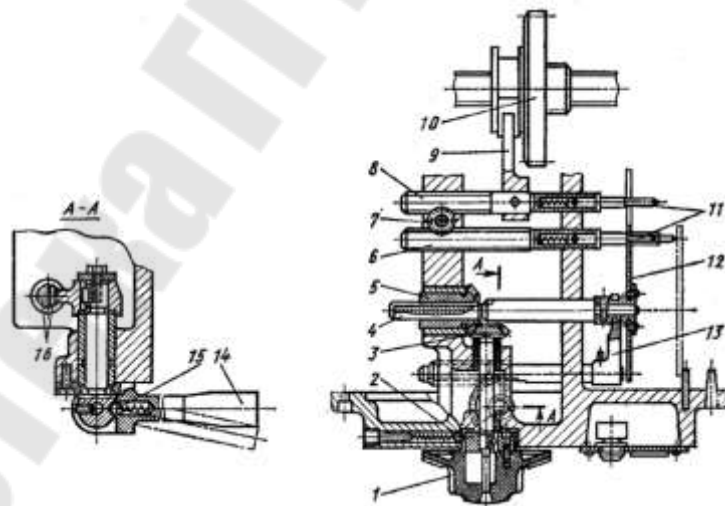


Рис. 3. – Селективный механизм переключения скоростей с одним диском-селектором

Механизм переключения передач, снабженный двумя селекторными дисками, представлен на рис.4. Принцип переключения подач заключается

в следующем. Грибок переключения 2 вместе с двумя дисками D_1 , D_2 , имеющими отверстия для фиксации хвостовиков реечных толкателей, отводят вправо (по рисунку), и диски освобождаются от хвостовиков. Затем грибок переключения с лимбом 1 поворачивают вокруг оси; каждое положение дисков, соответствующее определенной подаче, фиксируется фиксатором 3.

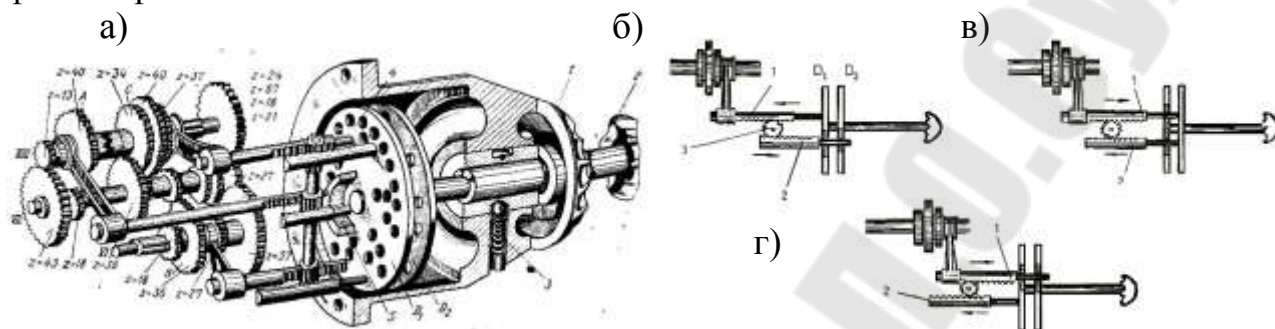


Рис. 4. Механизм переключения передач с двумя селекторными дисками

Требуемая подача включается перемещением грибка вместе с дисками влево. Взаимодействие дисков с хвостовиками реечных толкателей для переключения зубчатых блоков показано на схеме (рис. 4, б-г). Хвостовики с толкателями могут занимать три положения. В положении изображенном на рис.4,б хвостовик толкателя 1 упирается в диск D_1 , а хвостовик толкателя 2 проходит через отверстия обоих дисков; в положении на рис.4,в - обе рейки входят в отверстие одного диска, упираясь во второй диск; в положении на рис. 4,г - хвостовик толкателя 1 проходит в отверстия обоих дисков, а хвостовик толкателя 2 упирается в первый диск. Зубчатое колесо 3, расположенное между зубчатыми рейками, обеспечивает согласованное движение реек.

Селективное управление коробкой скоростей вертикально-фрезерного станка в представленном на рис.5 примере, осуществляется поворотным лимбом 1 и рукояткой 28. Для переключения скоростей необходимо рукоятку 28 повернуть на себя по стрелке a . При этом зубчатый сектор 25 передвинет рейку 7, а вместе с ней вилку 24, полый вал 23 и селективные диски 21 и 22 вправо. При этом селективные диски выйдут из контакта с пальцами 20, помещенными в отверстиях реек 11 и 18.

После этого необходимо повернуть лимб 1 до совпадения требуемой цифры частоты вращения шпинделя, из числа нанесенных на конической части лимба, со стрелкой b , неподвижно закрепленной на корпусе 4 механизма. Лимб 1 соединен с кольцом 2, которое закреплено на конце валика. Последний жестко соединен с конической шестерней 8, которая находится в зацеплении с коническим колесом 10, связанным посредством направляющей шпонки с валом 23. Следовательно, при вращении лимба 1

происходит также вращение селективных дисков, которые займут определенное положение относительно пальцев 20 реечных толкателей 11 и 18 в соответствии с выбранной скоростью. Шарик 5 под действием пружины 3 зафиксирует установленное положение селективных дисков.

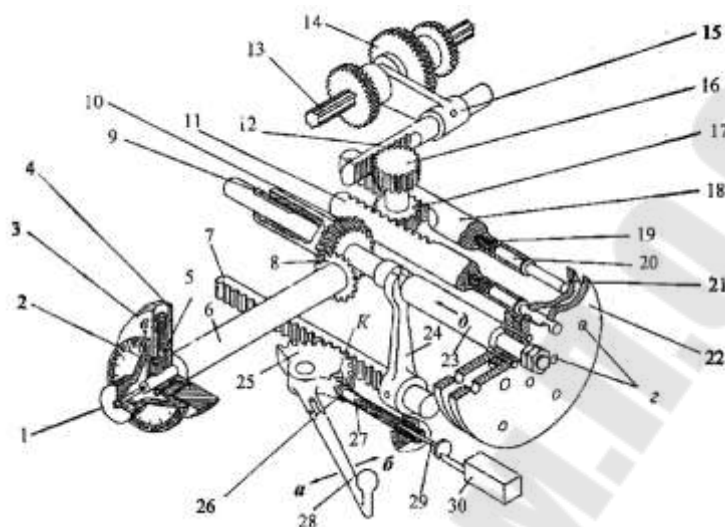


Рис. 5. Механизм селективного управления коробкой скоростей вертикально-фрезерного станка

Селективные диски 21 и 22 имеют отверстия z , расположенные по окружности в определенном порядке. Каждой частоте вращения шпинделя соответствует свое расположение отверстий на дисках. При повороте дисков 21 и 22 происходит выбор необходимой частоты вращения, при этом против пальцев 20 реечных толкателей 18 и 11 на диске располагается необходимая для данной скорости комбинация отверстий.

Поворот рукоятки 28 по стрелке b вызовет перемещения селективных дисков 11 в направлении стрелки d , диск 21 упрется в палец 20 одного из толкателей 18 или 11, переместит толкатели, повернув при этом зацепляющуюся с ним шестерню 17. Одновременно с шестерней 17 повернется сидящая с ней на одной оси шестерня 16, в связи с чем переместится реечная скалка с переводной вилкой 15. Вилка 15 входит в кольцевой паз блока шестерен 14 и при своем движении перемещает блок вдоль вала 13, производя переключение скорости.

Если блок 14, как показано на схеме, находится в крайнем левом положении, толкатель 11 выдвинется вперед, а толкатель 18 будет находиться в заднем крайнем положении.

Для переключения блока в крайнее правое положение на селективных дисках против толкателя 18 должно быть расположено сквозное отверстие, а против толкателя 11 отверстия не будет. Тогда при перемещении дисков в направлении стрелки d торец диска 21 упрется в цилиндрический палец толкателя 11 и переместит блок 14 в крайнее заднее положение. При этом

палец 20 толкателя 18 войдет в находящиеся против него отверстия в дисках 21 и 22.

Для переключения блока шестерен в среднее положение против обоих толкателей должны находиться отверстия диска 21, а диск 22 против пальцев толкателей отверстий иметь не будет. Тогда при перемещении дисков палец толкателя 11 сначала войдет в отверстие в диске 21 и только при упоре в стенку диска 22 последний начнет переключение блока. Путь перемещения блока будет меньше, чем в первом случае, и закончится тогда, когда блок займет среднее положение.

Если необходимо сохранить положение блока шестерен неизменным, против толкателя 11 в дисках 21 и 22 должны располагаться сквозные отверстия, а против толкателя 18 отверстий не будет. Тогда при перемещении дисков палец толкателя 11 войдет в отверстия и переключение не произойдет.

Механизм имеет три пары реек, т.е, столько, сколько в коробке скоростей имеется подвижных блоков.

Для облегчения переключения скоростей и смягчения ударов, особенно в случае попадания торца зуба одной шестерни на торец зуба другой, пальцы 20 толкателей передают усилие на рейки через пружины 19. С этой же целью совместно с сектором 25 изготовлен кулачок К, который при переключении блоков шестерен, воздействуя через грибок 26, палец 27 и толкатель 29 на конечный выключатель 30, сообщает кратковременное вращение электродвигателю и соответственно элементам привода главного движения.

Чтобы сократить время на переключение скоростей и подач, т.е. уменьшить вспомогательное время, в станках применяют системы с предварительным набором скоростей (преселективное управление). Эти системы позволяют совместить время на установку требуемой скорости со временем обработки. Включение предварительно настроенной скорости учитывается вспомогательным временем. Механизмы с предварительным набором скоростей применяют в станках, где переключение скоростей и подач производят часто, а время на выполнение операций невелико. По принципу действия системы преселективного управления бывают механические, гидравлические и электрические

На рис. 6 представлена схема механического преселективного управления, примененного в двенадцатискоростной коробке скоростей токарно-винторезного станка.

Управление перемещением двойных блоков зубчатых колес осуществляется с помощью четырех переключающих рычагов-балансиров 2, приводимых в движение селективными дисками I и 3. Комбинация отверстий на дисках обеспечивает включение необходимой скорости. Для сокращения количества отверстий зубчатые колеса в коробке скоростей

расположены так, что от одного набора отверстий работают по два переключающих рычага. Возврат дисков вниз осуществляется под действием пружины 4 и сил веса перемещаемых деталей.

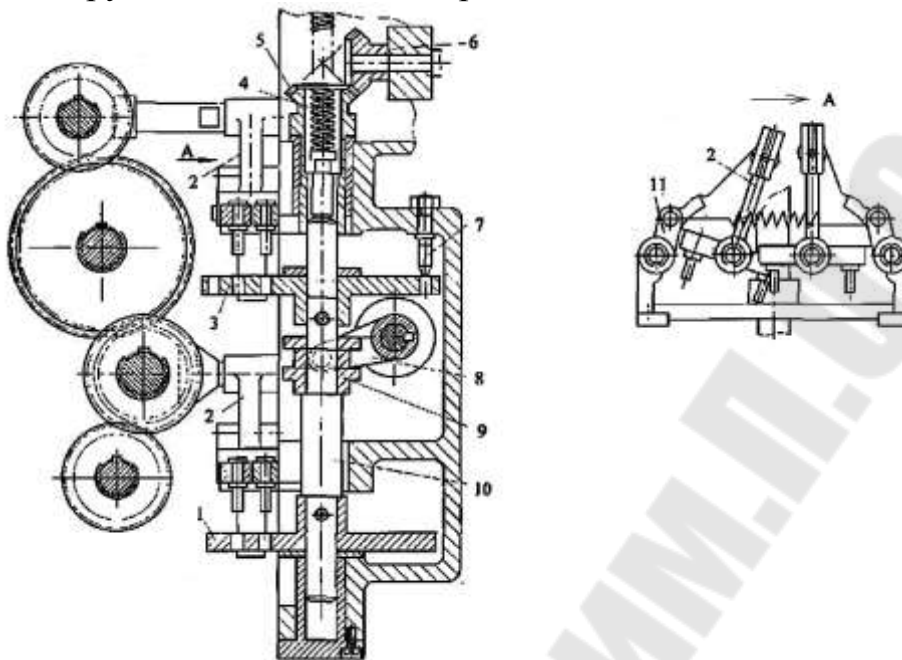


Рис. 6. Механизм преселективного управления коробкой скоростей токарно-винторезного станка

Для автоматического притормаживания вращения коробки скоростей при переключении рычаг 8 имеет свободный ход на величину, позволяющую до начала перемещения дисков нажать на конечный выключатель (на схеме не показан) для выключения электродвигателя. Ролики на верхних концах двулучных рычагов 11 под действием пружины входят в фиксаторные гнезда переключающих рычагов 2, осуществляя их предварительную фиксацию. Окончательная фиксация и удержание переключающих рычагов с зубчатыми колесами во включенном и нейтральном положениях осуществляется захватом селективных дисков нижними концами запирающих рычагов 11.

Поворот дисков производят с помощью вала 10 и конических зубчатых колес 5 и 6, причем его можно осуществлять на ходу, во время работы станка. Перемещение дисков вверх при переключении можно осуществить дополнительной рукояткой (на схеме не показана) с помощью рычага 8 и втулки 9. Для обеспечения точного углового положения дисков при перемещении их вверх служит ловитель 7 с заходным конусом.

Преселективный механизм переключения скоростей многооперационного станка с ЧПУ мод.МС12-250 представлен на рис.7. Рычаги 5-8 с сухарями для перемещения зубчатых блоков установлены на осях 9. Рычаги поворачиваются от толкателей 10, на которые нажимает диск 4 при осевом перемещении от пружины 3. Диск имеет несколько

отверстий, при совпадении которых с толкателями поворота рычагов не происходит.

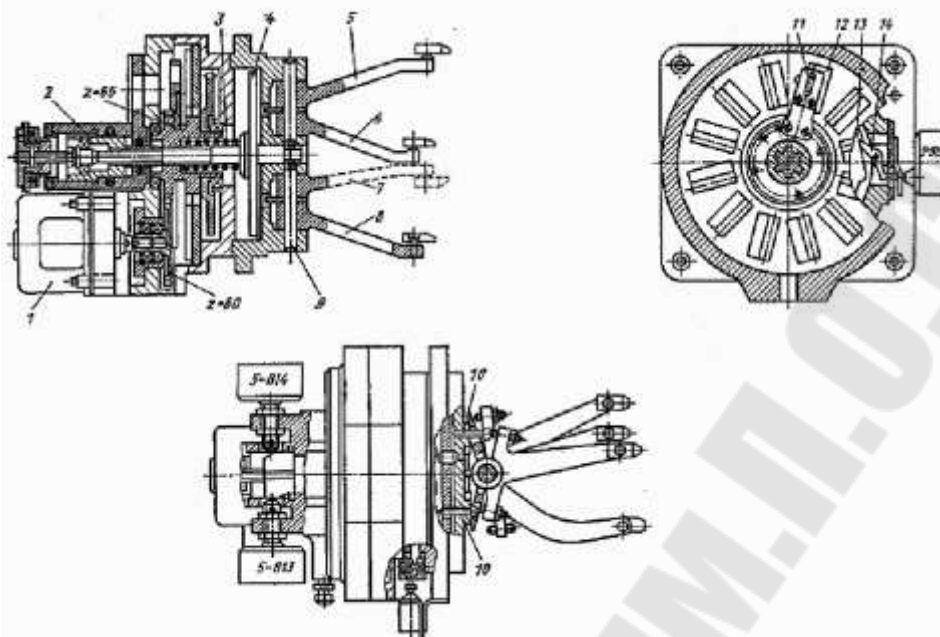


Рис. 7. Преселективный механизм переключения скоростей многооперационного станка с ЧПУ

Для набора скорости диск поворачивается от электродвигателя 1 через зубчатую передачу 60/65. При необходимости переключения подается сигнал от системы программного управления на перемещение диска 4 влево, которое происходит при подаче масла в гидроцилиндр поршня 2, связанного со штоком диска. Нажатием кулачка поршня на микропереключатель 5-B14 подается команда на вращение диска. Это вращение происходит до тех пор, пока один из магнитов 11 не вызовет действием магнитного поля замыкания контактов герметичного контакта 12. От сигнала геркона происходит реверс электродвигателя и поворот храповика 13, воздействующего через собачку 14 на микропереключатель. Последний дает сигнал на снятие давления в гидроцилиндре с поршнем штока диска. Диск перемещается вправо под действием пружины 3, нажимает на толкатели рычагов соответствующих блоков колес. Происходит включение заданной скорости. Об этом сигнализирует микропереключатель, дающий команду на включение двигателя привода главного движения. Так происходит полностью автоматическое переключение скоростей от управляющей программы.

Схема гидрофицированной системы управления с предварительным набором скоростей вращения шпинделя и подачами радиально-сверлильного станка мод. 257 представлена на рис.8.

Шестеренный насос 1 нагнетает масло в аккумулятор 2, отжимая вниз плунжер, который находится под давлением трех силовых пружин.

После заполнения аккумулятора необходимым объемом масла открывается отверстие, через которое масло под давлением отводится к местам смазки подшипников и зубчатых колес сверлильной головки.

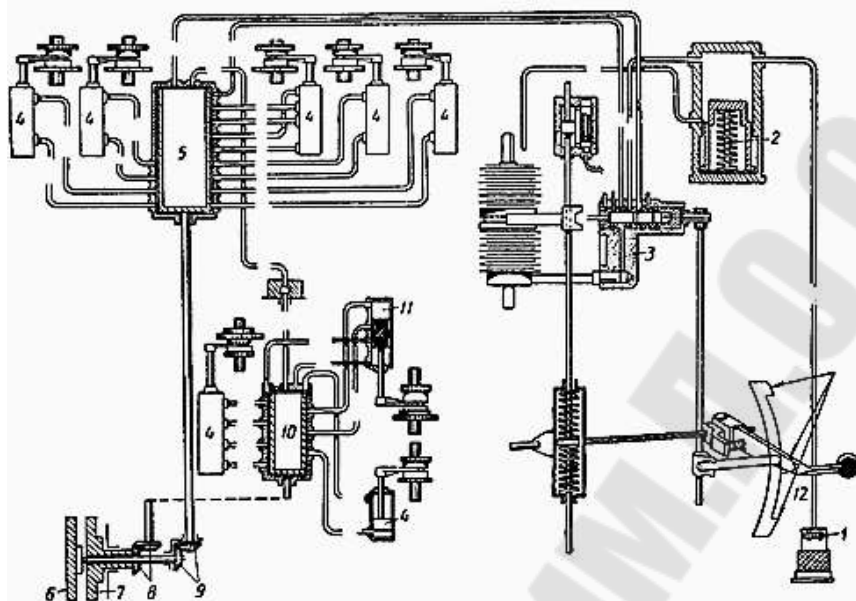


Рис. 8. Гидрофицированная преселективная система управления набором скоростей

Подготовка необходимого переключения блоков зубчатых колес в коробке скоростей и коробке подач производится посредством двух маховичков 6 и 7, которые через конические передачи 8 и 9 поворачивают в должные положения внутренние втулки избирательных цилиндров 5 и 10. При этом полости давления последних окажутся соединенными с верхними и нижними полостями двухпозиционных цилиндров 4 и трехпозиционного 11, поршни которых жестко связанные рычагами вилок, переключающих блоки шестерен. Так как, при этом главный золотник 3 пока еще закрыт и поэтому полости избирательных цилиндров не находятся под давлением, все блоки останутся в прежних положениях. Перемещения всех блоков произойдут при соединении золотника 3 с гидросистемой управления рукояткой 12, которая включает многодисковую муфту станка.

При выполнении п.3 лабораторной работы необходимо определить максимальное количество положений селектора, которое будет соответствовать количеству переключаемых передач. Для этого необходимо установить селектор в определенное положение и отметить его. В этом положении зафиксировать вилки размерами относительно корпуса механизма управления. Затем произвести последовательно переключение селектора в новое положение и зафиксировать вилки размерами относительно их предыдущего положения. Все положения вилки свести в табл. 1

При выполнении п.5 лабораторной работы анализируется количество положений каждой вилки (например, три вилки имеют следующее количество соответствующих положений: 2- 4 - 2) в общем количестве положений селектора (например, 16). Таким образом, очевидна предполагаемая структурная формула привода (например, $z=16 = 4 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 4 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 4$). Окончательно структурная формула задается преподавателем, по которой строится структурная сетка привода и изображается кинематическая схема привода. На структурной сетке указываются положения блоков (П – правое, Л – левое, С - среднее) в соответствии с их положением на кинематической схеме. На кинематической схеме указываются положения блоков и величины перемещения блоков.

По результатам лабораторной работы составляется таблица, в нижней строке которой обозначены частоты выходного вала, соответствующие положению блоков на кинематической схеме (пример оформления см. в табл.2).

Таблица 1 – Результаты фиксации положений вилки

№ положений селектора	1	2	...	z
№ вилки				
1	П	С	...	С
2	С	Л	...	П
....
n	П	Л	...	Л
Частоты выходного вала привода	n_5	n_3	...	n_z

Таблица 2 – Результаты опытов для привода $z=16$

№ положения селектора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№ вилки																
1	Л	П	П	П	Л	Л	Л	П	С	С	С	С	С	С	С	С
2	С	С	С	С	С	С	С	С	Л	П	П	П	П	Л	Л	Л
3	Л	Л	Л	П	Л	П	П	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
4	Л	Л	П	Л	П	Л	П	П	Л	П	П	Л	Л	Л	П	П
Частоты выходного вала привода	n_1	n	n	n_1	n	n_1	n	n	n_1	n_8	n_4	n_1	n_1	n_1	n_3	n_7
	0	9	1	3	2	4	6	5	1			6	2	5		

Структура отчета

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и порядок выполнения работы.
3. Принципиальная схема изучаемого механизма управления с описанием его устройства и принципа работы.
4. Привести структурную формулу управляемого привода, структурную сетку и кинематическую схему с обозначением блоков и величин их перемещения.
5. Представить таблицу результатов опыта для привода (см. табл.2)

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены механизмы централизованного выборочного (селективного) управления?
2. Какими конструктивными особенностями обладают селективные механизмы переключения скоростей с одним диском-селектором?
3. Укажите конструктивные особенности селективных механизмов переключения скоростей с двумя дисками-селекторами
4. Расскажите устройство и принцип работы механизма преселективного управления коробкой скоростей токарно-винторезного станка
5. Каким образом обеспечивается наладка и управление подвижными элементами кинематических цепей механизмами централизованного управления?
6. Расскажите устройство и принцип работы преселективного механизма переключения скоростей многооперационного станка с ЧПУ.
7. Расскажите устройство и принцип работы гидрофицированной преселективной системы управления набором скоростей станка.

Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

1. Студентам запрещается самостоятельно входить в станочный парк (производственное помещение, в котором размещено действующее оборудование).
2. Студентам запрещается самостоятельно включать станок в электрическую сеть и производить любые виды работ при включенном станке.
3. Демонстрацию работы станка, а также обработку на нем заготовок имеет право производить только учебный мастер или преподаватель с соответствующей формой допуска.

4. В процессе выполнения работы учебный мастер или преподаватель, проводящий лабораторную работу, обязаны постоянно осуществлять контроль за действиями слушателей, находящихся в производственном помещении, особенно при выполнении ими этапов работы.

5. Перед включением станка в сеть учебный мастер или преподаватель обязаны проверить:

- наличие и надежность закрепления заземления;
- надежность закрепления инструмента и инструментальных блоков;
- надежность установки и крепления настраиваемых узлов и деталей;
- надежность закрепления заготовки.

6. Перед пуском станка должны быть установлены и закреплены все ограждающие и защитные устройства, а студенты занять удобное для обзора и безопасное место.

7. При любой, даже непродолжительной остановке станка, производить полное его отключение от питающих сетей.

8. Запрещается производить измерение детали во время работы станка.

9. Запрещается опираться на оборудование и находится в зоне действия подвижных органов станка.

Литература

1. Кучер И.М. Металлорежущие станки. Основы конструирования и расчета. – М. : Машиностроение, 1970. – 720 с.

2. Лепший А.П., Михайлов М.И. Методические указания к лабораторным и практическим работам по курсам «Системы управления станками и станочными комплексами», «Металлорежущие станки и промышленные роботы», «Станочное оборудование». Ч. 1. – Гомель, ГПИ, 1992. – Ч. 2. – ГПИ, 1995.

3. Металлорежущие станки и автоматы : учеб. для машиностроит. вузов / под ред. А. С. Проникова. – М. : Машиностроение, 1981. – 479 с.

4. Михайлов М.И., Кириленко В.П., Лепший А.П. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Системы управления технологическим оборудованием» для студентов специальности 1-36 01 03с «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 «Изучение гидрофицированных механизмов управления плоскошлифовального станка»

Цель работы: изучить конструктивные устройства и механизмы гидрофицированных систем управления приводами, область их применения, знать устройство и принцип работы, уметь производить их настройку

Порядок выполнения работы:

1. Изучить органы управления плоскошлифовального станка мод. 3Г71, их назначение и принцип работы.
2. Изучить конструктивные особенности гидрофицированных механизмов управления плоскошлифовального станка.
3. Получить задание у преподавателя по настройке скорости перемещения и наладке величины перемещения рабочего органа станка.
4. Указать на принципиальной гидравлической схеме изучаемые и настраиваемые механизмы, в соответствии с заданием.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Гидравлические системы наряду с механическими находят широкое применение в современных станках, особенно в шлифовальных, протяжных, агрегатных станках, а также в автоматических линиях и станках с программным управлением. Они сравнительно простыми средствами приводятся к автоматическому циклу действия. По сравнению с механическими гидравлический привод более компактен и менее металлоемок; обеспечивает бесступенчатое регулирование скорости движения рабочих органов станка, обладает лучшими динамическими характеристиками и позволяет осуществлять реверсирование прямолинейного движения; упрощает решение вопроса надежной смазки всех механизмов и направляющих станка, не требует специальных устройств для защиты деталей механизмов от перегрузки; позволяет легко перестраивать станок на различные структуры цикла и режима работы.

Недостатками гидравлического привода, которые ограничивают его применение в станках, являются нестабильность работы привода из-за неизбежных температурных колебаний рабочей жидкости в процессе работы станка и более низкий КПД, обуславливаемый утечками и особенностью работы насосов постоянной подачи; невозможность точного соблюдения передаточного отношения при согласовании движений рабочих органов станка; необходимость применения устройств для

очистки и охлаждения рабочей жидкости и дополнительного ухода за рабочим местом.

Гидроприводы включают в себя насосы, направляющую и регулирующую гидроаппаратуру, вспомогательные элементы и исполнительные механизмы.

Для надежной работы гидравлического привода в качестве рабочей жидкости в станочных гидроприводах применяют минеральные масла с кинематической вязкостью $\nu=(0.1...2)10^{-4}$ м²/с, обладающие стойкостью к окислению, сохраняющие первоначальные свойства, имеющие температуру вспышки не выше 150⁰С и застывания не ниже (-20⁰С). Этим условиям удовлетворяют минеральные масла: промышленное 12 и 20, турбинное 22.

1. Описание гидросистемы плоскошлифовального станка мод. 3Г71

Гидропривод станка осуществляет:

- продольное возвратно-поступательное перемещение стола с регулируемой скоростью;
- автоматическую прерывистую поперечную подачу на каждый продольный ход стола;
- реверс поперечной подачи стола;
- автоматическое отключение механизма ручного перемещения во время работы стола;
- смазку направляющих стола;
- автоматическую вертикальную подачу на каждый поперечный реверс.

Управление гидроприводом станка осуществляется органами управления, представленными на рис. 1 и табл.1.

Электродвигатель насоса гидропривода включается нажатием кнопки 18. Реверсирование стола происходит по упорам 4, перестановкой которых регулируется длина хода стола. Скорость стола регулируется рукояткой дросселя 5.

Остановка стола осуществляется поворотом рукоятки крана 11.

Величина поперечной подачи регулируется поворотом лимба 9. Реверсирование поперечного перемещения стола происходит автоматически по упорам, перестановкой которых регулируется величина поперечного хода стола.

Отключение автоматического реверсирования с ручным реверсированием объединено в одной кнопке 10. Поворотом кнопки достигается включение-отключение, а перемещением рукоятки «От себя», «На себя» - реверсирование. Величина автоматической вертикальной

подачи устанавливается поворотом рукоятки 1.

Основными узлами гидросистемы станка являются:

- гидрпанель ВПШГ-35, осуществляющая реверс стола и регулирование его скорости движения;
- распределительная панель, предназначенная для управления механизмом поперечной подачи и работающая в момент реверса хода стола;
- золотник управления вертикальной подачей, работающий в момент поперечного реверса стола;
- контрольно-регулирующие устройства для контроля и регулирования количества и давления масла, подаваемого в гидроцилиндр;
- гидрокommуникация, соединяющая гидроцилиндр и гидроаппаратуру в соответствии с разработанной схемой гидропривода.

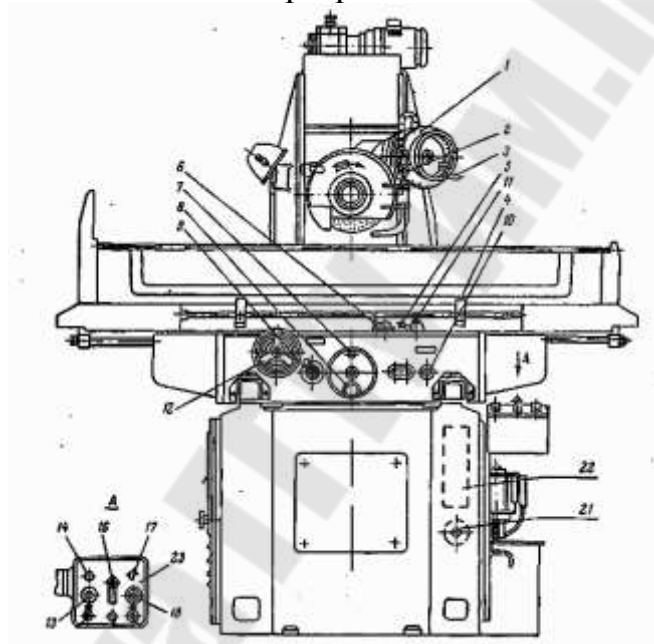


Рис. 1. Расположение органов управления станка мод. 3Г71

Таблица 1 – Перечень органов управления станка мод.3Г71 (см.рис.1)

Позиция	Название органов управления
1	Установка величины автоматической вертикальной подачи
2	Кран охлаждения
3	Ручная вертикальная подача
4	Упоры продольного реверса стола
5	Регулятор скорости движения стола
6	Ручное продольное реверсирование стола
7	Ручная поперечная подача стола
8	Микрометрическая поперечная подача стола
9	Установка величины автоматической поперечной подачи
10	Включение и реверсирование поперечной подачи

11	«Пуск - стоп» стола, «Разгрузка гидропривода»
12	Ручное продольное перемещение стола
13	Кнопка «Пуск шпинделя»
14	Кнопка «Все стоп»
15	Переключатель магнитной плиты
16	Барабанный переключатель ускоренного перемещения шлифовальной головки
17	Кнопка «Стоп гидропривода»
18	Кнопка «Пуск гидропривода»
19	Лампочка сигнализации «Станок включен»
20	Переключатель режима работы с плитой и без плиты
21	Вводной пакетный выключатель (сзади станка)

Работа гидросистемы станка. Гидропривод включается в работу нажатием кнопки «Гидропривод» с последующей установкой крана гидропанели ВШПГ-35 в положение «Пуск». Поток масла, нагнетаемый лопастным насосом Г-12 (рис. 2), через напорный золотник Г54 и фильтр тонкой очистки 0,12 Г41 по трубопроводу 21 поступает в центральную проточку реверсивного золотника 7.2 панели ВШПГ-35. При положении золотника 7.2, как показано на схеме, основной поток поступает в левую проточку и по трубопроводу 22 в правую часть гидроцилиндра перемещения стола. Стол движется в направлении стрелки. При этом слив из левой полости гидроцилиндра перемещения стола происходит по трубопроводу 23 через дроссель 7.3, подпорный клапан 8 в резервуар. Скорость перемещения стола регулируется дросселем 7.3. Перемещение стола влево происходит до момента, когда упор 16.1, связанный со столом, не перебросит рычаг реверса 9, который через систему шестерен производит переключение золотника управления 7.1 в левое положение. При этом реверсивный золотник 7.2 перемещается влево, в результате чего происходит реверс стола и стола перемещается вправо.

Во время реверса стола происходит поперечная подача крестового суппорта.

После того как золотник управления 7.1 займет левое положение, поток масла из правой кольцевой выточки золотника 7.1 по трубопроводу 37 поступает к золотнику 11.1 распределительной панели.

Согласно схеме поток разветвляется: часть его уходит на перемещение золотника 11.2 в нижнее положение, а часть на переброску золотника 11.1 в верхнее положение.

Когда золотник 11.2 займет нижнее положение, поток масла из его центральной проточки по трубопроводу 29 поступит в левую полость сервомотора и повернет флажок по часовой стрелке. Чтобы работал механизм поперечной подачи, необходимо рукоятку реверса,

сблокированную с краном 11.7, повернуть по часовой стрелке до упора. В этом случае поток масла на центральной проточке золотника 11.2 через кран 11.7 поступит к средней проточке золотника 11.3.

Золотник 11.3 сориентирован в верхнем положении. Масло по трубопроводу 40 поступит в верхнюю камеру золотника 17, а нижняя камера в это время через трубопровод 27 соединена со сливом. Золотник 17, перемещаясь вниз, введет в зацепление подвижную шестерню механизма подачи. Крестовый суппорт переместится на заданную величину.

Когда золотник 11.1 распределительной панели займет верхнее положение, верхняя, торцовая камера золотника 11.2 через центральную проточку золотника 11.1 и магистраль 38 соединится со сливом.

По трубопроводу 28 поток масла под давлением перебросит золотник 11.2 в верхнее положение, поступит в сервомотор и повернет его флажок против часовой стрелки в исходное положение, так как трубопровод 29 соединен со сливом.

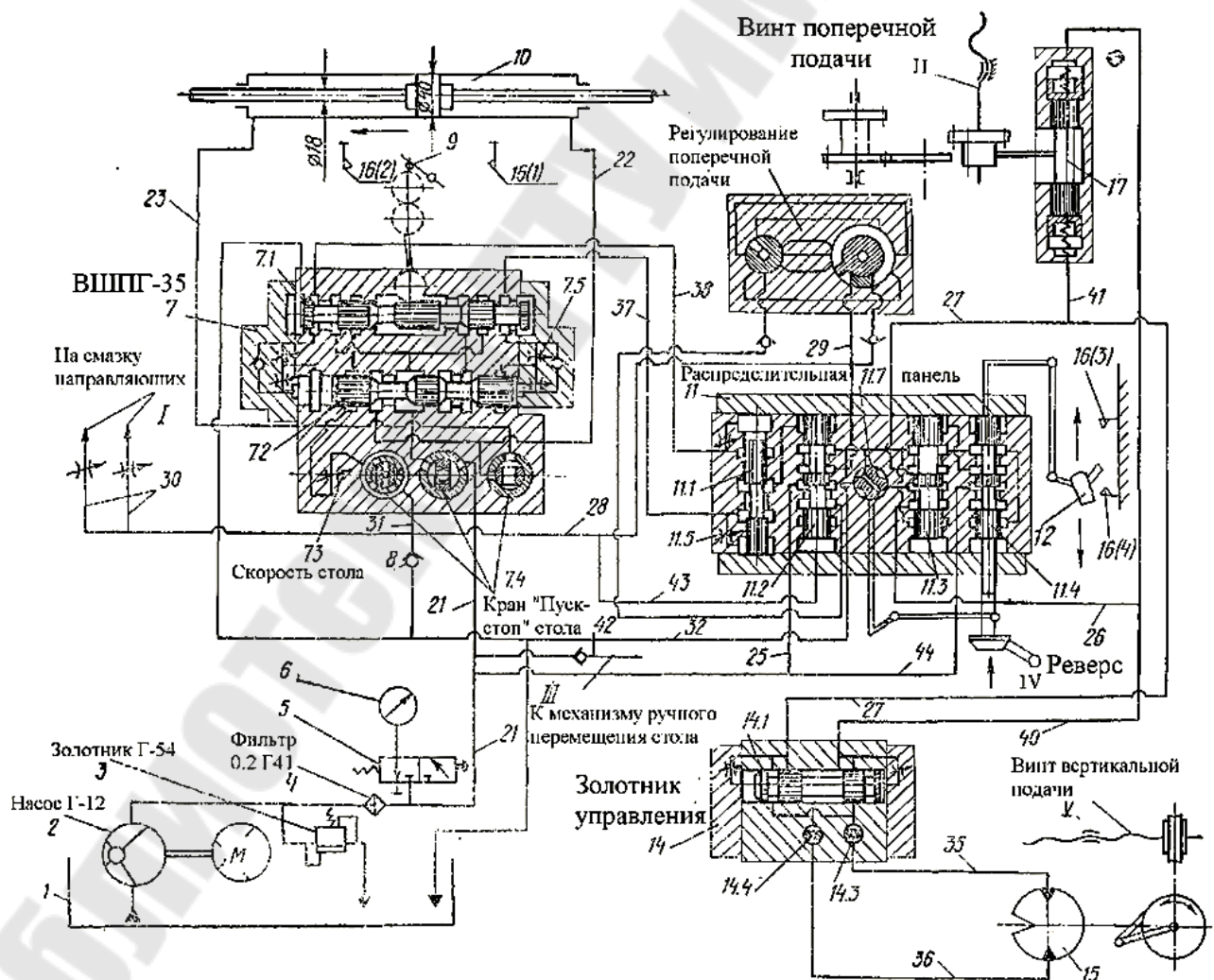


Рис. 2. Схема гидравлическая принципиальная

Параллельно поток масла по трубопроводу 40 поступит к золотнику 14.1, который начнет медленно перемещаться влево. Через центральную проточку золотника 14.1 масло поступит к крану 14.4 и по трубопроводу 36 в сервомотор механизма вертикальной подачи. Флажок повернется против часовой стрелки и через храповой механизм произведет вертикальную подачу, так как трубопровод 35 соединен со сливом через трубопровод 27. Когда золотник 14.1 займет левое положение, поток масла через кран 14.3, трубопровод 35 поступит в левую полость сервомотора и повернет его флажок в исходное положение, так как трубопровод 36 через центральную проточку золотника 14.1 и трубопровод 27 соединен со сливом 32.

Таким образом, произойдет вертикальная подача и установка механизма вертикальной подачи в исходное положение.

При следующем реверсе стола, когда золотники 7.1 и 7.2 займут положение, показанное на схеме, поток масла по магистрали 38 поступит к золотнику 11.4 распределительной панели. Цикл, описанный выше, повторится, т. е. при каждом реверсе стола работает механизм поперечной подачи, а механизм вертикальной подачи работает во время реверса крестового суппорта.

Реверс механизма поперечной подачи осуществляется упорами 16 (3) и 16(4) крестового суппорта через рычаг 12, связанный с золотником 11.4. Реверс может осуществляться вручную.

При реверсе магистраль 27 соединяется с давлением, а магистраль 40 со сливом и наоборот.

Отключение поперечного реверса осуществляется краном 11.7, а отключение механизма вертикальной подачи – краном 14.4.

2. Конструкции механизмов системы управления гидравлическими приводами.

Лопастной (пластинчатый) насос (поз. 2 рис. 2) предназначен для преобразования механической энергии от электродвигателя, в гидростатический напор рабочей жидкости.

На рис.3, а представлена схема лопастного насоса. Ротор 1 устанавливается на приводном валу 4, опоры которого размещены в корпусе и крышке. Лопатки 3 встраиваются в пазы ротора под углом или радиально. Центр вала ротора смещен относительно оси корпуса на величину e . При вращении ротора лопатки под действием центробежной силы отжимаются к стальному закаленному кольцу (статору) 2 встроенному в корпус. Внутренняя поверхность кольца изготавливается в форме эллипса. При вращении лопаток в местах с наименьшим расстоянием между ротором и статором объем между лопатками

увеличивается и заполняется маслом из полости В. После того, как пройдена точка максимального расстояния между ротором и статором, пространство между лопатками уменьшается и масло выжимается через прорезь и далее в полость Н.

На рис. 3, б представлен лопастной насос серии Г12-4. В чугунном корпусе 5 и крышке 3 смонтировано закаленное кольцо-статор 4, имеющее внутри профилированную поверхность, по которой скользят диски 12 лопаток 13. Лопатки свободно перемещаются в радиальных пазах ротора 6, насаженного на шлицы вала 8, вращающегося в шарикоподшипниках. К торцам кольца-статора 4 прижаты диски – плоский 12 и с шейкой 11 плавающего типа. В начале работы диск 11 прижимается к статору тремя пружинами 10, а в процессе работы – давлением масла. В диске 12 имеются два окна 1 для всасывания масла, а в диске 11 – два окна для нагнетания масла. При вращении ротора 6 лопатки 13 под действием центробежной силы и давления масла, подведенного под лопатки, всегда прижаты к внутренней поверхности статора и каждая лопатка перемещается в пазах ротора 6 в радиальном направлении в соответствии с профилем кривой на статоре 4, причем каждая из камер, образованная двумя соседними лопатками, внутренней поверхностью статора и ротором, во время соединения с окнами всасывания 1 увеличивает свой объем (благодаря профилю статора 4) и заполняется маслом через окна всасывания, а во время соединения с окнами нагнетания 14 уменьшает свой объем, вытесняя масло через окна нагнетания.

За один оборот ротора 6 производится два полных цикла всасывания и нагнетания. Благодаря диаметрально противоположному расположению подвода и отвода масла нагрузки на ротор 6 от давления масла со стороны полости нагнетания уравниваются, и вал насоса передает только крутящий момент. Для предотвращения утечки масла по валу 8 насоса во фланце 7 установлена манжета 9 из маслостойкой резины.

Стык между корпусом 5 и крышкой 3 уплотняется круглым кольцом 2 из маслостойкой резины.

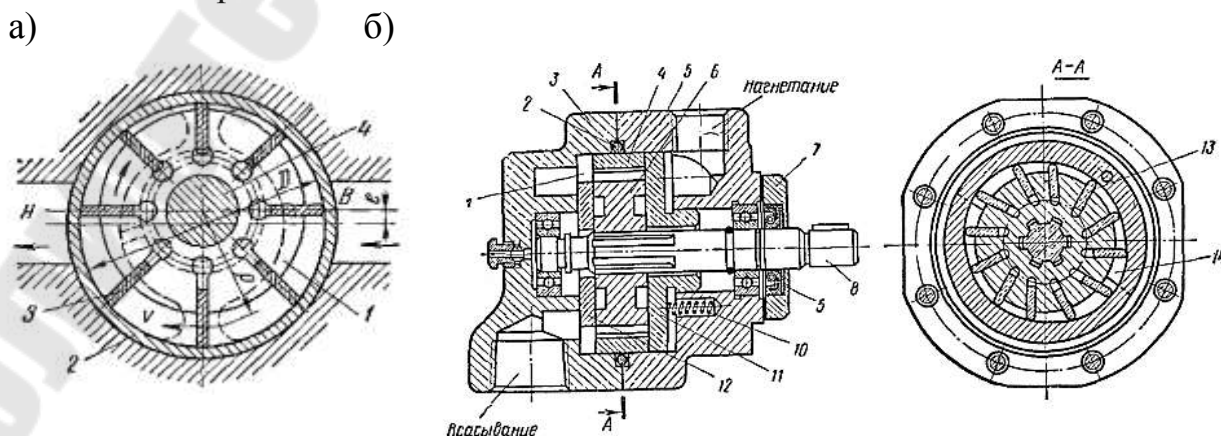


Рис. 3. Схема лопастного насоса (а) и конструкция насоса типа Г12-4

Напорный золотник Г54 (рис.4,а, см. также поз.3 рис.2) применяется в гидроприводе с нерегулируемым насосом для поддержания определенного требуемого давления в гидросистеме. Конструкция золотника обеспечивает слив из системы излишка рабочей жидкости и одновременно выполняет функцию предохранительного устройства. На клапан 6 с одной стороны воздействует пружина 8, а с другой – давление рабочей жидкости, подводимое через канал 3 в камеру 4. При повышении давления в системе клапан перемещается вверх и соединяет напорную камеру 2 со сливом 1. Канал 3 имеет небольшой диаметр и выполняет функцию демпфера, обеспечивая плавное возвращение клапана 6 в исходное положение. Путем различной установки нижней 5 и верхней 7 крышек клапана возможны исполнения для осуществления различных функций клапана.

а)

б)

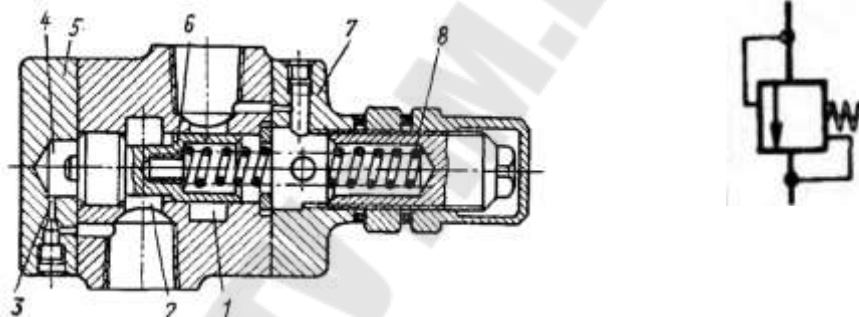


Рис. 4. Конструкция напорного золотника Г54 (а) и его условное обозначение (б)

Гидродроссели обеспечивают регулирование количества подаваемого нерегулируемым насосом масла в гидродвигатель, изменяя скорость его движения. Существуют различные конструкции простых гидродросселей (пример, см. рис.5,а,б,д), которые применяются при сравнительно грубой регулировке скорости, когда допускается неравномерность движения рабочего органа. На рис. 5 обозначено: p_1 - давление масла до щели, p_2 - на выходе из нее.

В случае, когда рабочий орган станка вне зависимости от нагрузки должен перемещаться с определенной скоростью, выдерживаемой в жестких пределах, применяют дроссели с регулятором типа Г55 (поз. 7.3, рис. 2), которые обеспечивают определенную стабильность давления и расхода проходящей через дроссель жидкости, не реагируют на возможное колебание силы резания и не зависят от скорости перемещения рабочего органа.

Конструктивная схема дросселя с регулятором Г55 приведена на рис. 5,в. Устройство представляет собой сочетание дозирующего клапана 1 с дросселем 5. Рабочая жидкость подводится к отверстию 3 и затем переливается из полости 4 в полость 2, которая сообщается с нижними

торцами клапана 1, осуществляя обратную связь по параметру давления перед дросселем. На верхний торец клапана действует давление p_2 рабочей жидкости после дросселя и усилие пружины, рассчитанной на разность давлений до и после дросселя в пределах 0,3...0,35 Мпа.

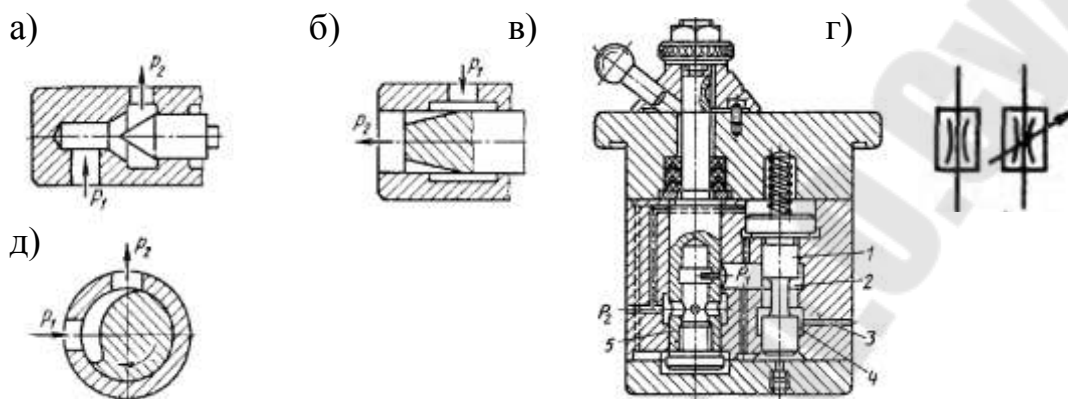


Рис. 5. Схемы простых дросселей (а – игольчатый, б – щелевой, д – с эксцентричной проточкой), конструкция дросселя с регулятором типа Г55 (в) и условные обозначения нерегулируемых и регулируемых дросселей (г)

Пусть, например, давление p_1 перед дросселем увеличится. Тогда оно повысится и под нижними торцами клапана 1, благодаря чему он переместится вверх, прикрывая проходной зазор в полости 4. При понижении давления произойдет обратное.

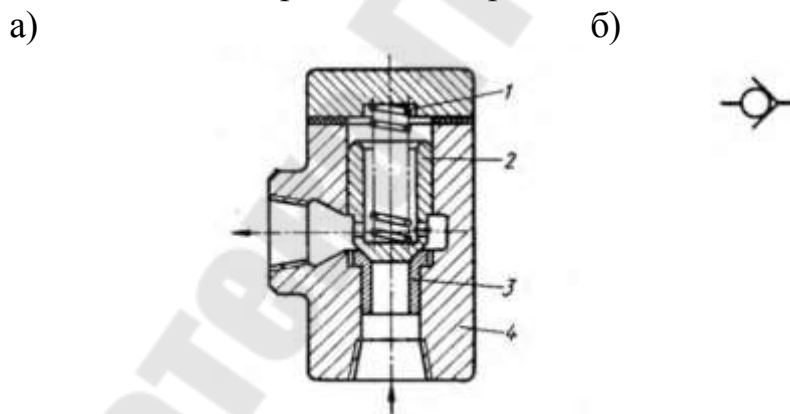


Рис. 6. Конструкция (а) и условное обозначение (б) обратного гидроклапана Г51

Обратный гидроклапан Г51 предназначен для управления потоком жидкости в гидравлических системах и пропускания жидкости только в одном направлении. Гидроклапан 2 (рис. 6,а) может перемещаться в корпусе 4, преодолевая усилие пружины 1, которая прижимает его к коническому седлу 3. Жидкость может проходить через клапан,

преодолевая усилие пружины. При обратном направлении жидкости гидроклапан 2 плотно прижимается к седлу, обеспечивая надежное уплотнение между его конусом и седлом.

Гидроцилиндр (рис.7, см. также поз.10 рис.2) предназначен для передачи столу возвратно-поступательного движения. Цилиндр 6 закреплен в опорах 3, которые крепятся на крестовом суппорте. Шток 2 соединен с поршнем 5, на котором закреплены кольца 4. Концы штока 2 проходят в разы кронштейнов стола и затянуты гайками 1.

Таким образом, стол соединен с гидроцилиндром и имеет возможность перемещаться в продольном направлении. Для предотвращения жесткого удара при реверсе стола на концах штока установлены кожаные шайбы 8.

Для предотвращения выноса масла штоком предусмотрены уплотнительные кольца 18x30. Подтяжка колец при их выработке и появлении сильной течи производится винтами 7 за счет прокладок 9.

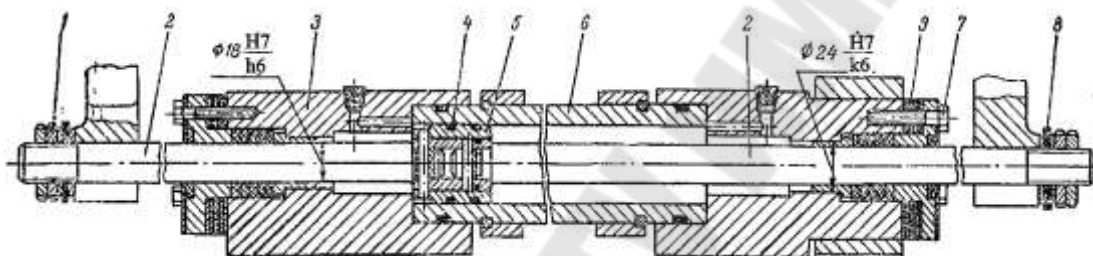


Рис. 7. Гидроцилиндр

Механизм управления продольным реверсом стола (рис.8) обеспечивает переключение золотника реверса при крайних положениях стола. Крайние положения стола устанавливаются в зависимости от длины шлифуемых деталей посредством упоров 1, которые закреплены в пазу стола рукояткой 3. При движении стола упор 1 находит на кулачок 2, сидящий на одной оси с шестерней 4, и поворачивает его.

Шестерня 4 находится в постоянном зацеплении с шестерней 5, которая закреплена на валике гидропанели и перемещает золотник реверса гидропанели в ту или иную сторону.

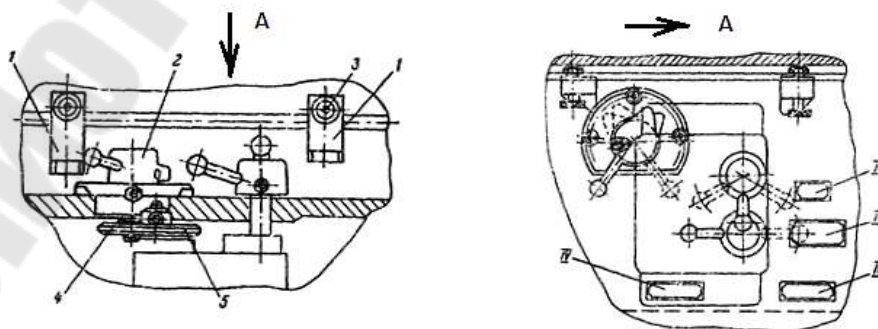


Рис. 8. Механизм управления продольным реверсом стола

Механизм управления поперечным реверсом стола (рис.9) предназначен для реверса поперечного хода стола при автоматической поперечной подаче. Узел вмонтирован в крестовый суппорт. На правой направляющей станины закреплена неподвижно планка 1, на которой установлены два передвижных, фиксируемых винтами 2, упора 3 (см. также поз. 16(3) и 16(4) рис.2), которые можно передвигать по планке 1 в зависимости от ширины шлифуемых деталей.

На крестовом суппорте установлено два кулачка 4, которые при передвижении суппорта находят на упоры 3 и тянут штангу 5. Штанга соединена с золотником распределительной планки и перемещает его, вследствие чего изменяется поток масла к золотнику 17 (рис.2) управления переключением шестерни.

Включение и выключение поперечной подачи осуществляется поворотом кнопки 6 через штангу 7, рычаги 8 и 9.

При повороте детали 9 поворачивается золотник распределительной панели, тем самым открывается или закрывается доступ масла в гидросистему (см. описание работы гидросистемы).

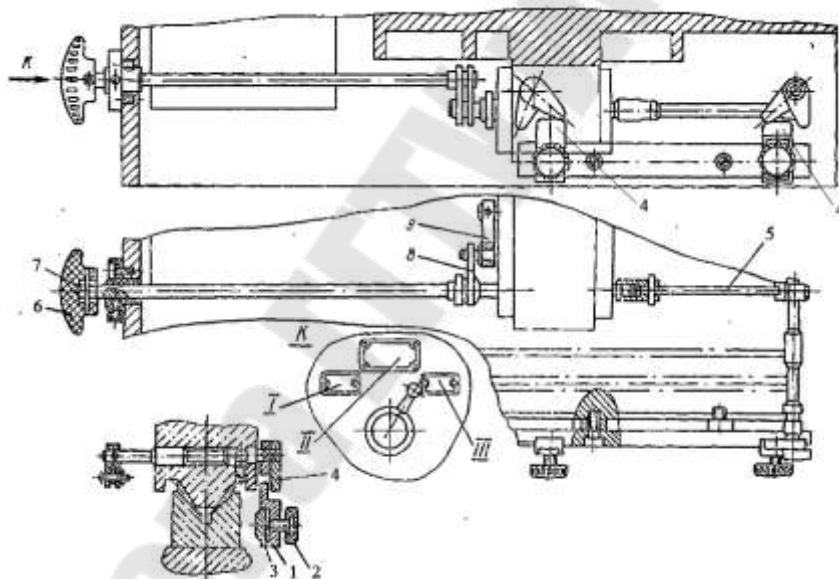


Рис. 9. Механизм управления поперечным реверсом стола: I – пуск; II – разгрузка; III - стоп

Механизм управления вертикальной подачей шлифовальной головки (рис.10). Механизм обеспечивает управление ручной и автоматической вертикальной подачей шлифовальной головки.

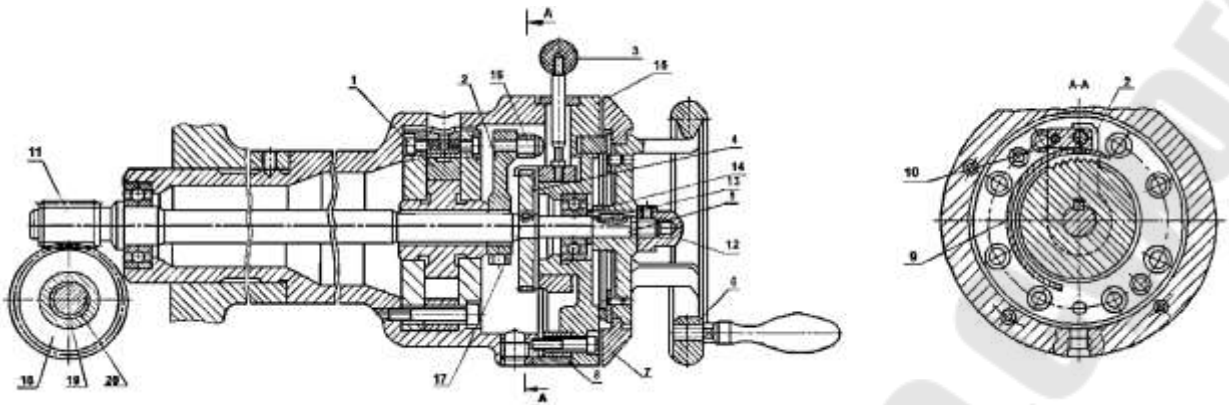


Рис. 10. Механизм управления вертикальной подачей шлифовальной головки

Ручная подача осуществляется от маховичка 6, который закреплен на валу 5 червяка. Червяк 11 находится в зацеплении с червячным колесом 18, которое жестко закреплено на гайке. Гайка с колесом смонтированы в корпусе шлифовальной головки. Винт вертикальной подачи смонтирован в верхней части колонны станка. Т.к. винт не подвижен в осевом направлении, то при вращении гайки вместе с ней по винту перемещается шлифовальная головка.

При работе с ручной подачей необходимо вывести собачку 10 из зацепления с храповым колесом 4, для этого лимб 8 нужно установить в нулевое положение рукояткой 3, а при длительных работах с ручной подачей, отключить подачу краном 14.4 (рис.2).

При работе с автоматической вертикальной подачей необходимо установить величину подачи рукояткой 3 вместе с которой поворачивается лимб 8 и заслонка 9. Заслонка перекрывает зубья храпового колеса 4. При этом должен быть включен кран 14.4 (рис.2) в положение «Подача включена».

В момент поперечного реверса крестового суппорта, масло поступает в полость лопастного гидроцилиндра и поворачивает ротор 1, на котором жестко закреплен рычаг 2 с собачкой 10. Собачка 10 скользит по заслонке 9 (путь скольжения по заслонке зависит от величины установленной подачи), а затем входит в зацепление с храповым колесом 4. Храповое колесо 4 жестко установлено на валу 5 червяка, поэтому поворот храпового колеса происходит вместе с червяком.

При обратном движении собачка скользит по зубьям храпового колеса или по заслонке.

Для возможности установки лимба 7 в нулевое положение последний может поворачиваться свободно на маховичке.

Структура отчета

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и порядок выполнения работы.
3. Принципиальная гидравлическая схема станка с указанием ее основных элементов управления.
4. Привести конструкции гидравлических элементов, обеспечивающие управление и настройку станка.

Контрольные вопросы

1. Назовите назначение гидравлической схемы станка и ее основные элементы.
2. Расскажите принцип работы гидросхемы станка.
3. Расскажите устройство, принцип работы и настройку лопастного насоса.
4. Расскажите назначение, устройство, принцип работы и настройку напорного золотника.
5. Расскажите назначение и конструктивные особенности гидрподросселей.
6. Расскажите устройство, принцип работы и настройку обратного гидроклапана
7. Каким образом осуществляется настройка станка на режимы обработки и величины перемещения исполнительных органов станка?

Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

1. Студентам запрещается самостоятельно входить в станочный парк (производственное помещение, в котором размещено действующее оборудование).
2. Студентам запрещается самостоятельно включать станок в электрическую сеть и производить любые виды работ при включенном станке.
3. Демонстрацию работы станка, а также обработку на нем заготовок имеет право производить только учебный мастер или преподаватель с соответствующей формой допуска.
4. В процессе выполнения работы учебный мастер или преподаватель, проводящий лабораторную работу, обязаны постоянно осуществлять контроль за действиями слушателей, находящихся в производственном помещении, особенно при выполнении ими этапов работы.
5. Перед включением станка в сеть учебный мастер или

преподаватель обязаны проверить:

- наличие и надежность закрепления заземления;
- надежность закрепления инструмента и инструментальных блоков;
- надежность установки и крепления налаживаемых узлов и деталей;
- надежность закрепления заготовки.

6. Перед пуском станка должны быть установлены и закреплены все ограждающие и защитные устройства, а студенты занять удобное для обзора и безопасное место.

7. При любой, даже непродолжительной остановке станка, производить полное его отключение от питающих сетей.

8. Запрещается производить измерение детали во время работы станка.

9. Запрещается опираться на оборудование и находится в зоне действия подвижных органов станка.

Литература

1. Руководство по эксплуатации «Плоскошлифовальный станок мод.3Г71».

2. Свешников В.К. Станочные гидроприводы : Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение. 1995. – 448с.

3. Свешников В. К. Гидрооборудование. Международный справочник. Кн. 2. Гидроаппаратура: номенклатура, параметры, размеры. – ООО «Издательский центр», Техинформ «МАИ»- 2002. – 508 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

«Изучение конструкции системы управления с распределительным валом (СУсРВ) токарного автомата»

Цель работы: изучить особенности систем управления с распределительным валом, их достоинства и недостатки, область применения, знать их устройство и принцип работы, уметь проверить работоспособность кулачкового механизма и настроить на обработку детали.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить принцип работы СУсРВ и ее конструктивные особенности.
2. Получить задание (модель автомата и систему управления суппортом) у преподавателя, изучить ее, разобраться в назначении, конструкции и принципе работы.
3. Выполнить необходимые замеры, нарисовать принципиальную схему системы управления.
4. Определить допустимые (оптимальные) значения характеристик кулачкового механизма по номограмме.
5. Рассчитать основные показатели кулачкового механизма и сделать вывод о его работоспособности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Принцип работы и особенности СУ с РВ

Программа управления, составленная в числовом виде и занесенная в карту наладки, воплощается в программноносителе, которым в данной системе управления является кулачок 1 (рис.1).

Кулачок закрепляется на распределительном валу (РВ) в соответствии с разработанной циклограммой для работы автомата в целом. Поворот кулачка от распределительного вала передается через контактирующий элемент 2 (башмак, ролик) на толкатель 3 и далее через рычажную систему 4 на рабочий орган 5 автомата (суппорт). Преобразование вращательного движения зубчатого сектора 6 в поступательное движения суппорта 5 обеспечивается зубчато-реечной передачей, рейка 7 которой закреплена на рабочем органе станка.

Распределительный вал за цикл обработки детали совершает 1 оборот, что обеспечивается после соответствующих расчетов органами настройки автомата посредством сменных зубчатых колес..

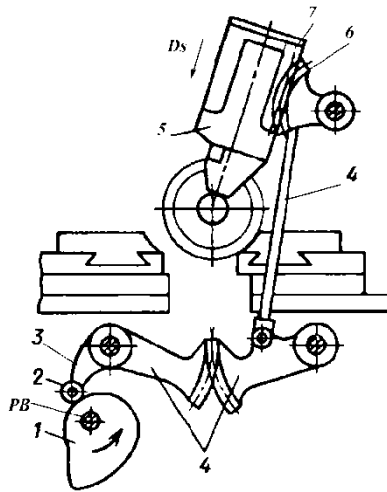


Рис. 1. Принципиальная схема управления от кулачкового механизма

Связь кулачка с рабочим органом может осуществляться не только через систему рычагов (промежуточную передачу), как представлено на рис.1, но и непосредственно (рис. 2).

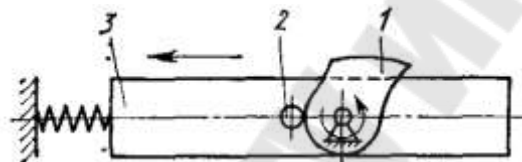


Рис. 2. Схема непосредственной взаимосвязи кулачка с рабочим органом

Управление и перемещение рабочих органов станка обеспечивается дисковыми и цилиндрическими кулачками (рис. 3, а), а управление вспомогательными механизмами –командными кулачками (рис. 3, б), расположенными также на распределительном валу и управляющими зажимом, разжимом и подачей заготовки, поворотом револьверной головки и др.

Величины перемещений рабочих органов l при этом задаются подъемом h_K на кулачке ($l = h_K$ – при непосредственной связи кулачка с рабочим органом; $l = h_K i_p$ – через промежуточную передачу, имеющей передаточное отношение i_p), а их длительность на холостых ходах - углами β_1 , (или величиной l_{xx1}) при подводе и β_2 (или величиной l_{xx2}) при отводе рабочего органа. Длительность перемещений на рабочем ходе задается углом α (или величиной l_p).

Системы управления с РВ широко применяют в специальных и универсальных полуавтоматах и автоматах различного технологического назначения в массовом, крупносерийном и иногда серийном производстве.

Системы управления с РВ работают на основе полной начальной информации и являются системами разомкнутого типа, программа

управления у них задается в аналоговом виде. Это системы механического типа, они просты конструктивно, надежны в работе и имеют невысокую стоимость; обеспечивают управление сложным циклом обработки с одновременным участием нескольких инструментов с максимально возможным совмещением рабочих и холостых ходов

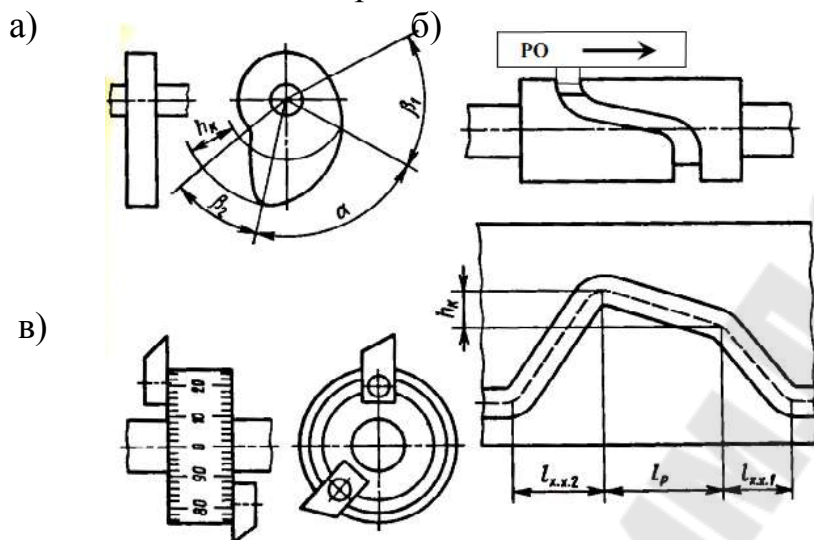


Рис. 3. Кулачки, устанавливаемые на распределительный вал: а- дисковый; б- цилиндрический (барабанный) и его развертка; в – командный

Преобразование числовой информации чертежа детали в аналоговый вид (кривые кулачков) требует трудоемкого изготовления физических аналогов (кулачков), а также приводит к погрешностям передачи информации, получаемым при их изготовлении кулачков и из-за их износа в процессе эксплуатации.

2. Основные характеристики кулачковых механизмов и проверка его работоспособности

Перемещение поперечных и револьверных суппортов токарно-револьверных автоматов осуществляется в основном от дискового кулачка 1, закрепленного на распределительном валу и систему рычагов 2 (рис. 4). Для обеспечения постоянного силового контакта ролика рычага с кулачком, а также возврата рабочего органа станка в исходное положение применяется пружина 4.

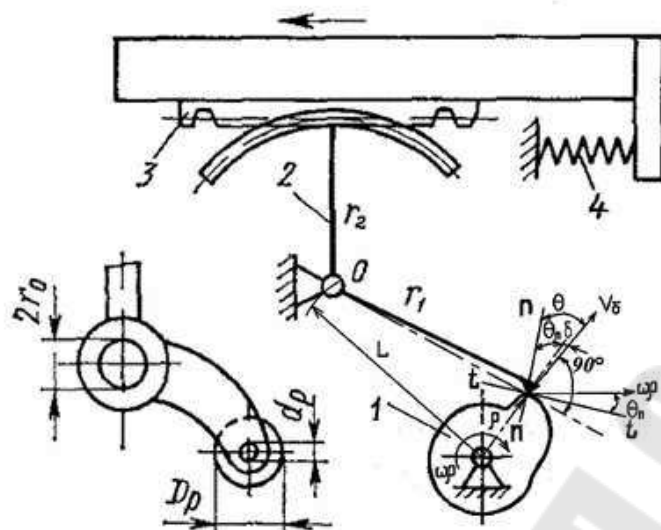


Рис. 4. Конструктивно-кинематическая схема кулачкового механизма

Для обеспечения заданной производительности автомата и его работоспособности необходимо определить основные характеристики кулачкового механизма и сравнить их с допустимыми значениями.

К основным характеристикам кулачкового механизма относятся угол давления θ , коэффициент возрастания сил ϵ и коэффициент надежности механизма K_n .

Определение допустимых (оптимальных) значений характеристик кулачкового механизма производится по номограмме, представленной на рис. 5. Для этого необходимо определить сумму приведённых коэффициентов трения ($f_{1пр} + f_{2пр}$).

Приведённый коэффициент трения $f_{1пр}$ между толкателем и кулачком рассчитывается по формуле

$$f_{1пр} = \frac{f_1 \cdot d_p}{D_p}, \quad (1)$$

где d_p – диаметр цапфы, мм;

D_p – диаметр ролика, мм (см.рис.5);

f_1 – коэффициент трения ($f_1 = 0,1 \dots 0,15$). а при выполнении роликов на подшипниках качения $f_1 = 0,02$

Приведённый коэффициент трения $f_{2пр}$ в опоре качающегося толкателя определяется по формуле

$$f_{2пр} = \frac{f_2 \cdot r_0}{r_2}, \quad (2)$$

где r_0 – радиус цапфы, мм

r_2 – радиус рычага, мм

f_2 – коэффициент трения штифтового пальца рычага ($f_2 = 0,14 \dots 0,22$).

Величину коэффициента трения f можно принимать по ориентировочным данным табл. 1.

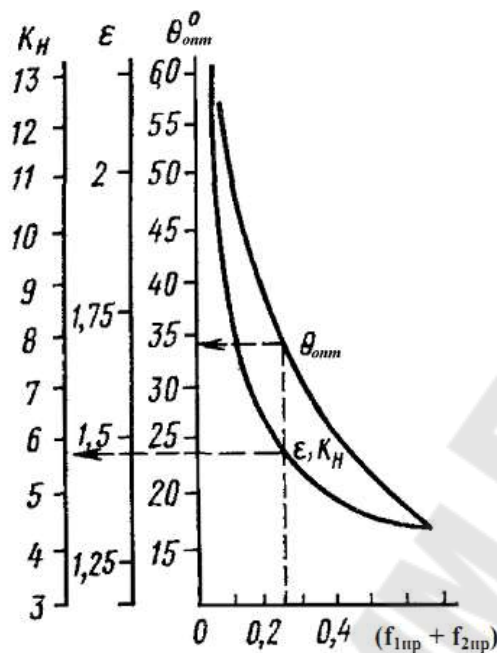


Рис. 5. Номограмма определения допустимых характеристик кулачкового механизма

Таблица 1. Значения коэффициентов трения скольжения материалов

Материал трущихся поверхностей	Коэффициент трения скольжения	
	при хорошей смазке	при недостаточной смазке
Сталь по стали	0,05 – 0,10	0,15
Сталь по чугуну	0,05 – 0,15	0,18
Сталь по бронзе	0,10 – 0,15	0,15

Угол давления θ – угол между нормалью np к профилю кулачка и направлением скорости башмака v_6 (рис. 4). В кулачковых механизмах с качающимся толкателем θ , град, определяется по формуле

$$\theta = \theta_n \pm \delta, \quad (3)$$

где θ_n – угол подъема профиля кулачка, град;

δ – угол наклона толкателя, град.

Угол подъема профиля θ_n – угол между касательной tt к профилю кулачка и направлением окружной скорости башмака ω_r (см. рис. 4 и 5).

Знак (\pm) перед углом наклона толкателя δ зависит от направления вращения дискового кулачка и окружной скорости толкателя (башмака) v_6 . При прямом вращении кулачка окружная скорость кулачка направлена в сторону, противоположную оси поворота толкателя (рис. 5,а), в противном случае – направление вращения кулачка считается обратным (рис. 5,б)а)

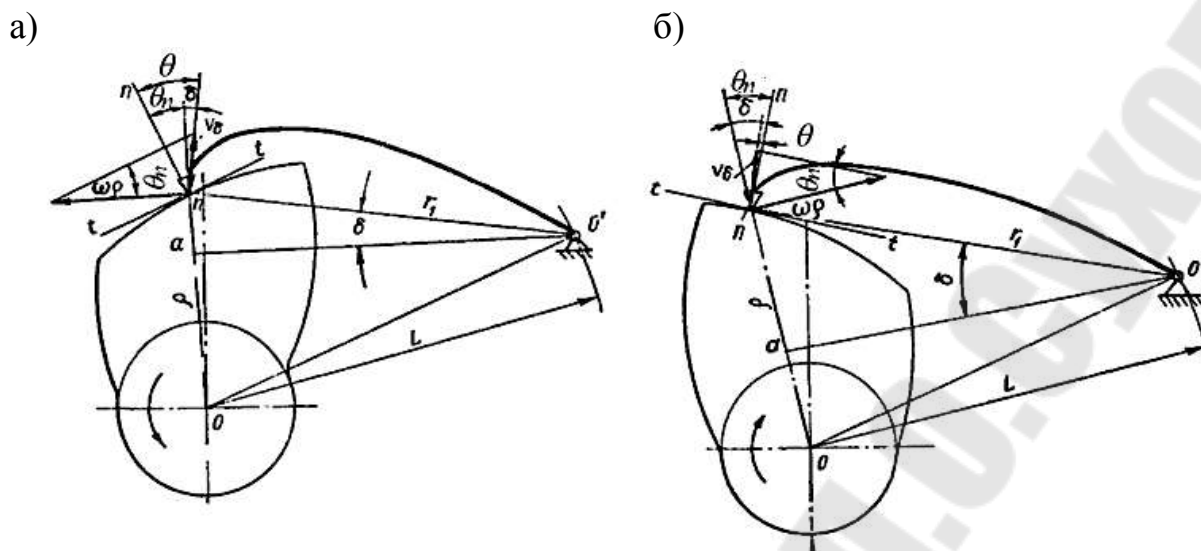


Рис. 5. Схемы к определению основных характеристик в дисковых кулачковых механизмах с качающимся толкателем

Выбор знака производится в соответствии с данными табл.2.

Таблица 2. Выбор знака в формулах в зависимости от направления вращения кулачка и направления скорости башмака

Тип кулачка	Направления вращения кулачка			
	Прямое		Обратное	
Дисковый				
	$\theta_n + \delta$ $-\sin \delta$	$\theta_n - \delta$ $+\sin \delta$	$\theta_n - \delta$ $+\sin \delta$	$\theta_n + \delta$ $-\sin \delta$

Угол подъёма профиля дискового кулачка θ_n , град, определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \theta_n = \frac{1}{\frac{\rho}{a'} + \frac{\rho^2 - L^2 + r_1^2}{\sqrt{4\rho^2 L^2 - (\rho^2 + L^2 - r_1^2)^2}}} \quad (4)$$

где $a' = \frac{\rho_z - \rho_{z-1}}{\gamma'}$ - параметр спирали (подъем спирали при повороте радиуса-вектора на угол, равный одному радиану);

ρ_z, ρ_{z-1} – наибольший и наименьший радиусы-векторы участка профиля кулачка;

γ^1 - профильный угол в рад;

L, r_1, ρ – геометрические параметры кулачкового механизма (см.рис.5).

Для дисковых кулачков угол наклона толкателя δ , град, определяется на основе теоремы косинусов из схемы, представленной на рис. 5,а,б по формуле:

$$\sin \delta = \frac{\rho^2 + r_1^2 - L^2}{2\rho \cdot r_1}, \quad (5)$$

где r_1 – радиус качающего толкателя, мм;

L – межцентровое расстояние, мм.

В формулу (3) определения угла давления θ угол наклона толкателя δ подставляется со знаком, полученным при расчёте по формуле (5).

Угол давления θ , рассчитанный по формуле (3) определяется не менее, чем в 4-х положениях: начало и конец участка подвода инструмента, начало и конец участка рабочего хода толкателя.

Все рассчитанные значения θ не должны превышать $\theta_{\text{опт}}$ в соответствии с рис. 5. При монтаже кулачкового вала на опорах качения при $\delta = 0$ можно пользоваться следующими допустимыми значениями: при роликовом башмаке $\theta_{\text{доп}} = 68 \dots 70^\circ$, при остроконечном $\theta_{\text{доп}} = 58 \dots 60^\circ$. При монтаже кулачкового вала на опорах скольжения указанные значения следует уменьшить на $3 \dots 5^\circ$.

При превышении указанного допустимого значения необходимо переработать конструкцию кулачкового механизма с целью обеспечения его надежности и работоспособности.

Коэффициент возрастания сил ε при качающемся толкателе зависит от усилия P_p , которое приложено к системе передач, связывающей рычаг с рабочим органом, и окружным усилием T на кулачке (рис. 6).

Из уравнения равновесия моментов, которое имеет вид

$$Pr_1 = P_r r_2 + M_{\text{тр}}, \quad (6)$$

где P – сила на башмаке, действующая под углом 90° к рабочему плечу рычага O_1C , н;

r_1 – длина рабочего плеча рычага, мм;

r_2 – длина плеча рычага, к которому приложена рабочая нагрузка, мм;

$M_{\text{тр}} = A \cdot f_2 \frac{d}{2}$, нмм – момент сил трения на оси вращения рычага

A – реакция в точке O_1 ;

d – диаметр оси вращения рычага, мм;

f_2 – коэффициент трения на оси вращения рычага штифтового пальца определяется коэффициентом возрастания сил по формуле

$$\varepsilon = \frac{T}{P_p} = \frac{1}{\operatorname{ctg}(\theta_n + \varphi) \pm \operatorname{Sin} \delta - f_2 \frac{d}{2r_1} r_2}, \quad (7)$$

где $\varphi = \operatorname{arctg} f_1$ – угол трения роликового пальца
 Знак \pm перед $\operatorname{sin} \delta$ выбирается по табл. 2.

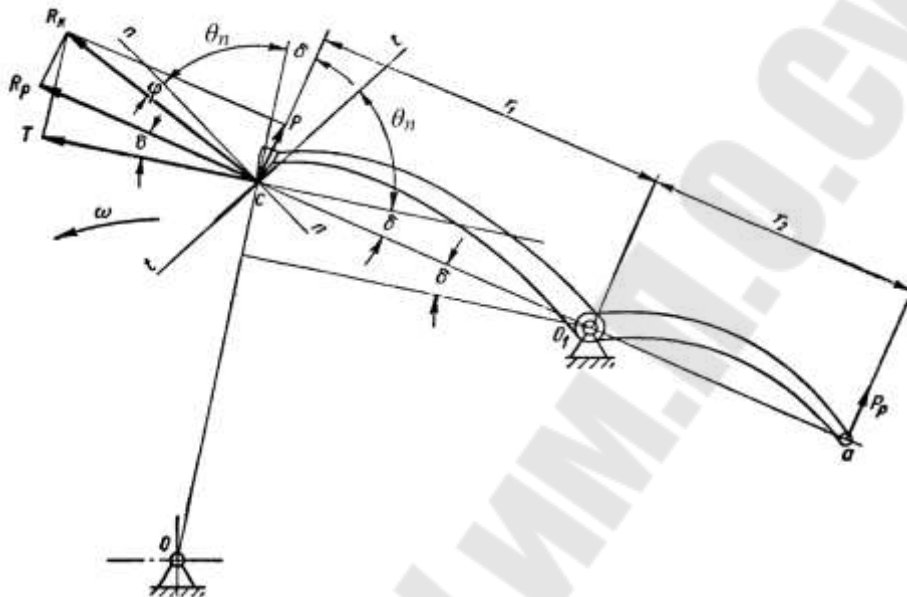


Рис. 6. Схема к определению коэффициента возрастания сил при качающемся толкателе

Рассчитанный по формуле (7) коэффициент возрастания сил сравнивается с допустимым значением (см. рис. 5).

Основной характеристикой работоспособности кулачкового механизма является коэффициент надежности, определяемый по формуле:

$$K_n = \frac{\operatorname{tg} \theta_3}{\operatorname{tg} \theta} = \frac{1 - f_{1nn} \cdot f_{2nn}}{(f_{1nn} + f_{2nn}) \operatorname{tg} \theta}, \quad (8)$$

где $\theta_3 = \operatorname{arctg} \frac{1 - f_{1nn} \cdot f_{2nn}}{f_{1nn} + f_{2nn}}$ – угол заклинивания.

В формуле (8) угол давления θ принимается наибольшим из рассчитанных выше значений.

КПД кулачкового механизма в мгновенном его положении можно определить по формуле

$$\eta = \frac{1 - f_{1nn} \cdot f_{2nn} - (f_{1nn} + f_{2nn}) \operatorname{tg} \theta}{1 + f_{1nn} \cdot \operatorname{ctg} \theta} \quad (9)$$

3. Конструкции кулачковых механизмов

В станках в основном применяют дисковые (рис. 7, а, г, ж) и цилиндрические (рис. 7, б, д, з) кулачки, значительно реже -

поступательно движущиеся кулачки (рис. 7. в, е, и). Независимо от формы кулачки могут быть пазовыми (рис. 7,а,б,в), открытыми (рис. 7,ж,з,и) и комбинированными (рис. 7, г, д, е).

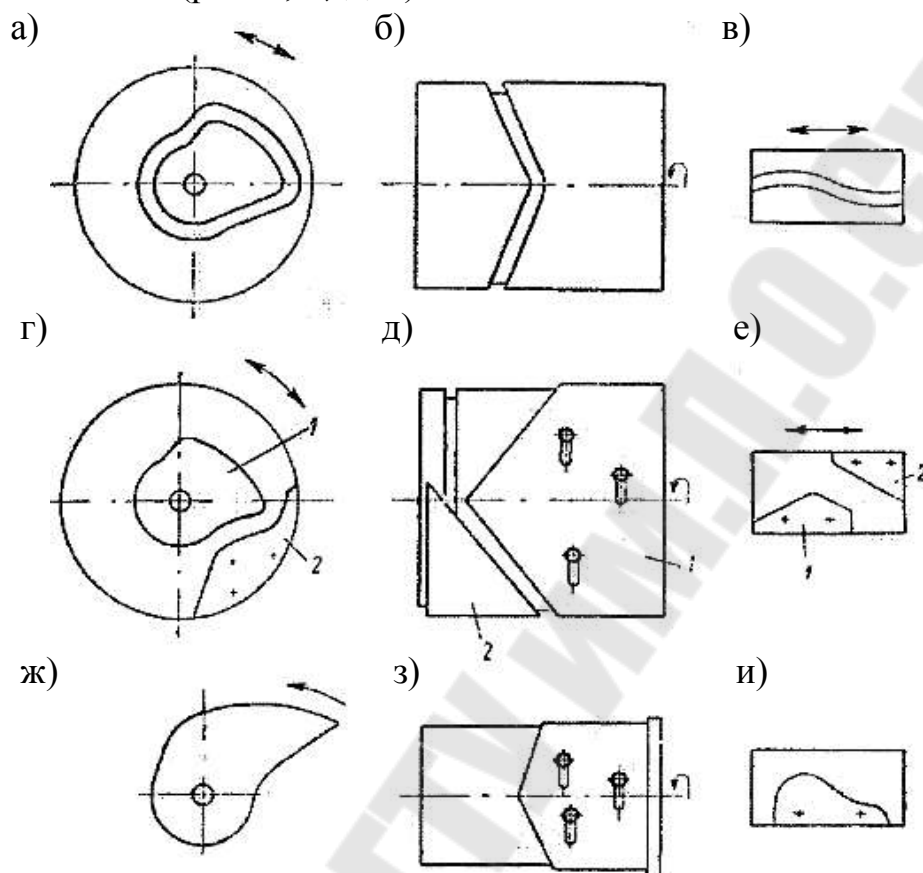


Рис. 7. Типы кулачков

Пазовые кулачки относятся к группе кулачков с кинематическим замыканием, когда перемещение толкателя в обоих направлениях ограничено двумя кривыми, благодаря чему исключается возможность отрыва толкателя от кулачка при появлении значительных сил инерции. Значительные силы инерции возникают при больших ускорениях или при больших массах перемещающихся рабочих органов. Поэтому необходимость в применении пазовых кулачков может возникнуть либо при большом числе циклов в минуту, либо при большой массе подвижных рабочих органов тяжелых автоматов.

Обработка пазовых кулачков в условиях индивидуального изготовления представляет трудности и требует значительных затрат, поэтому пазовые кулачки применяют в основном в тех случаях, когда они не являются сменными и их форма не зависит от формы и размеров обрабатываемых деталей. Таковы, например, кулачки подачи и зажима материала токарно-револьверных автоматов. Пазовые кулачки могут также применяться на специальных станках-автоматах.

В станках-автоматах значительные ускорения возникают обычно при холостых ходах. Поэтому при конструировании можно предусматривать кинематическое замыкание только на участках холостых ходов (рис. 7, г, д, е). Такие кулачки состоят из открытого 1 и дополнительного кулачков 2. На участках холостого хода основной и дополнительный кулачки образуют паз. На дисковых поверхностях оба кулачка прикрепляют к торцу диска (рис. 7,г), а на цилиндрических - к поверхности барабана. Такие комбинированные кулачки в изготовлении проще пазовых.

Наиболее просты в изготовлении открытые кулачки (рис. 7, ж, з, и), применяемые при силовом замыкании. Дисковые и плоские кулачки могут быть обработаны слесарным путем по разметке. Цилиндрические кулачки, которые обычно выполняются накладными, изготавливают из тонкостенной гильзы; они также могут быть обработаны по разметке. Кулачки прикрепляют к барабану болтами, которые с целью обеспечения регулирования положения кулачка пропускают через продолговатые пазы кулачка (рис. 7, з). Осевые усилия, приложенные к кулачку, воспринимаются буртом барабана. В ряде случаев для восприятия осевых усилий в основном барабане вытачивается канавка, в которую входит кольцевой выступ кулачка.

При открытых кулачках прижим толкателя к кулачку (силовое замыкание) и возврат рабочего органа осуществляются обычно пружиной, реже - грузом. При значительной массе перемещающихся звеньев или больших ускорениях последних для поддержания контакта толкателя с кулачком могут потребоваться пружины, развивающие большое усилие и имеющие соответствующие размеры. Такой механизм получился бы громоздким вследствие увеличения размеров как пружин, так и звеньев кулачкового механизма, нагрузки на который в этом случае складываются из сил сопротивления и силы пружины. Поэтому открытые кулачки применяют либо в сравнительно тихоходных кулачковых механизмах, либо в механизмах легких автоматов.

Размеры дисковых кулачков в осевом направлении значительно меньше размеров цилиндрических кулачков при одинаковой величине хода. Поскольку с увеличением длины хода диаметр дисковых кулачков резко возрастает, то при малой длине хода (до 75—100 мм) более компактными обычно получаются кулачковые механизмы с дисковыми кулачками, а при большой длине хода - с цилиндрическими. Выбор того или иного вида кулачков при проектировании кулачковых механизмов зависит также от взаимного расположения кулачков и рабочих органов в пространстве, чем в известной мере предопределяется форма механизмов, передающих движение от кулачка к рабочему органу. При выборе формы кулачка следует также учитывать, что изготовление дисковых кулачков проще, чем цилиндрических.

Дисковые и цилиндрические кулачки закрепляют на распределительных валах, получающих вращательное движение (рис. 8 и 9), плоские — на поступательно движущихся рабочих органах.

На рис. 8, а, б, в приведены примеры крепления дисковых цельных кулачков, а на рис. 8, г - крепление составных кулачков. Посадка кулачка на конусе (рис. 8, в) применяется обычно в точных механизмах.

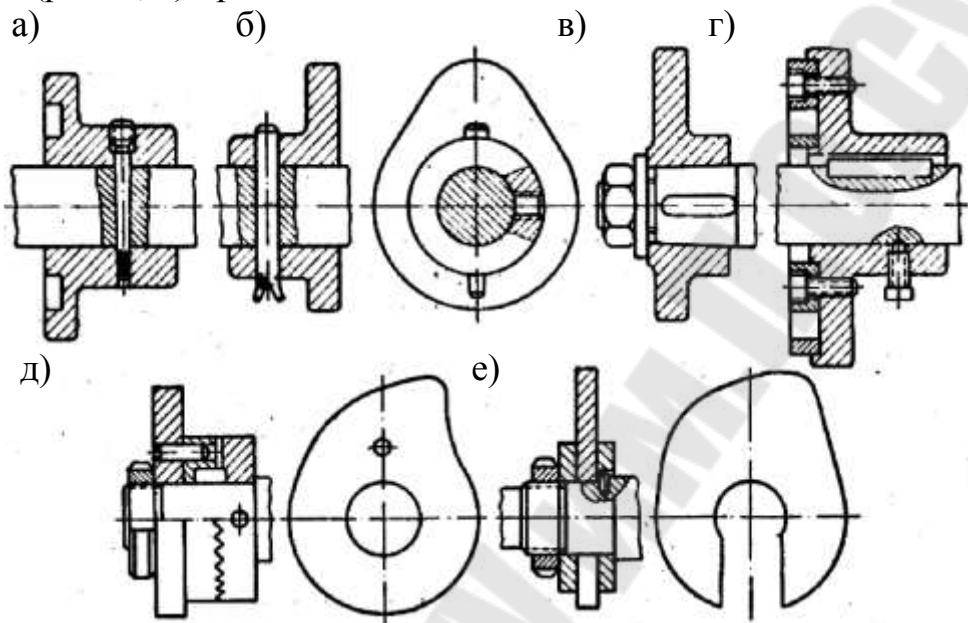


Рис. 8. Примеры крепления дисковых кулачков а)

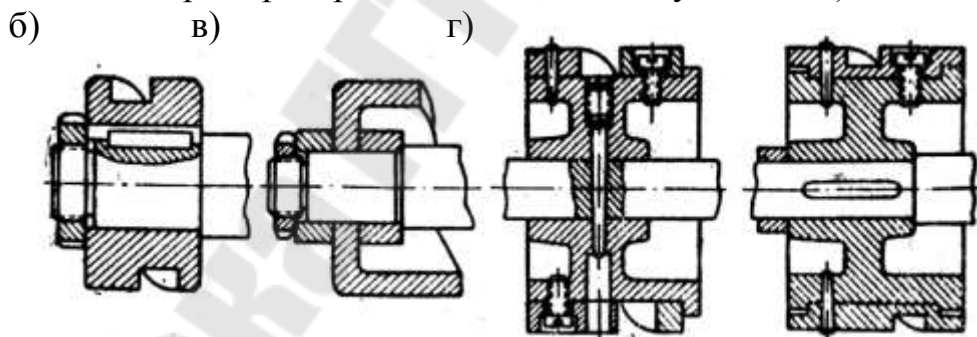


Рис. 9. Примеры крепления цилиндрических кулачков

Крепление сменных дисковых кулачков (рис. 8, д, е) должно обеспечивать легкость и быстроту их монтажа без разборки основных механизмов станка. На рис. 8, д представлен сменный кулачок, которому крутящий момент от вала передается через мелкозубую торцовую муфту и палец, что обеспечивает возможность регулирования положения кулачков (т.к. одна из муфт жестко связана с валом, а вторая – с кулачком при возможности его поворота), а также передавать значительные крутящие моменты.

На рис. 8, е представлен пример закрепления сменного кулачка силовым замыканием (крутящий момент кулачку передается от вала силой

трения, создаваемой затяжкой гайки), что обеспечивает легкость регулирования положения кулачков относительно друг друга, но не гарантирует передачу больших моментов.

На рис. 9, а, б представлены примеры крепления цилиндрических цельных кулачков, а на рис. , в, 9г – крепление составных кулачков.

Толкатели, получающие движение от кулачков, снабжают башмаками, непосредственно контактирующими с профильной поверхностью кулачка. В большинстве случаев применяют роликовые (рис. 10) и остроконечные башмаки (рис. 11, а, б), реже - криволинейные (рис. 11, в).

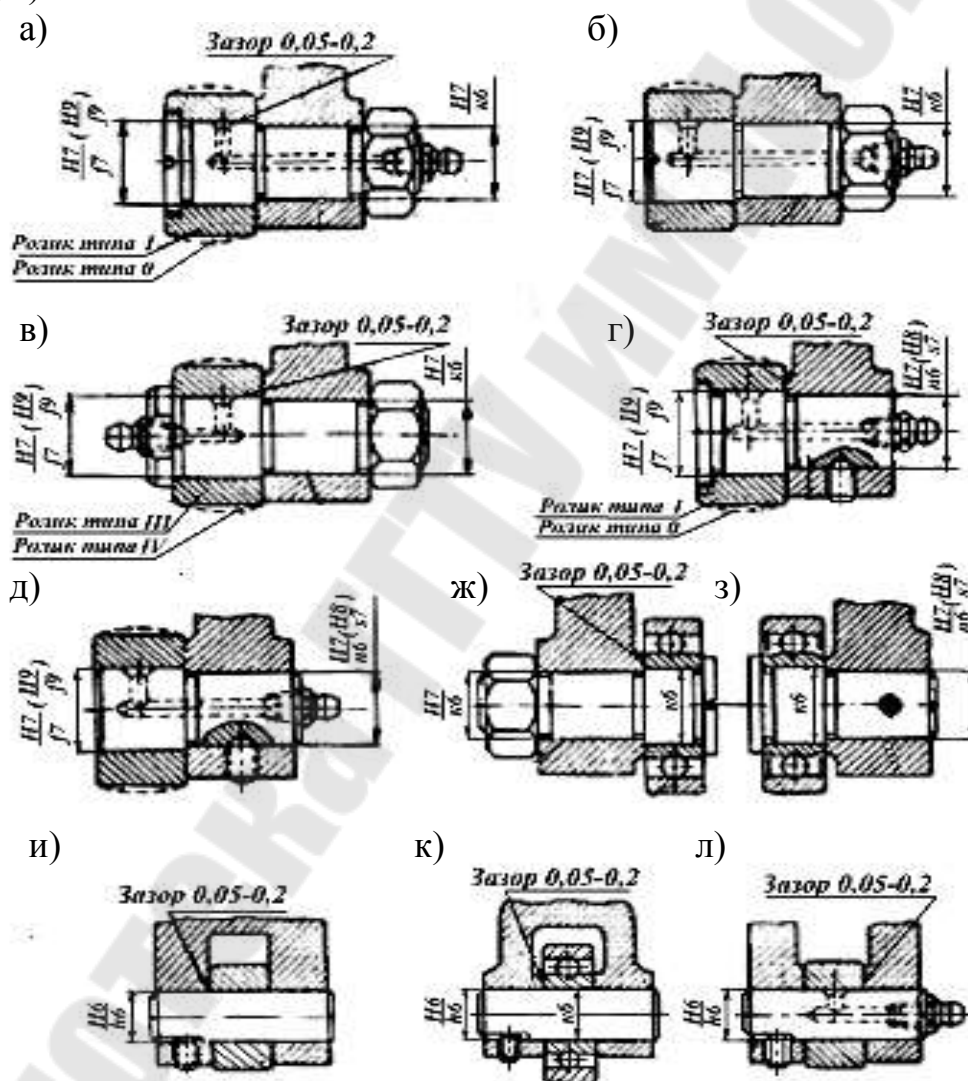


Рис. 10. Типы роликов и осей; их крепление

Роликовые башмаки имеют меньший приведенный коэффициент трения, что позволяет уменьшить углы холостых ходов. При роликовых башмаках возникают значительно меньшие контактные напряжения, чем при остроконечных. Поэтому остроконечные башмаки применяют чаще всего при небольших нагрузках в легких автоматах. Следует заметить, что

использование остроконечных "башмаков" позволяет получить более высокую точность перемещения, так как при этом исключается влияние биения ролика. Этим обуславливается применение остроконечных башмаков в прецизионных автоматах фасонно-продольного точения.

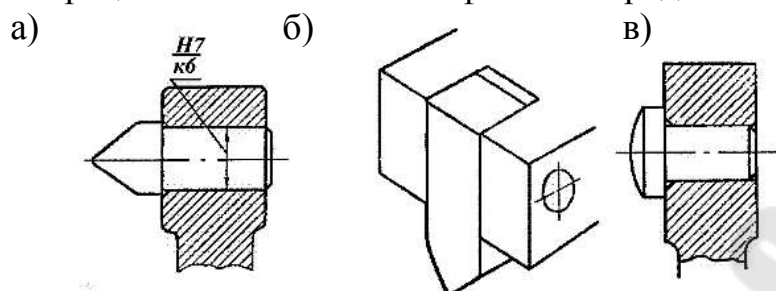


Рис. 11. Примеры остроконечных (а, б) и криволинейных (в) башмаков

Конструкции роликовых башмаков весьма многообразны. При цилиндрических кулачках всех типов и дисковых пазовых кулачках ролики приходится устанавливать на консольно закрепленных пальцах (рис.10, а—з). При открытых дисковых кулачках ось ролика может быть смонтирована на двух опорах (рис. 10, и-л).

Установка роликов на опоры качения уменьшает приведенный коэффициент трения, но увеличивает диаметр ролика и углы холостых ходов. Достаточно компактную конструкцию кулачкового механизма обеспечивает применение игольчатых подшипников

При цилиндрических кулачках ролики выполняют бочкообразными, отклонение дуговой образующей от прямой составляет 0,5—1 мм.

Остроконечные башмаки (рис. 11) могут быть использованы при дисковых и плоских кулачках.

Кулачки изготовляют из сталей цементируемых (20 и 20Х) и сталей закаливаемых (45 и 40Х). В последнем случае кулачки подвергают либо объемной закалке, либо поверхностной закалке токами высокой частоты до твердости HRC 50-58. В ряде случаев для изготовления кулачков применяют высокопрочные чугуны.

Ролики изготовляют из сталей аналогичных марок. Остроконечные башмаки в большинстве случаев снабжают вставками из твердого сплава

4. Регулируемые кулачковые механизмы

Для возможности переналадки станка-автомата на различные виды работ без замены кулачков применяют регулируемые кулачковые механизмы.

Регулирование движения рабочего органа (изменение длины хода, скорости, цикла движения) может быть достигнуто путем:

- а) регулирования элементов кулачкового механизма;
- б) регулирования скорости движения кулачка;
- в) переключения ведомого звена на работу с различными кулачками;
- г) регулирования передаточного отношения от кулачка к рабочему органу;
- д) привода рабочего органа от двух кулачков при регулировании передаточного отношения от одного из кулачков;
- е) регулирования относительного положения кулачка и ведомого звена; применения коноидов.

На рис. 12, а, б представлены схемы регулирования элементов кулачка. Раздвижной дисковый кулачок 1 (рис. 12, а), состоит из двух частей. Профиль каждой части кулачка имеет участок одного и того же радиуса R . Кулачок находится в контакте с роликом 2, ширина которого соответствует сумме толщин обеих частей кулачка. Поворотом одной части кулачка относительно другой и последующим их закреплением в требуемых положениях можно регулировать величину угла α (соответствующего остановке ведомого звена) в определенных пределах.

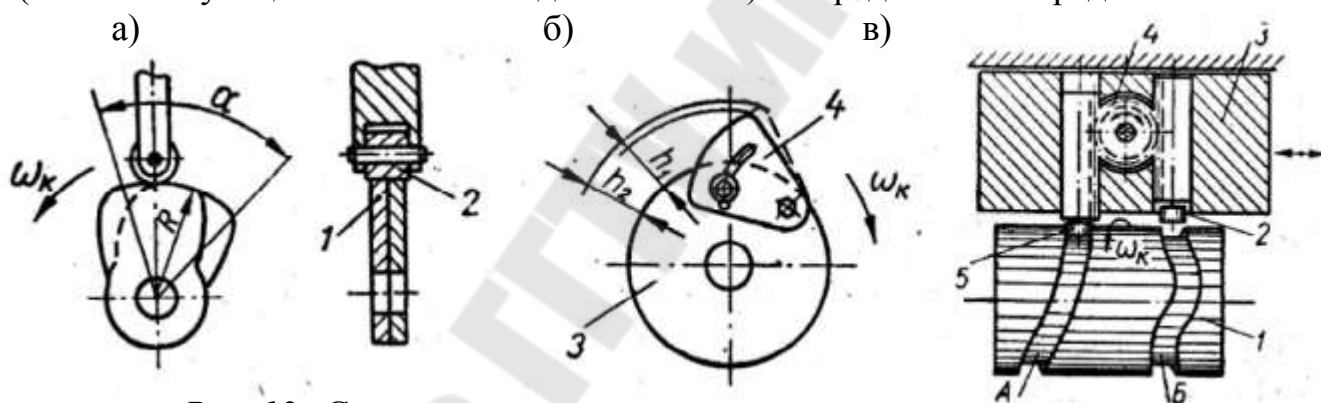


Рис. 12. Схемы регулирования элементов кулачка

На рис. 12, б показан кулачок, состоящий из диска 3, на котором закрепляется поворотный кулачок 4. Регулируя положение кулачка 4, можно увеличивать или уменьшать величину подъема h . Следует отметить, что при этом несколько изменяется закон движения ведомого звена; в начале и конце движения происходят жесткие удары.

Часто кулачок имеет попеременно две скорости вращения: медленную — для выполнения рабочих ходов, регулируемую в соответствии с требованиями технологического процесса, и большую (постоянную) скорость — для выполнения холостых ходов. В случае использования только части величины рабочего хода, предусмотренной кулачком, можно так изменить углы поворота кулачка, соответствующие различным скоростям вращения, чтобы ведомое звено проходило неиспользуемую часть рабочего хода на быстром ходу.

На рис. 12, в представлена схема кулачкового механизма, у которого ведомое звено 3 может при постоянной угловой скорости кулачка 1 иметь два различных цикла движения:

- а) при сопряжении ролика 5 с пазом А кулачка;
- б) при сопряжении ролика 2 с пазом Б. Ролики переключаются поворотом шестерни 4

Известно, что длина рабочего хода L , мм, исполнительного органа, управляемого от кулачка через рычажную передачу определяется по формуле

$$L=ih, \quad (10)$$

где $i = x/l$ - регулируемое передаточное отношение.

Для регулирования передаточного отношения (изменения величины x) в рабочем органе 1 (рис.13) выполнен наклонный паз, в котором устанавливается ползушка 3. Палец ползушки 3 входит в отверстие ползушки 4, находящейся в пазу рычага 2. Наклон паза рабочего звена совпадает с наклоном рычага в крайнем положении, показанном штриховой линией; величина передаточного отношения регулируется в этом положении механизма перемещением ползушки. .

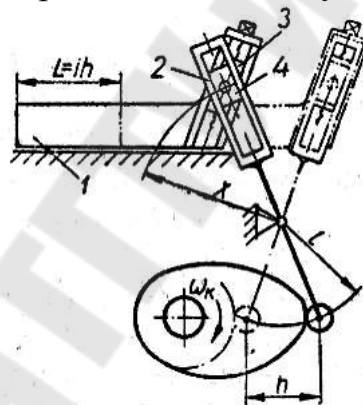


Рис. 13. Механизм регулирования передаточного отношения от кулачка к рабочему органу

Структура отчета

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и порядок выполнения работы.
3. Представить принципиальную схему системы управления заданного преподавателем перемещаемого рабочего органа (суппорта) автомата и описать ее назначение и принцип работы.
4. Нарисовать чертеж закрепления на распределительном валу кулачка механизма управления с указанием размеров и основных характеристик.

5. Представить расчеты основных характеристик кулачкового механизма и сделать вывод о его работоспособности.

Контрольные вопросы

1. Расскажите назначение, устройство и принцип работы СУсРВ.
2. Для чего предназначены рабочие и командные кулачки?
3. Укажите основные характеристики кулачковых механизмов.
4. Какие параметры основных характеристик кулачкового механизма определяют его работоспособность?
5. Приведите формулы проверки работоспособности кулачкового механизма.
6. Приведите примеры различных конструкций кулачковых механизмов и их назначение.
7. Приведите примеры основных типов роликов и их крепление на механизме.

Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

1. Студентам запрещается самостоятельно входить в станочный парк (производственное помещение, в котором размещено действующее оборудование).
2. Студентам запрещается самостоятельно включать станок в электрическую сеть и производить любые виды работ при включенном станке.
3. Демонстрацию работы станка, а также обработку на нем заготовок имеет право производить только учебный мастер или преподаватель с соответствующей формой допуска.
4. В процессе выполнения работы учебный мастер или преподаватель, проводящий лабораторную работу, обязаны постоянно осуществлять контроль за действиями слушателей, находящихся в производственном помещении, особенно при выполнении ими этапов работы.
5. Перед включением станка в сеть учебный мастер или преподаватель обязаны проверить:
 - наличие и надежность закрепления заземления;
 - надежность закрепления инструмента и инструментальных блоков;
 - надежность установки и крепления настраиваемых узлов и деталей;
 - надежность закрепления заготовки.
6. Перед пуском станка должны быть установлены и закреплены все ограждающие и защитные устройства, а студенты занять удобное для обзора и безопасное место.

7. При любой, даже непродолжительной остановке станка, производить полное его отключение от питающих сетей.

8. Запрещается производить измерение детали во время работы станка.

9. Запрещается опираться на оборудование и находится в зоне действия подвижных органов станка.

Литература

1. Лепший А. П., Михайлов М.И. Методические указания к лабораторным и практическим работам по курсам «Системы управления станками и станочными комплексами», «Металлорежущие станки и промышленные роботы», «Станочное оборудование». Ч. 1. – Гомель, ГПИ, 1992. – Ч. 2. – ГПИ, 1995.

2. Михайлов М. И., Кириленко В. П., Лепший А. П. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Системы управления технологическим оборудованием» для студентов специальности 1-36 01 03с «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013.

3. Металлорежущие станки и автоматы / под. ред. А. С. Проникова. М. : Машиностроение, 1981. – 479 с.

4. Сафро Е. С. Наладка одношпиндельных токарно-револьверных автоматов : справочник. Л. : Машиностроение, 1983. – 200 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

«Основы программирования обработки деталей на станках с ЧПУ»

Цель работы: изучить системы координат станка, детали, инструмента, научиться устанавливать нулевую точку заготовки и траекторию инструмента, приобрести навык в ручном составлении управляющей программы для обработки детали

Порядок выполнения работы:

1. Изучить расположение систем координат станка с ЧПУ и основные точки станка, детали и инструмента.
2. Установить нулевые точки заготовки на токарном и (или) фрезерном станках с ЧПУ (по указанию преподавателя).
3. Получить у преподавателя чертеж детали для разработки управляющей программы и изучить его.
4. Разработать РТК с расчетом координат опорных точек и траектории движения инструмента.
5. Записать управляющую программу.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Система координат станка, детали, инструмента

Работа станка с ЧПУ тесно связана с системами координат. Различают системы координат станка, заготовки (детали) и инструмента.

1.1. *Система координат станка.* Для станков с ЧПУ принята единая система координат, рекомендуемая Международной организацией по стандартизации (ISO), - прямоугольная система координат. Число координатных осей, их расположение в пространстве и начало отсчета (нулевая точка станка) устанавливается производителем станка и не подлежит изменению пользователем. Система координат станка является основной расчетной системой для ЧПУ, в которой определяются предельные перемещения, начальные и текущие положения исполнительных органов станка.

Для удобства программирования процесса обработки в станках с ЧПУ принято координатные оси всегда ориентировать параллельно направляющим станка. В зависимости от типа станка расположение осей координат в пространстве может быть различным, но существуют следующие общие правила:

1. Ось Z всегда совмещена с осью вращения шпинделя. Ее положительное направление всегда совпадает с направлением перемещения от устройства крепления заготовки к режущему инструменту.

2. Если в системе координат станка имеется хотя бы одна ось, расположенная горизонтально и не совпадающая с осью вращения шпинделя, то это обязательно ось X.

3. Если ось Z расположена горизонтально, то положительным направлением оси X считается направление перемещения вправо, если встать к левому – относительно передней плоскости – торцу станка. (Передняя плоскость станка – сторона, с которой располагается пульт и основные органы управления станком).

4. Если ось Z расположена вертикально, то положительным направлением оси X считается направление перемещения вправо, если встать лицом к передней плоскости станка.

5. Положительное направление оси Y определяется по одному из следующих правил:

- смотря вдоль оси Z в положительном направлении, мысленно повернуть ось X на 90° по часовой стрелке вокруг оси Z.

- правило правой руки: если мысленно поместить ладонь правой руки в начало координат таким образом, чтобы ось Z выходило из ладони перпендикулярно ей, а отогнутый под углом 90° к ладони большой палец показал положительное направление оси X, то указательный палец будет показывать положительное направление оси Y (рис.1, а).

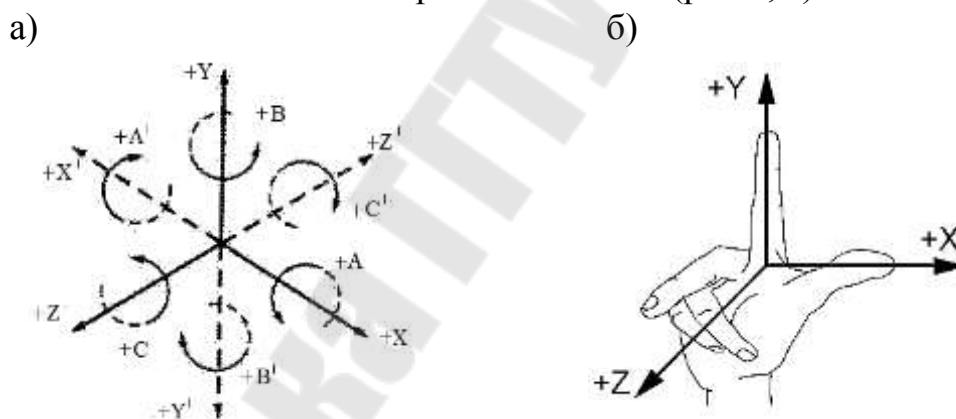


Рис. 1. Расположение осей координат в станках с ЧПУ (а) и правило правой руки (б)

Оси X, Y, Z называются первичными и расположены ближе к шпинделю. Вторичные оси U, V, W параллельны первичным, третичные обозначают буквами P, Q, R. Углы поворота вокруг первичных осей обозначаются A, B, C (соответственно для поворота вокруг осей X, Y, Z) (рис.1, б), дополнительные углы поворота – буквами D и E. Положительным направлением считается вращение по часовой стрелке при взгляде вдоль положительного направления соответствующей оси. При перемещении детали (а не инструмента) положительные значения изменяют направление, их обозначают буквами X', Y', Z' и т. Д.

По технологическим признакам и возможностям станки с ЧПУ классифицируются по группам, а также как универсальные станки. При этом в зависимости от компоновки станка с ЧПУ меняется вид и пространственное расположение его системы координат.

Примеры расположения осей координат в станках с ЧПУ представлены на рис.2.

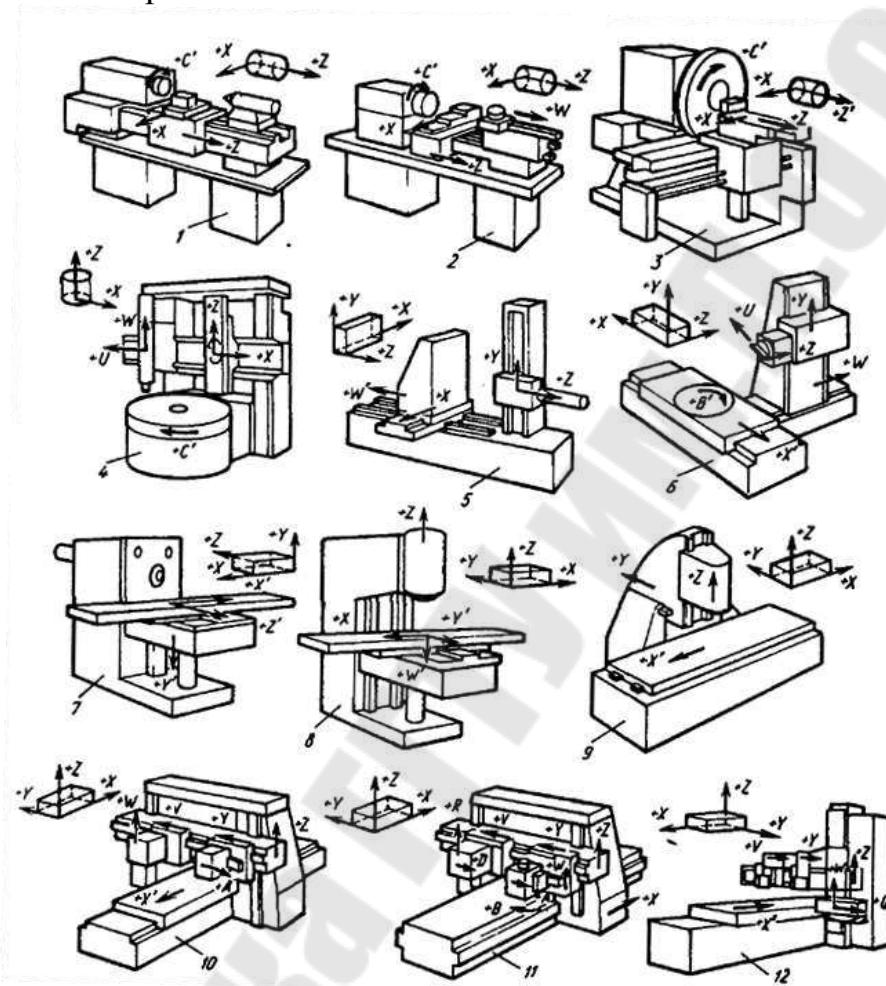


Рис. 2. Примеры расположения осей координат в станках с ЧПУ:







- 1 – токарно-винторезном, 2 – токарно-револьверном. 3 – лоботокарном, 4 – токарно-карусельном. 5, 6 – горизонтально-расточном, 7 – консольно-фрезерном горизонтальном, 8 – консольно-фрезерном вертикальном, 9 – продольно-фрезерном вертикальном, 10 – продольно-фрезерном двухстоечным, 11 – продольно-фрезерном с подвижным порталом, 12 – одностоечном продольно-строгальном

Точка, представляющая собой начало отсчета координатной системы станка, называется нулем станка или нулевой точкой станка.

Нулевые и исходные точки основных систем координат,

используемых при работе на станках с ЧПУ, как правило, имеют специальные обозначения, с помощью которых указывается их расположение на пульте станка или на эскизах технологической документации. Эти обозначения обычно состоят из пиктограммы или прописной буквой латинского алфавита. К сожалению, в отечественных государственных стандартах эти обозначения не определены. В отечественной технической литературе по ЧПУ у разных авторов нулевые точки основных систем координат обозначены по разному – в зависимости от того, какую систему ЧПУ они принимают за основу. В табл. 1 представлена система условных обозначений нулевых и исходных точки основных систем координат. Принятая в Германии, которая является европейским лидером по станкам с ЧПУ.

Таблица 1. Основные точки систем координат и их обозначение

Пиктограмма	Буквенное обозначение	Значение основной точки
	M	Нулевая точка станка (нуль станка, машинная нулевая точка)
	R	Исходная точка станка (относительная нулевая точка)
	W	Нулевая точка заготовки (нулевая точка детали)
	E	Нулевая точка инструмента (исходная точка инструмента)
	B	Точка установки инструмента
	N	Точка смены инструмента

Нулевая точка станка M является исходной точкой системы координат, относящаяся к данному станку. Положение этой точки на станке устанавливается производителем и не подлежит изменению. Обычно точку M совмещают с базовой точкой исполнительного органа, несущего заготовку, находящегося в положении, при котором все перемещения исполнительных органов будут находиться в области положительных значений координат. Как правило, у токарных станков точка M располагается на оси вращения шпинделя на его базовом торце (рис.3,а), у вертикально-фрезерных станков (рис.3,б) – на левом углу рабочего стола с лицевой стороны станка.

Исходная точка станка R используется для контроля над перемещениями исполнительных органов станка при отсчете перемещений в приращениях (в относительной системе координат). Координаты точки R имеют постоянное значение относительно точки M, при этом положение точки R по каждой оси координат фиксируется датчиком и учитывается

управляющей программой. С помощью точки R устанавливается связь между нулевой точкой M и точкой автоматического выхода в нуль следящих приводов подач после каждого включения и выключения питания станка. После включения питания на станке для калибровки системы отсчета относительных перемещений необходимо по каждой оси координат вывести исполнительные органы в точку R.

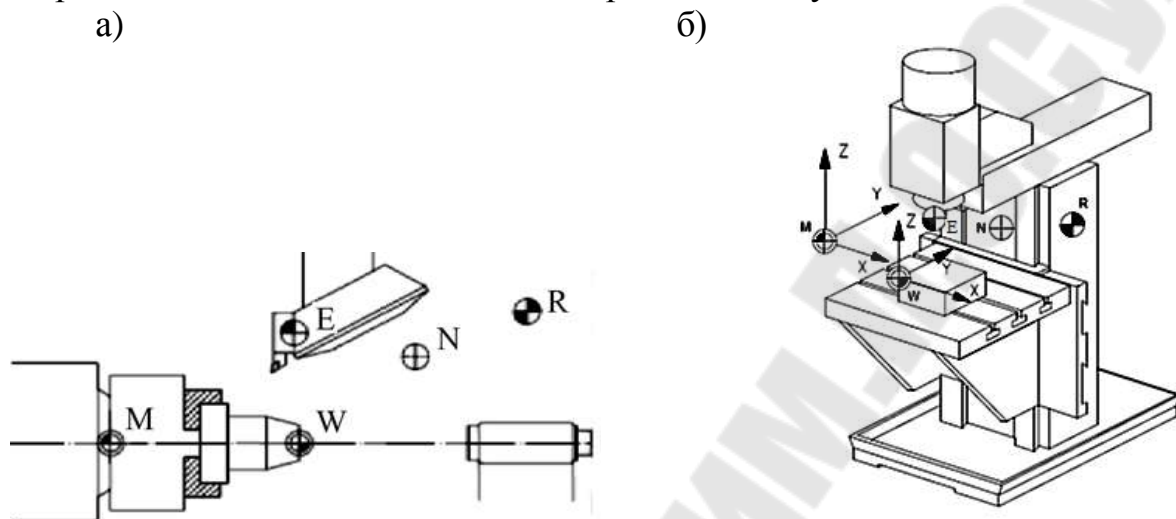


Рис. 3. Расположение нулевых точек на токарном (а) и вертикально-фрезерном (б) станках с ЧПУ

1.2. Координатная система заготовки. Система координат заготовки (детали) является главной системой для программирования обработки и назначается чертежом или эскизом технологической документации. Она имеет свои оси координат и свое начало отсчета, относительно которого определены все размеры детали и задаются координаты всех опорных точек контуров детали. Опорными точками в этом случае считаются точки начала, конца и пересечения или касания инструмента на технологических переходах. Точка начала отсчета координатной системы заготовки называется *нулем заготовки (детали)* или *нулевой точкой заготовки (детали)* W. Ее расположение в системе координат станка назначается свободно, исходя из особенностей процесса обработки данной заготовки. Из практических соображений обычно стремятся к совмещению точки W с началом отсчета размеров на чертеже. В этом случае при составлении управляющей программы можно использовать размерные данные непосредственно с чертежа. Например, при токарной обработке (рис.4, а,б) точку W, как правило, назначают по оси вращения шпинделя по левому или правому торцу заготовки (в зависимости от относительного расположения инструмента) (см. рис.б.а,б). Расположение точки W в процессе обработки одной заготовки может меняться, если, например, заготовка обрабатывается с двух сторон.

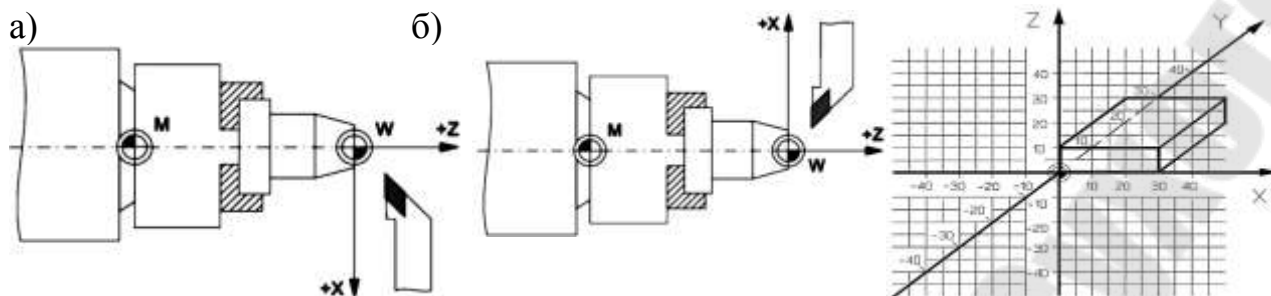


Рис. 4. Расположение нулевой точки заготовки при обработке на токарном (а, б) и фрезерном (в) станках с ЧПУ

На чертежах фрезерных деталей за базу простановки размеров обычно принимают один из углов ее наружного контура (рис.4,в). Этот же угол рекомендуется выбирать для назначения нулевой точки заготовки W при составлении управляющей программы для фрезерной обработки.

1.3. *Координатная система инструмента.* Система координат инструмента предназначена для задания положения его режущей части относительно державки в момент обработки. Началом отсчета координатной системы инструмента является точка, от которой начинается запрограммированное перемещение рабочего инструмента. Эта точка называется *нулем инструмента* или *нулем обработки*. Как правило, координаты нуля обработки задаются в координатной системе детали, но при этом координаты нуля обработки могут не совпадать с нулем детали. При разработке технологического процесса обработки детали на станке с ЧПУ необходимо определить исходную точку перемещений, с которой начинается выполнение команд управляющей программы. Наиболее желательно такое расположение исходной точки перемещений, при котором она совпадает с нулем инструмента, а координатные оси детали и станка параллельны друг другу. В этом случае процесс программирования траектории перемещения исполнительных органов станка значительно упрощается и, следовательно, снижается вероятность появления ошибок в управляющей программе.

Нулевая точка инструмента E является базовой точкой элемента станка, несущего державку с инструментом. Положение этой точки на станке устанавливается производителем и не подлежит изменению. Обычно нулевая точка инструмента располагается:

- у токарных станков – на пересечении оси державки револьверной головки и торца револьверной головки;
- у фрезерных станков – на пересечении оси шпинделя и его торца.

При проведении наладки станка расположение вершины режущей части закрепленного в державке инструмента должно быть точно измерено или выставлено относительно нулевой точки инструмента. Вершина режущей части инструмента характеризуется радиусом закругления R и

координатами расположения теоретической вершины P в координатной системе инструмента (рис.5). Настройка инструмента производится либо на самом станке – обычно при помощи оптической измерительной системы, либо вне станка – при помощи специального приспособления для установки инструментов. Если настройка производится на самом станке, то данные измерений координат вершины режущей части инструмента заносятся автоматически в систему ЧПУ станка с помощью клавиш пульта управления. При настройке инструмента вне станка используется еще одна исходная точка, относящаяся к координатной системе инструмента. Это точка *установки инструмента* B . Она используется в том случае, когда державка с инструментом не установлена на станке, например, при наладочных работах вне станка. При установке державки с инструментом на станке точка B , как правило, совмещается с нулевой точкой инструмента E (рис.5).

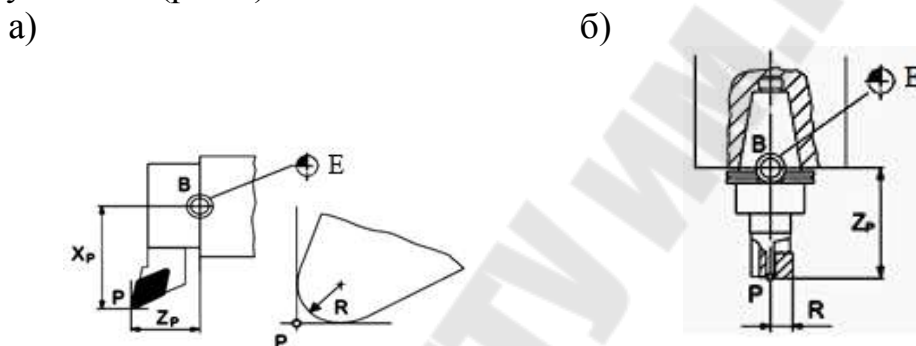


Рис. 5. Расположение точки установки (B) и нулевой точки (N) на токарном (а) и фрезерном (б) станках с ЧПУ

Точка смены инструмента (N) является координатной точкой в рабочем пространстве станка, в которой происходит смена одного инструмента на другой. В большинстве систем ЧПУ положение точки замены инструмента является переменной величиной и назначается при составлении управляющей программы.

2. Установка нулевой точки заготовки

2.1. *Установка нулевой точки заготовки W на токарном станке с ЧПУ.* Нулевая точка заготовки W при работе на токарном станке с ЧПУ обычно располагается на оси шпинделя на некотором удалении от нулевой точки станка M , т.е. в системе координат токарного станка, как правило, $X_w=0$. Величина смещения точки W относительно точки M по оси Z является в значительной степени произвольной и зависит во многом от квалификации разработчика программы. Желательно, чтобы нулевая точка заготовки была совмещена с нулевой точкой детали на чертеже. В этом случае можно непосредственно использовать указанные на чертеже

размерные цепи при составлении управляющей программы.

Расположение нулевой точки заготовки задается относительно нулевой точки станка М. Нуль токарного станка в стандартной системе координат располагается на оси вращения шпинделя на его базовом торце (рис.6).

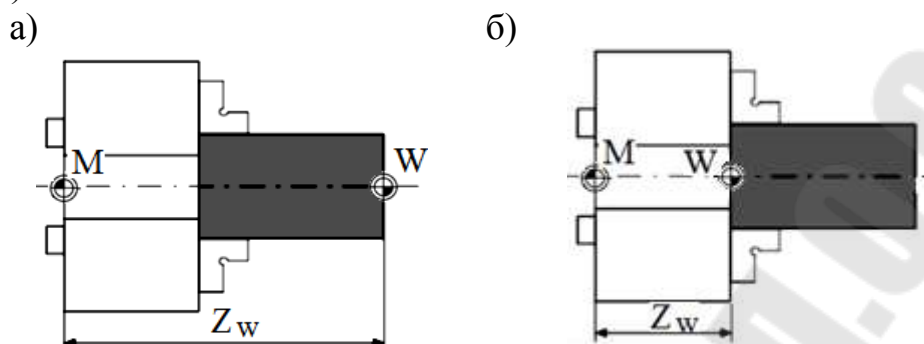


Рис. 6. Схема установки нулевой точки заготовки на токарном станке с ЧПУ

Расстояние между нулем станка М и нулем заготовки W называется смещением нуля отсчета и обозначается Z_w . Численное значение смещения нуля отсчета должно быть обязательно учтено в управляющей программе.

Последовательность действий при установке нулевой точки заготовки.

Предварительные условия для установки:

- геометрические размеры режущей части необходимых для обработки режущих инструментов измерены и учтены в управляющей программе;
- отобранные инструменты закреплены в зажимных устройствах револьверной головки и выставлены в поперечном направлении;
- вылеты инструментов относительно револьверной головки измерены и учтены в управляющей программе;
- заготовка должным образом закреплена в шпинделе станка.

1) Убедиться, что при повороте револьверной головки исключено столкновение инструментов с закрепленной заготовкой и деталями станка.

2) Включить вращение шпинделя, выбрав направление вращения, соответствующее расположению режущих инструментов относительно закрепленной заготовки.

3) При помощи соответствующей команды с управляющего пульта переместить один из закрепленных в револьверной головке резцов (например, подрезной) в рабочее положение.

4) Осторожно подвести рабочий инструмент к свободной от шпинделя наружной торцевой поверхности заготовки либо при помощи ручного управления, либо при помощи соответствующих клавиш на пульте станка. Коснуться вершиной режущей части инструмента

поверхности вращающейся заготовки до появления заметного визуально следа и остановить перемещение инструмента.

5) Определить по системе индикации ЧПУ текущее положение суппорта станка по оси Z.

6) Ввести данное значение координаты в качестве смещения нуля отсчета в систему ЧПУ и нажать обнуление системы отсчета координат. Если необходимо учесть припуск на обработку торцевой поверхности заготовки, то его рекомендуется учесть заранее вводом координаты текущего положения суппорта в систему ЧПУ, внося соответствующую коррекцию в численное значение этой координаты.

2.2. Установка нулевой точки заготовки на фрезерном станке с ЧПУ. Нулевая точка заготовки W при работе на фрезерном станке с ЧПУ может располагаться в любом месте в пределах рабочей зоны станка. Желательно, чтобы. Как и в случае токарной обработки, нулевая точка заготовки была совмещена с нулевой точкой детали на чертеже.

Для упрощения разработки управляющей программы при выборе координат расположения нулевой точки заготовки и ориентации ее координатной системы рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

- нуль заготовки назначать таким образом, чтобы все или как можно большая часть опорных точек имели положительные значения координат;
- координатные оси заготовки совмещать с осями симметрии детали или с выносными линиями, относительно которых проставлено наибольшее количество размеров;
- координатные плоскости заготовки совмещать с поверхностями технологических баз или располагать параллельно;
- направление осей координат заготовки совмещать с напылением осей координат станка.

В качестве примера рассмотрим вариант назначения нулевой точки заготовки, закрепленной на рабочем столе вертикально-фрезерного станка, который соответствует вышеперечисленным критериям.

Расположение нулевой точки заготовки задается относительно нулевой точки станка M. Нуль вертикально-фрезерного станка с ЧПУ в стандартной системе координат располагается обычно над левым краем рабочего стола с лицевой стороны станка (см. рис.3,б и 4,в). Расстояние между нулем станка M и нулем заготовки W называется смещением нуля отсчета, определяется как смещение по каждой из трех осей координат и обозначается как X_w , Y_w , и Z_w . Численные значения смещения нуля отсчета должны быть обязательно учтены в управляющей программе.

Последовательность действий при установке нулевой точки заготовки.

Предварительные условия для установки:

- геометрические размеры режущей части необходимых для обработки режущих инструментов измерены и учтены в управляющей программе;

- отобранные инструменты закреплены в устройстве автоматической смены инструмента;

- вылеты инструментов относительно устройства автоматической смены инструмента учтены в управляющей программе (если станок не укомплектован устройством коррекции вылета инструмента);

- заготовка установлена и надежно закреплена на рабочем столе в положении, при котором ее оси координат параллельны осям координат станка;

- первый по порядку применения инструмент установлен и закреплен в шпинделе;

- вращение шпинделя включено.

Установка нулевой точки заготовки по оси Z (рис. 7,а):

1) Убедиться, что нижний торец рабочего инструмента гарантированно расположен выше верхней поверхности заготовки.

2) При помощи ручного управления или соответствующих клавиш на пульте станка переместить заготовку в плоскости XY под режущий инструмент.

3) Осторожно подвести рабочий инструмент к верхней плоскости заготовки, коснуться поверхности заготовки вершиной режущей части инструмента до появления заметного визуального следа и остановить перемещение инструмента.

4) Определить по системе индикации ЧПУ текущее значение положения шпинделя станка по оси Z.

5) Ввести данное значение координаты в качестве смещения нуля отсчета в систему ЧПУ и нажать клавишу обнуления системы отсчета координат. Если необходимо учесть припуск на обработку верхней плоскости заготовки, то его рекомендуется учесть заранее перед вводом координаты текущего положения шпинделя в систему ЧПУ, внося соответствующую коррекцию в численное значение этой координаты.

Установка нулевой точки заготовки по оси X (рис. 7,б):

1) При помощи ручного управления или соответствующих клавиш на пульте станка переместить рабочий инструмент вверх по оси Z на высоту, исключая его соприкосновение с заготовкой.

2) Переместить заготовку вдоль оси X в сторону отрицательных значений координат в положение, при котором диаметральный габарит режущей части рабочего инструмента с гарантированным зазором выходит за габарит заготовки в указанном направлении.

3) Переместить рабочий инструмент по оси Z вниз до положения, при котором режущая часть инструмента будет расположена ниже верхней

плоскости заготовки.

4) Осторожно подвести рабочий инструмент по оси X к боковой поверхности заготовки, коснуться поверхности заготовки вершиной режущей части инструмента до появления заметного визуально следа и остановить перемещение инструмента.

5) Определить по системе индикации ЧПУ текущее значение положения шпинделя станка по оси X.

6) Пересчитать данное значение координаты с учетом радиуса режущей части инструмента и внести полученное значение в систему ЧПУ в качестве смещения нуля отсчета. Например, если радиус фрезы равен 15мм, то в систему ЧПУ вносится значение $X_w = -15$.

7) Нажать клавишу обнуления системы отсчета координат на пульте управления станка.

Установка нулевой точки заготовки по оси X (рис.7,в).

Порядок установки нулевой точки заготовки по оси Y полностью идентичен порядку установки по оси X.

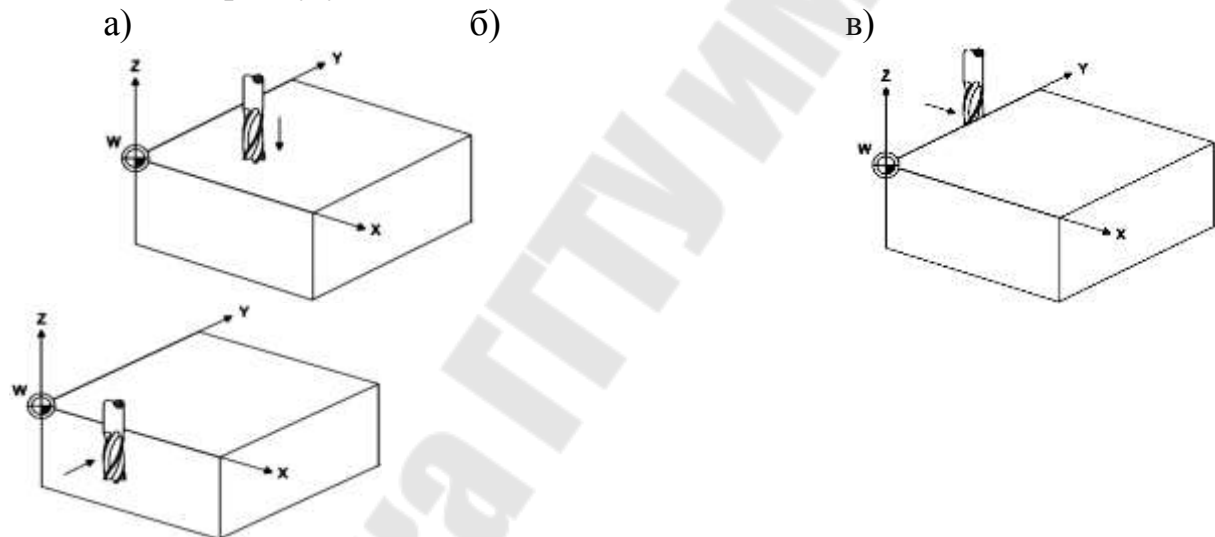


Рис. 7. Установка нулевой точки заготовки по оси Z (а), по оси X (б) и по оси Y (в)

2. Расчет элементов контура детали и траектории инструмента

При обработке детали инструмент и заготовка перемещаются относительно друг друга по определенной траектории.

Программа обработки детали описывает движение определенной точки инструмента – его центра (P). Для концевой фрезы со сферическим торцом это центр полусферы, для концевой цилиндрической фрезы, сверла, зенкера, развертки – центр основания, для резцов – центр дули окружности при вершине и т.д. (рис.8). Если принять, что радиус инструмента во время обработки детали по контуру остается постоянным, то траектория центра инструмента при контурной обработке является эквидистантой

контуру детали (рис.8,а-е). Однако это встречается не всегда. Траектория движения центра инструмента может существенно отличаться от линий контура детали (рис.8, ж-л), т.к. в противном случае эквидистантное перемещение инструмента или перемещение инструмента точно по контуру привело бы к погрешности обработки. Поэтому в ряде случаев под эквидистантой понимают такую траекторию движения центра инструмента, при которой обеспечивается обработка заданного контура.

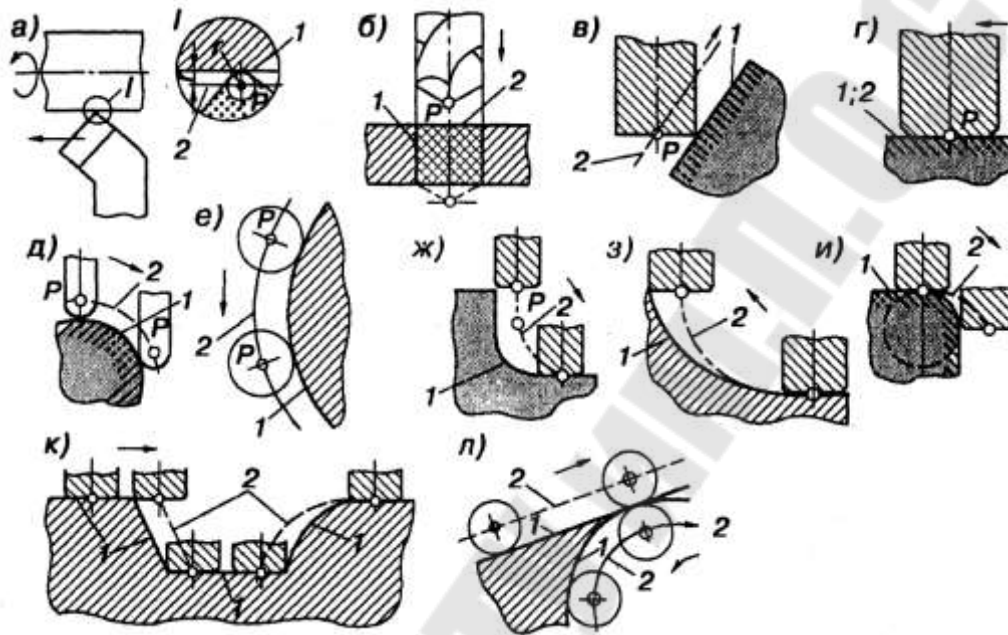


Рис. 8. Схема траекторий центра инструмента:

1 – контур детали; 2 – траектория движения центра инструмента

Движение по эквидистанте относится только к траектории рабочих ходов. Перемещения центра инструмента при обработке детали могут быть также подготовительными и вспомогательными, характер которых зависит от задаваемого в начале программирования положения исходной точки (нуля программы), от расположения приспособления и т.д.

Для полной обработки детали траектория движения центра инструмента должна быть непрерывной. Поэтому в практике программирования траекторию инструмента представляют состоящей из отдельных, последовательной переходящих друг в друга участков, причем эти участки могут быть или участками контура детали, или участками эквидистанты.

В любом случае участки траектории движения центра инструмента и траекторию в целом удобно представить графически, исходя из зафиксированного определенным образом положения контура обрабатываемой детали (рис.9).

В определенной системе координат контур детали и траектория перемещения центра инструмента относительно этого контура могут быть

представлены геометрическими элементами с опорными точками, заданными координатами или в пространстве или на плоскости (рис.9). На траектории движения центра инструмента могут быть назначены также технологические опорные точки, т.е. где изменяются какие-то технологические параметры, например, подача инструмента, точки временного останова с указанием времени останова и т.д.

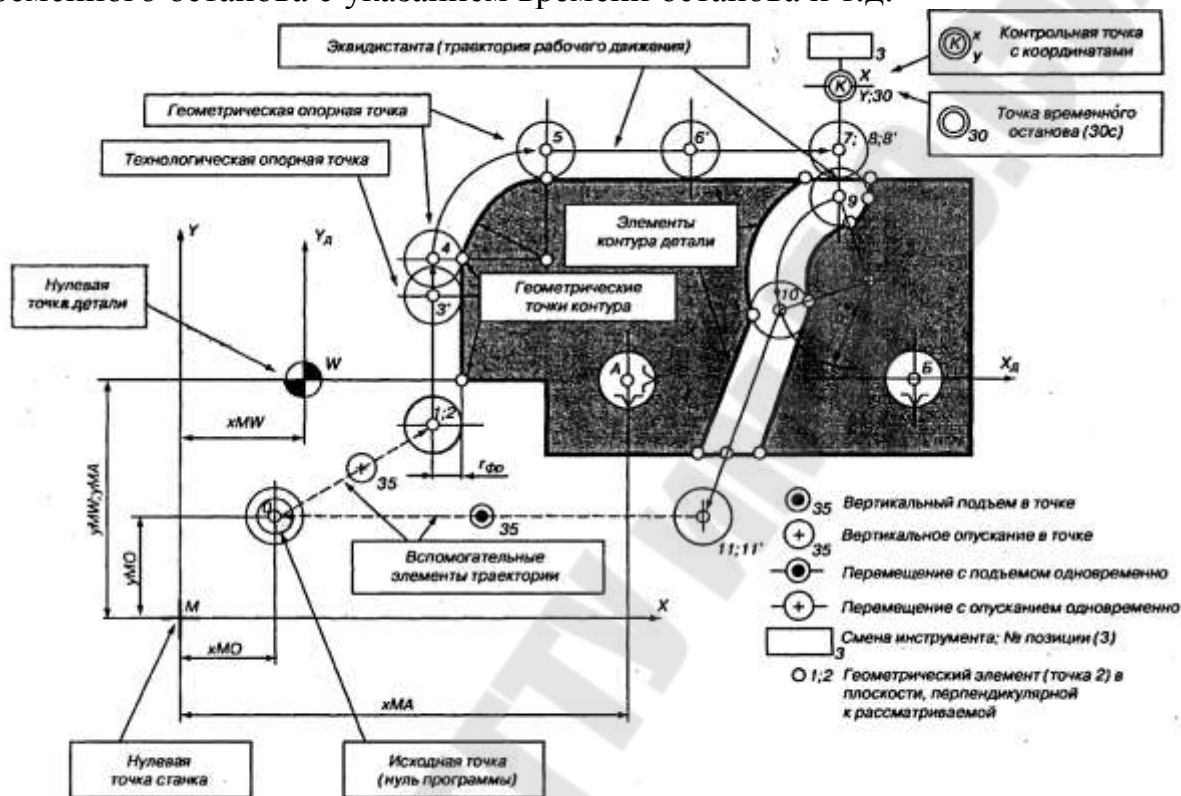


Рис. 9. Элементы траектории инструмента при программированной обработке на фрезерном станке с ЧПУ:
 $X_M Y_M$ – координатная система станка; $X_d Y_d$ – координатная система детали

Опорные точки на траектории движения инструмента позволяют представить эту траекторию как определенную последовательность точек, проходимых центром инструмента (рис.9) при обработке детали. Каждое из положений (каждая опорная точка) в выбранной системе координат может быть определено числами (например, координатами). Сочетание таких чисел, определяющих ряд последовательных положений инструмента, или, иначе ряд опорных точек траектории, и будет представлять основную часть программы работы станка, выраженную в числовом виде (рис.10).

а)

б)

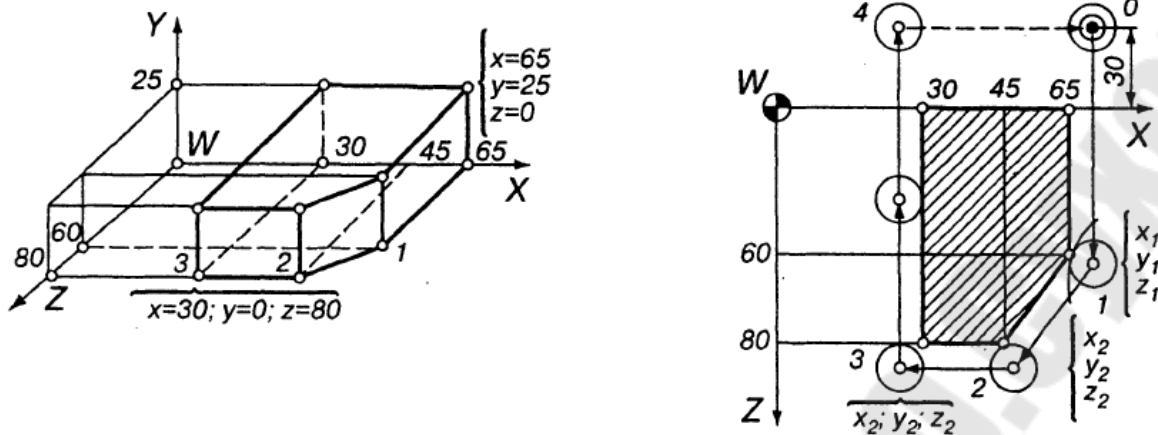


Рис. 10. Схема определения координат опорных точек контура детали (а) и траектория движения центра инструмента (б)

В начале программирования в системе координат детали $X_d Y_d Z_d$ задают положение базовых элементов заготовки (рис.11,а). Относительно нуля детали (точка W) задаются при программировании положение всех опорных точек, определяющих траекторию движения центра инструмента при обработке. При установке детали на станок (рис.11,б) положение нуля детали (точка W) будет зафиксировано относительно координатной системы станка XYZ координатами x_{MW} , y_{MW} , z_{MW} . Система $Z_u N X_u$ определяет координатную систему инструмента (рис.11,б).

а)

б)

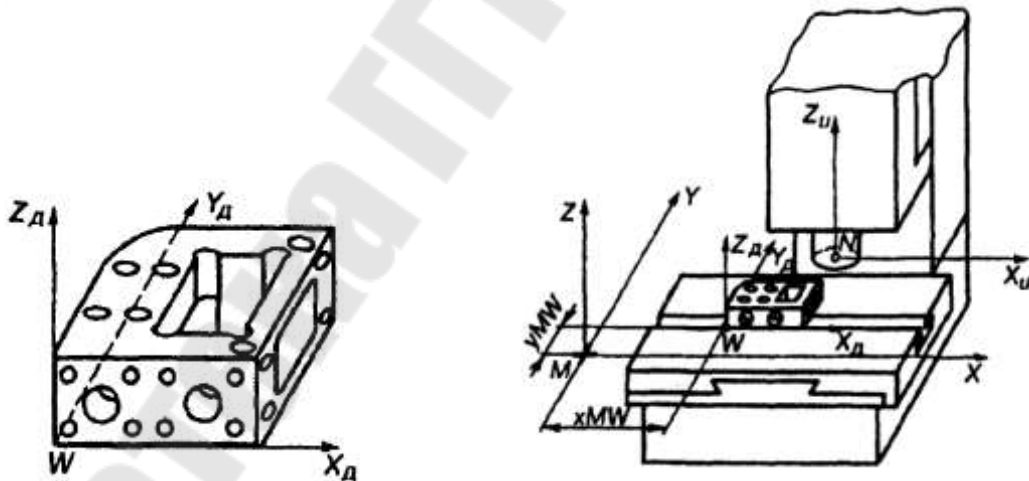


Рис. 11. Схема расположения детали на станке:

а – деталь в системе координат детали; б – размещение детали на станке

Таким образом, начальный этап представления траектории обработки детали связан с получением координат опорных точек траектории. Эти координаты могут быть выражены абсолютными размерами, т.е. для каждой опорной точки заданными относительно

нулевой точки станки или детали (рис.12,а), или задаваться в виде приращений в направлении движения инструмента от одной опорной точки к другой (рис.12,б). При записи управляющей программы способ задания координат кодируется буквенно-цифровыми символами G90 (абсолютные координаты) и G91 (размеры в приращениях).

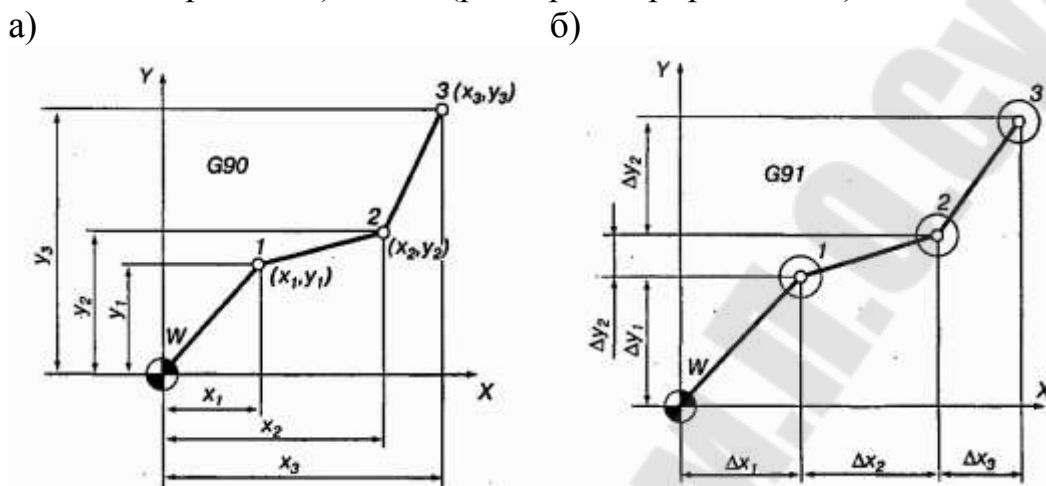


Рис. 12. Способы задания координат опорных точек:

а – абсолютные размеры; б – размеры в приращениях

Задание координатами точек траектории движения центра инструмента зависит во многом от способа задания размеров детали (рис.13).

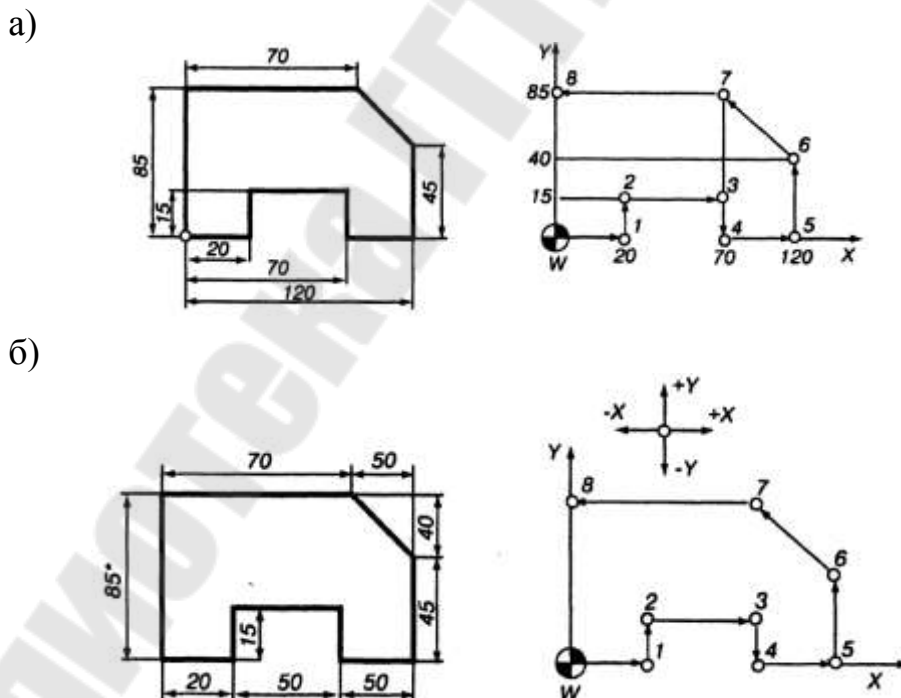


Рис. 13. Схемы задания размеров детали:

а – абсолютные размеры (x,y), б – относительные размеры (Δx, Δy)

Расчет траектории инструмента при ручном программировании

состоит прежде всего в определении координат опорных точек на контуре детали и (если траектория является эквидистантной к обрабатываемому контуру) на эквидистанте. При этом предполагается, что принятую траекторию, фиксированную опорными точками, при обработке последовательно обходит центр инструмента.

Координаты опорных точек контура детали определяют используя заданные на чертеже детали размеры, вычисляют с помощью уравнений, описывающих геометрические элементы контура детали, и соотношений в треугольниках. В процессе программирования контурной обработки решаются задачи определения координат опорных точек, лежащих на прямых, окружностях и пересечениях этих элементов.

Прямые линии описываются уравнением $y=kx+b$, представление которого зависит от исходных данных. В уравнении прямой k – угловой коэффициент, равный тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс; b – начальная ордината, равная ординате точки пересечения прямой с осью ординат (рис. 14, а). Например, при начальной ординате $b=15\text{мм}$ и угле $\alpha_1=35^\circ$ уравнение прямой (Пр01) будет иметь вид $y=kx+b=x\text{tg}35^\circ+15=0,7x+15$.

Пользуясь этим уравнением, нетрудно для любой точки прямой определить одну координату по заданной другой. Например, при известной абсциссе $x_1=30\text{мм}$ ордината точки Тк01 будет $y_1=0,7 \cdot 30+15=36\text{мм}$. При $x_2=45\text{мм}$ ордината $y_2=0,7 \cdot 45+15=46,5\text{мм}$

Уравнение прямой можно составить и по другим данным:

- по известным координатам одной точки и углу наклона прямой:

$$y=k(x-x_T)+y_T.$$

Например, если координата точки Тк02 $x_2=45\text{мм}$ и $y_2=46,5\text{мм}$, а угол $\alpha_1=35^\circ$, то уравнение прямой Пр01 имеет вид:

$$y=k(x-x_2)+y_2=\text{tg}35^\circ(x-45)+46,5=0,7x-0,7 \cdot 45+46,5=0,7x+15.$$

- по известным координатам (x_1, y_1) и (x_2, y_2) двух заданных точек:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1.$$

Например, при точках Тк01 (30; 36) и Тк02 (45; 46,5) уравнение прямой Пр01 имеет вид:

$$y = \frac{46,5 - 36}{45 - 30} (x - 30) + 36 = 0,7(x - 30) + 36 = 0,7x + 15.$$

Координаты (x_T, y_T) точки пересечения двух прямых определяются решением системы уравнений, описывающих эти прямые: $y=k_1x+b_1$, $y=k_2x+b_2$. Их значения определяются по формулам: $x_T=(b_2-b_1)/(k_1-k_2)$; $y_T=k_1x_T+b_1$.

Например, для прямых Пр01 и Пр02 (рис.14,а), уравнения которых $y=0,7x+15$; $y=-1,05x+93,75$, координаты общей точки Тк02 (точки пересечения) $x_2=(b_2-b_1)/(k_1-k_2)=(93,75-15)/(0,7+1,05)=45\text{мм}$; $y_2=0,7x+15=$

$$=0,7 \cdot 45 + 15 = 46,5 \text{ мм.}$$

а)

б)

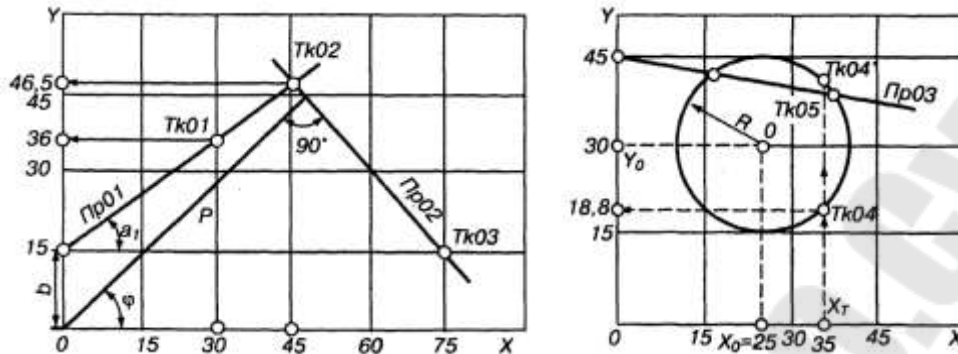


Рис. 14. Пояснения к определению параметров прямой (а) и окружности (б)

Уравнение окружности радиусом R с центром O (координаты x_0, y_0) (рис.14,б) имеет вид: $R^2 = (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2$ или, когда оно разрешено относительно ординаты: $y = y_0 \pm [R^2 - (x-x_0)^2]^{1/2}$.

Точке на окружности, заданной абсциссой x_T , соответствуют два (точки $Tk04$ и $Tk04'$) значения ординаты: $y_T = y_0 \pm [R^2 - (x_T - x_0)^2]^{1/2}$, а точке, заданной, ординатой y_T — два значения абсциссы: $x_T = x_0 \pm [R^2 - (y_T - y_0)^2]^{1/2}$.

Требуемое решение выбирают из этих значений по признаку расположения искомой точки.

Например, окружность (рис.14,б) с радиусом $R=15$ мм, с центром O ($x_0=25$ мм, $y_0=30$ мм) описывается уравнением:

$$y = y_0 \pm [R^2 - (x - x_0)^2]^{1/2} = 30 \pm [15^2 - (x - 25)^2]^{1/2}$$

Ордината $Tk04$ при заданной абсциссе $x_4=35$ мм составляет $y = 30 \pm [15^2 - (35 - 25)^2]^{1/2} = 30 \pm 11,8$. Искомая ордината соответствует меньшему из двух ее возможных значений: $y = 30 - 11,8 = 18,82$ мм.

Точки пересечения прямой и окружности определяются решением системы описывающих их уравнений. Решение системы уравнений прямой и окружности, а также двух окружностей, приводит к выражению вида:

$$x = a \pm [\dots]^{1/2},$$

где величина в квадратных скобках может быть больше, равна или меньше нуля; соответственно точек пересечения будет две, одна (элементы касаются) или ни одной (элементы не пересекаются).

Например, окружность (рис.15,б) с радиусом $R=15$ мм, с центром O ($x_0=25$ мм, $y_0=30$ мм) описывается уравнением: $y = 30 \pm [15^2 - (x - 25)^2]^{1/2}$, а прямая $Pr03$ — уравнением $y = -0,14x + 45$. Решение системы этих уравнений

позволяет определить координаты точек Тк05 и Тк04:

$$0,14x + 45 = 30 \pm [15^2 - (x - 25)^2]^{1/2},$$

$$15 - 0,14x = \pm [15^2 - (x - 25)^2]^{1/2} \text{ или } (15 - 0,14)x^2 = 15^2 - (x - 25)^2 \text{ или } 53,158x + 612,985 = 0.$$

или
 $x^2 -$

Решением этого уравнения является:

$$x_{1,2} = -p/2 \pm [(p/2)^2 - q]^{1/2} = 26,579 \pm (706,443 - 612,985)^{1/2} = 26,579 \pm 9,667.$$

Искомые координаты точек пересечения: $x_5 = 36,246$; $x_6 = 16,912$;
 $y_5 = -0,14x_1 + 45 = -0,14 \cdot 36,246 + 45 = 39,92$; $y_6 = -0,14x_2 + 45 = -0,14 \cdot 16,912 + 45 = 42,63$.

Используя уравнения прямых и окружностей достаточно просто совместить их решением определять координаты точек их пересечения или касания.

Координаты опорных точек эквидистантной траектории инструмента наиболее просто представить как приращение координат опорных точек контура детали. *Эквидистанта* как геометрическое место точек, равноудаленных от контура детали на расстоянии, равное радиусу R_n инструмента, строится справа или слева от элементов этого контура в зависимости от расположения инструмента относительно обрабатываемого контура. Эквидистантной к дуге окружности 1-2 является дуга концентричной ей окружности 1₁ - 2₁ или 1₂ - 2₂ с тем же центральным углом (рис.15,а), а к отрезку прямой 1 - 2 – отрезки, параллельные данному (рис.15,б).

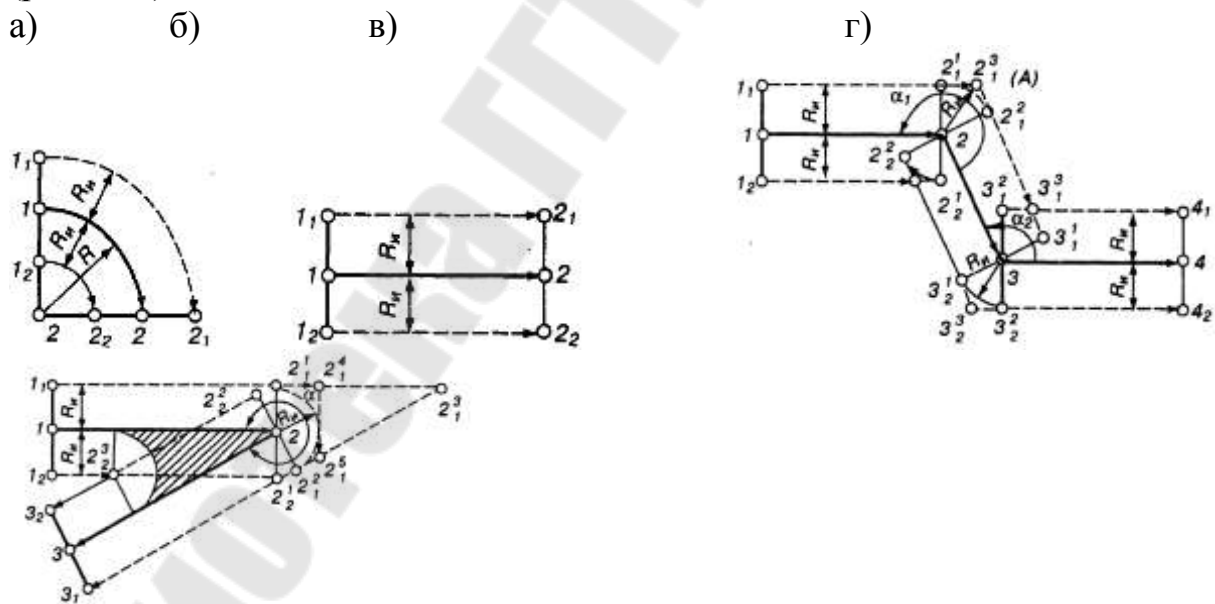


Рис. 15. Участки эквидистанты

Метод соединения элементов эквидистанты выбирают в зависимости от угла α , образованного соседними элементами контура, если смотреть со стороны расположения инструмента при обходе этого контура (рис.15,в). Этот угол для пары отрезков измеряют непосредственно между ними. Если же элементом контура является дуга окружности, то угол α измеряют

относительно касательной к этой дуге в общей точке рассматриваемой пары элементов контура детали. Так, при $\alpha > 180^\circ$ элементы эквидистанты соединяются сопрягающими дугами окружностей радиусом $R_{и}$, центры которых находятся в общих точках элементов контура. При $\alpha < 180^\circ$ общей точкой элементов эквидистанты является точка пересечения этих элементов (рис.15). Для сопряженных элементов контура ($\alpha = 180^\circ$) элементы эквидистанты также сопряжены.

При обходе углов $\alpha > 300^\circ$ во избежание значительных отклонений траектории инструмента от эквидистанты необходимо сделать дополнительные построения. Обход острого угла (рис.15, г) целесообразно исполнять не по дуге, а продлением верхней линии эквидистанты до пересечения с нижней линией.

При вычислении опорных точек эквидистанты различают три типовых случая сопряжения дугой (радиусом $R_{и}$) участков эквидистанты: прямая – прямая, прямая – окружность и окружность – окружность (рис.15,в). Примеры типовых схем для определения опорных точек эквидистанты приведены в табл.2.

Таблица 2 – Типовые схемы для определения опорных точек эквидистанты

Номер	Схема	Формулы для расчета
1		$x_2 = x_1 + R_{и} \sin \alpha$ $y_2 = y_1 + R_{и} \cos \alpha$ $x_3 = x_1 + R_{и} \sin \beta$ $y_3 = y_1 + R_{и} \cos \beta$
2		$R = [(x_c - x_1)^2 + (y_c - y_1)^2]^{1/2}$ $x_3 = x_1 + \frac{1}{R} R_{и} (x_c - x_1)$ $y_3 = y_1 + \frac{1}{R} R_{и} (y_c - y_1)$ <p>x_2 и y_2 определяются так же, как для схемы 1</p>
3		$R = [(x_1 - x_c)^2 + (y_1 - y_c)^2]^{1/2}$ $x_2 = x_1 + \frac{1}{R} R_{и} (x_1 - x_c)$ $y_2 = y_1 + \frac{1}{R} R_{и} (y_1 - y_c)$ <p>x_3 и y_3 определяются так же, как для схемы 2</p>

Продолжение таблицы 2

1	2	3
4		$x_2 = x_1 + R_n \frac{\sin[(\alpha + \beta)/2]}{\cos[(\alpha - \beta)/2]}$ $y_2 = y_1 + R_n \frac{\cos[(\alpha + \beta)/2]}{\cos[(\alpha - \beta)/2]}$
5		$x_2 = x_c + R \sin \alpha$ $y_2 = y_c + R \cos \alpha$ $x_3 = x_c + R \sin \beta$ $y_3 = y_c + R \cos \beta$ $x_4 = x_c + (R + R_n) \sin \alpha$ $y_4 = y_c + (R + R_n) \cos \alpha$ $x_5 = x_c + (R + R_n) \sin \beta$ $y_5 = y_c + (R + R_n) \cos \beta$ $x_c = x_1 - R \frac{\sin[(\alpha + \beta)/2]}{\cos[(\beta - \alpha)/2]}$ $y_c = y_1 - R \frac{\cos[(\alpha + \beta)/2]}{\cos[(\beta - \alpha)/2]}$
6		<p>Координаты опорных точек определяются так же, как на схеме 5</p>

3. Разработка расчетно-технологической карты (РТК) и карты наладки

РТК составляется по операционному эскизу, выполненному на основе попереходного технологического процесса в соответствии с выбранными типовыми траекториями движения инструмента и содержит законченный план обработки детали на станке с ЧПУ в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями и расчетными размерами (рис.9). По данным РТК разрабатывается управляющая программа автоматической работы станка.

Последовательность оформления РТК следующая:

1. Вычерчивают деталь в прямоугольной системе координат, выбирают исходную точку 0 (нуль программы). При многоинструментальной обработке могут быть выбраны несколько исходных точек – для каждого инструмента. Контуры детали, подлежащие обработке, и контур заготовки вычерчивают в масштабе с указанием всех размеров, необходимых при программировании.

2. Намечают расположение прижимов и зон крепления детали в соответствии с техническими условиями на приспособление.

3. Наносят траекторию движения центра инструмента в двух плоскостях системы координат. Если предполагается многоинструментальная обработка, следует изображать траектории движения центра каждого используемого инструмента.

Началом и концом траектории инструмента является исходная точка 0. Если положение исходной точки не совпадает с началом координат детали (точкой W), оно должно быть задано координатами XWO, YWO, ZWO относительно этого начала. Траекторию инструмента наносят с учетом его параметров, выбранной ранее последовательности обработки и намеченных типовых траекторий в инструментальных переходах.

4. На траектории движения инструмента отмечают и обозначают цифрами (реже буквами латинского алфавита) опорные точки траектории и ставят стрелки, указывающие направление движения. Опорные точки необходимо намечать по геометрическим и технологическим признакам, т.е. они должны быть или точками, в которых изменяется геометрический характер траектории инструмента, или точками, в которых изменяется технологическое состояние детали (изменение режимов обработки, включение вертикальной подачи и пр.).

5. При необходимости указывают места контрольных точек, в которых предусматривается кратковременная остановка инструмента в целях проверки точности отработки программ рабочими органами станка. Такие точки предусматривают, например, перед окончательными чистовыми проходами при обработке дорогостоящих деталей. Обозначают также точки остановки, необходимые для смены инструмента, изменения частоты вращения шпинделя, перезакрепления детали, указывают продолжительность остановки в секундах.

6. Особо обозначают опорные точки, координаты которых можно определить графически непосредственно на РТК.

7. На РТК наносят дополнительные данные (тип станка, шифр, наименование и материал детали), указывают особенности заготовки и ее крепление, параметры инструмента и режимы его работы на отдельных участках, характер движения на отдельных участках траектории. Как один из основных технологических документов РТК обычно шифруют и заносят в специальную картотеку.

При построении траектории движения центра инструмента на РТК необходимо соблюдать следующие правила:

1. Подводить инструмент к обрабатываемой поверхности и отводить его следует (при необходимости) по специальным траекториям – вспомогательным перемещениям. Например, при фрезеровании необходимо обеспечить врезание инструмента по касательной со своевременным (за 5-10мм до края заготовки) переходом с холостого хода на рабочий. Определенный подход должен быть у сверл, разверток, зенкеров, резцов, причем точка перехода с холостого хода на рабочий должна быть определена как опорная.

2. Недопустимы остановка инструмента и резкое изменение подачи в процессе резания, когда режущие поверхности лезвия соприкасаются с обрабатываемой поверхностью, иначе неизбежны повреждения поверхности. Перед остановкой, резким изменением подачи, подъемом или опусканием инструмента необходимо отвести инструмент от обрабатываемой поверхности.

3. Длина холостых перемещений должна быть минимальной.

4. Для устранения влияния на точность обработки люфта станка желательно предусматривать дополнительные петлеобразные переходы в зонах реверса, обеспечивающие выборку люфта.

5. При необходимости по расчетной силе резания следует определить возможную деформацию детали (инструмента) и ввести требуемое предскажение траектории.

Пример РТК многоцелевого станка с ЧПУ представлен на рис.16.

На основании РТК разрабатывается карта наладки

При разработке карты наладки необходимо учесть:

- тип оборудования, расположение координатных осей станка;
- применяемое приспособление, способ базирования приспособления на станке, способ базирования детали в приспособлении, координаты базирующих элементов, способ крепления приспособления на столе и детали в приспособлении;
- расположение нуля программы относительно базовых поверхностей детали, совпадение или несовпадение базовых поверхностей детали и приспособления;
- наличие свободного доступа инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям.

Разработку карты наладки начинают с определения положения приспособления с деталью в рабочей зоне станка. Вычерчивают габариты приспособления с деталью в рабочей зоне станка и указывают координаты базирующих элементов приспособления относительно нуля станка. Затем указывают положение нуля программы относительно базирующих элементов приспособления. Показывается вылет инструмента

относительно нуля инструмента. На рис. 17 и 18 показаны эскизы карты наладки для токарного станка с ЧПУ и многоцелевого станка с ЧПУ соответственно.

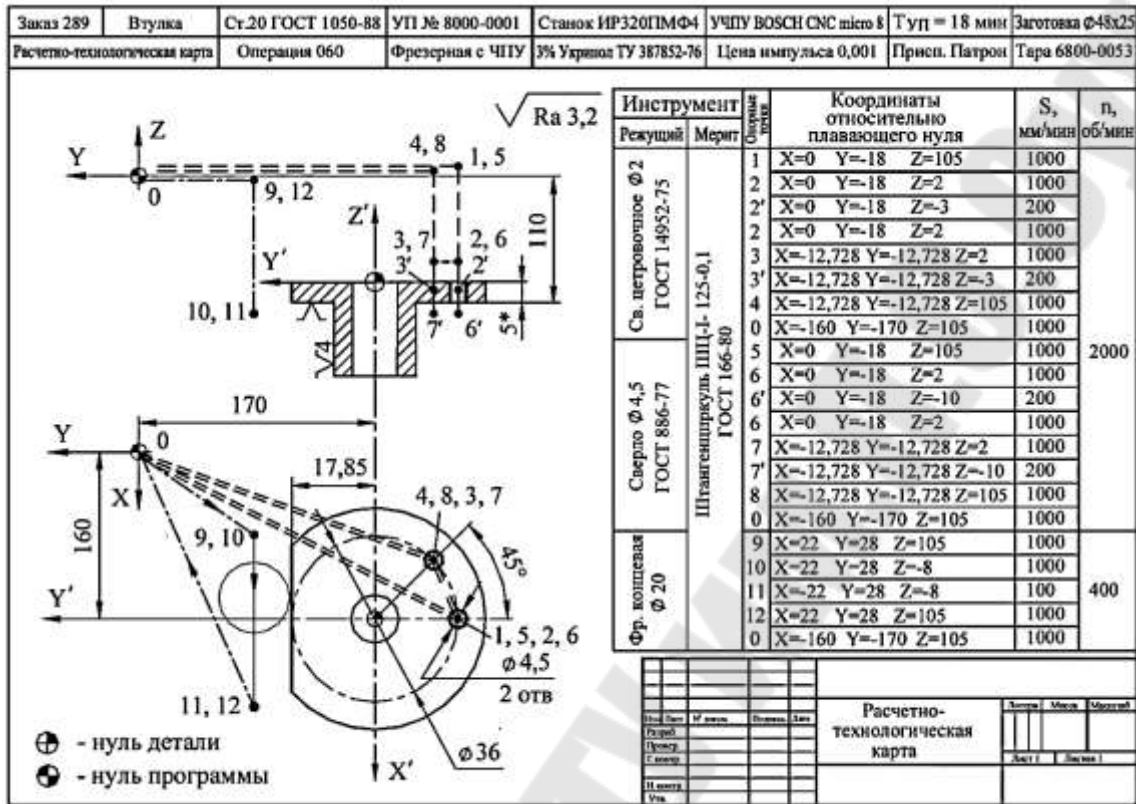


Рис. 16. Расчетно-технологическая карта для многоцелевого станка с ЧПУ

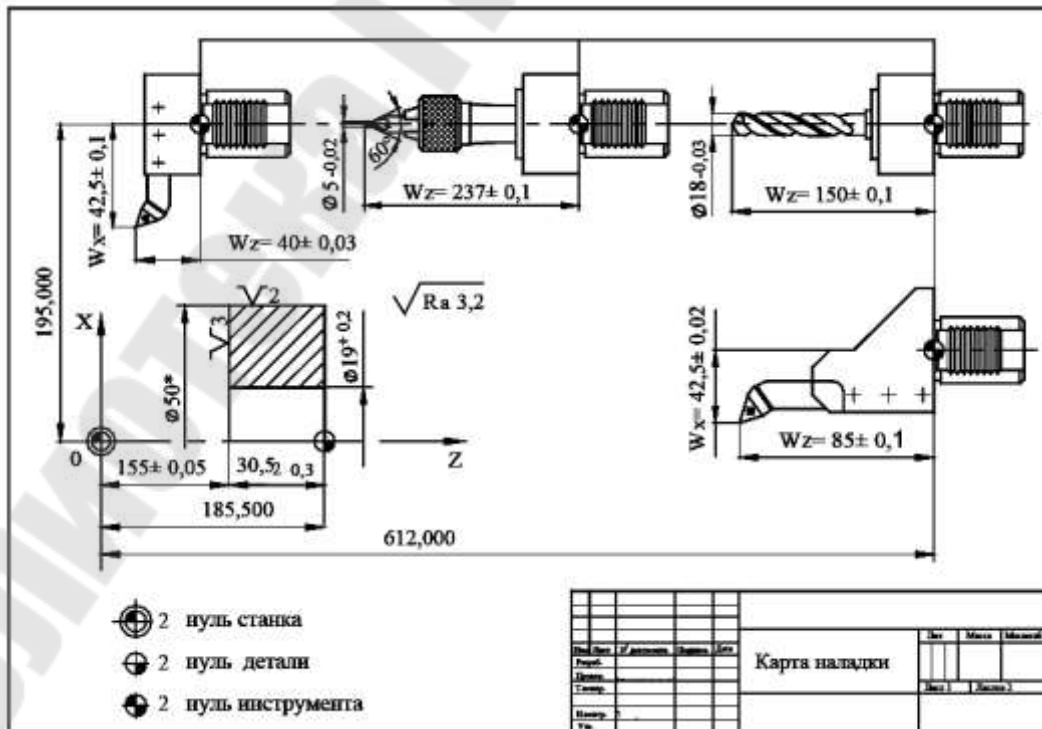


Рис. 17. Карта наладки токарного станка с ЧПУ

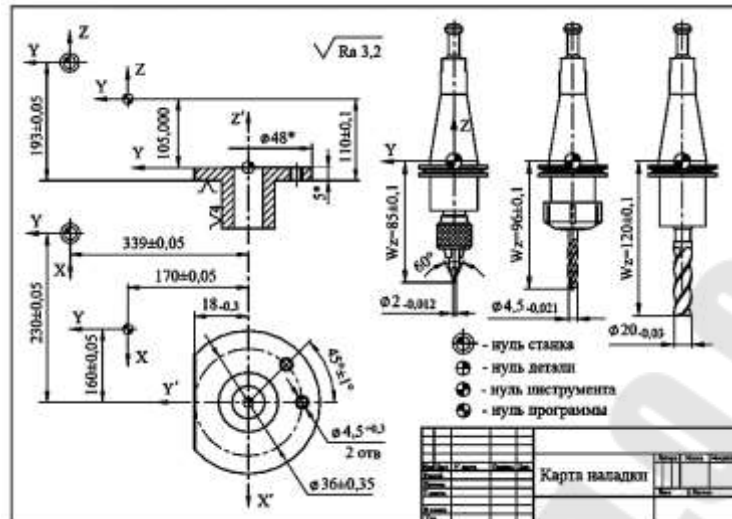


Рис. 18. Карта наладки многоцелевого станка с ЧПУ

Пример совмещения элементов РТК и карты наладки для обработки детали типа «вал» на токарном станке с ЧПУ представлен на рис. 19 с определением координат опорных точек (табл. 3 и 4). Представленная деталь (рис.19) обрабатывается за два установа: в прямой и обратной ориентации. В качестве примера на рис. 19, б и табл.111 и 222 представлено расположение систем координат станка. Детали и инструмента при закреплении заготовки в первом установе.

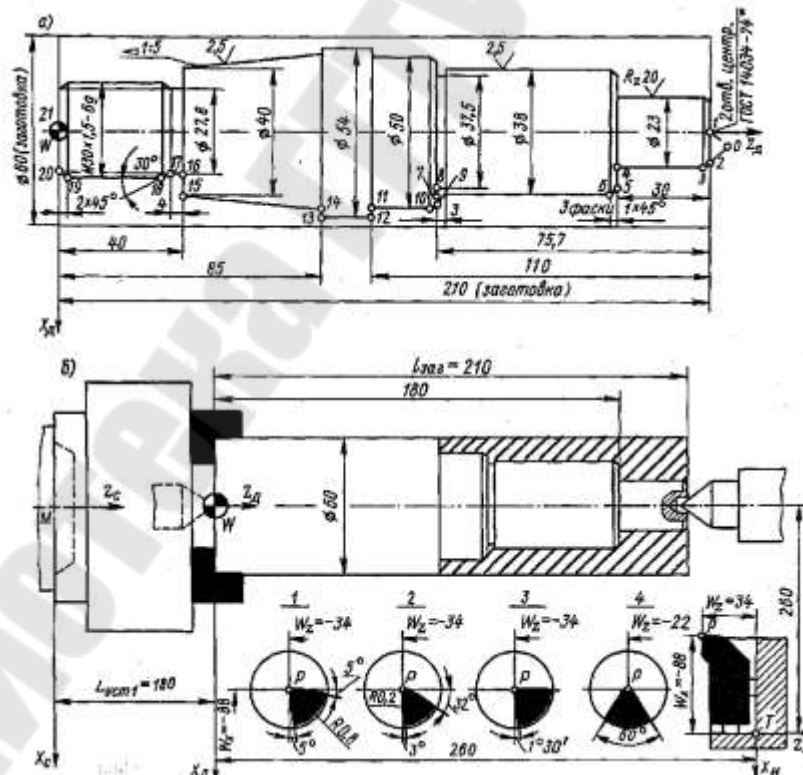


Рис. 19. Совмещенные элементы РТК (а – чертеж детали в системе координат детали) и карты наладки (б – общая схема установа детали на станке) токарного станка с ЧПУ

Таблица 3. Исходная таблица координат опорных точек в системе координат детали $X_d WZ_d$

Точка	Координаты, мм		Точка	Координаты, мм		Точка	Координаты, мм	
	Z_d	X_d		Z_d	X_d		Z_d	X_d
1	210	0	8	Z_8	37,5	15	40	40
2	210	x_2	9	Z_9	x_9	16	40	27,8
3	Z_3	23	10	Z_{10}	50	17	Z_{17}	27,8
4	Z_4	23	11	Z_{11}	50	18	Z_{18}	30
5	Z_5	x_5	12	Z_{12}	54	19	2	30
6	Z_6	38	13	85	54	20	0	x_{20}
7	Z_7	38	14	85	x_{14}	21	0	0

Примечание: - некоторые координаты опорных точек рассматриваемого в системе координат детали контура вала можно перенести в таблицу без перерасчета;
 - неизвестные координаты вычисляются с помощью размерных цепей, например: $x_2 = x_3 - 2 \cdot 1 = 23 - 1 = 22 \text{ мм}$; $Z_3 = Z_1 - 1 = 210 - 1 = 209 \text{ мм}$;
 $Z_4 = Z_5 = Z_1 - 30 = 210 - 30 = 180 \text{ мм}$; $x_5 = x_6 - 2 \cdot 1 = 38 - 2 = 36 \text{ мм}$

Таблица 4. Таблица координат опорных точек в системе координат станка $X_c MZ_c$ (первый установ – опорные точки 1 - 11)

Точка	Координаты, мм			Точка	Координаты, мм		
	Z_d	$x_c = x_d$	Z_c		Z_d	$x_c = x_d$	Z_c
1	210	0	390	7	134,3	38	314,3
2	210	21	390	8	134,3	37,5	314,3
3	209	23	389	9	134,3	48	314,3
4	180	23	360	10	133,3	50	313,3
5	180	36	360	11	100	50	280
6	179	38	3659				

Примечание: координаты опорных точек 1-11 контура вала пересчитаны из системы координат детали в систему координат станка по формулам:
 $Z_c = L_{уст.1} + Z_d$; $x_c = x_d$

Выполненные схемы и расчеты позволяют определить траекторию движения каждого из назначенных инструментов (рис. 19,б) при обработке детали, назначить опорные точки.

Примеры траекторий движений инструмента часто выполняемых операций на станках с ЧПУ приведены на рис. 20.

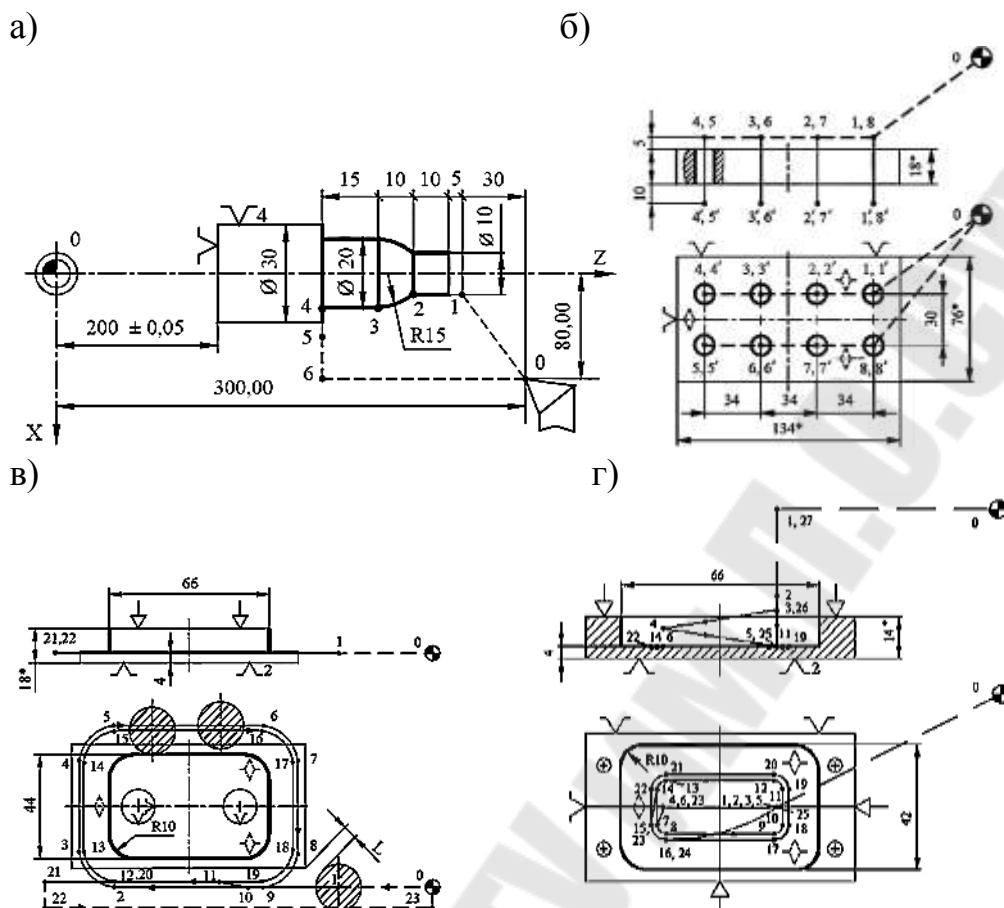


Рис. 20. Траектории движения инструментов:

а – при токарной обработке (штриховой линией – точки 0-1 и 5-6-0 – показана ускоренная подача; сплошной линией – точки 1-5 – рабочая подача); б – при сверлении; в - при наружном фрезеровании; г – при фрезеровании внутреннего контура

4. Запись управляющей программы (кодирование информации)

Ручная разработка управляющей программы (УП) состоит из следующих этапов:

1. Изучение технологом чертежа детали в целях получения геометрической информации и разработки технических условий на исходную заготовку с учетом минимального съема стружки при обработке.
2. Разработка маршрутной технологии обработки, представляемой в виде последовательности операций с выбором режущих и вспомогательных инструментов, станочных приспособлений.
3. Разработка технологом-программистом операционного технологического процесса с определением схемы закрепления заготовки, с расчетом (или выбором) режимов резания, с построением траекторий движения режущих инструментов, с указанием места входа и выхода инструмента и позиции исполнительного органа станка для смены

инструмента.

4. Расчет координат опорных точек траекторий движения режущих инструментов.

5. Составление расчетно-технологической карты.

6. Разработка карты наладки станка.

7. Запись УП (кодирование информации).

8. Запись информации на программоноситель.

9. Контроль УП и ее коррекция.

Управляющая программа – это совокупность команд на языке программирования задач ЧПУ, соответствующая заданному технологическому алгоритму процесса обработки на станке конкретной заготовки.

Создание УП для станков с ЧПУ обычно осуществляется на стандартом международном языке – коде ISO-7bit (язык G и M кодов). Коды с адресом G, называемые подготовительными, определяют настройку СЧПУ на определенный вид работы. Коды с адресом M называют вспомогательными и предназначены для управления режимами работы станка.

УП можно хранить в памяти ЧПУ или записать на программоноситель (Flash-память, дискету, магнитную кассету и др.). Запись осуществляется 8-разрядными двоичными кодами, в которых 7 младших разрядов – значащие (цифры, буквы или другие символы), а 8-й разряд – контрольный. В данном коде можно записать $2^7=128$ символов: цифровых 0...9, буквенных A...Z или a...z, знаковых и служебных. Основные символы кода ISO приведены в табл. 5.

Таблица 5. Буквенные и знаковые символы кода ISO

Символ	Значение
1	2
A, B, C	Угловые перемещения соответственно вокруг осей X, Y и Z
D и E	Угловые перемещения вокруг специальных осей или вторая и третья функции подачи, или коррекция (D) инструмента
F	Функция подачи
G	Подготовительная функция
I, J, K	Параметры интерполяции или шага резьбы соответственно вдоль осей X, Y, Z
M	Вспомогательная функция
N	Номер кадра
P, Q	Третьи функции перемещений, параллельных соответственно осям X и Y, или параметры коррекции инструмента
R	Перемещение на быстром ходу по оси Z или третья функция перемещения, параллельного оси Z, или параметр коррекции инструмента

1	2
S	Функция главного движения
T	Функция инструмента
U, V, W	Вторые функции перемещений, параллельных соответственно осям X, Y, Z
%	Начало программы
()	Комментарий (информация, записанная в скобках, системой не обрабатывается)
+ или -	Математический знак
.	Десятичный знак
/	Пропуск кадра (следующий за ним кадр не обрабатывается)
:	Главный кадр УП
LF, PC или *	Конец кадра УП (если УЧПУ требует указания данного символа и определяется конструкцией УЧПУ)

Для управления многочисленными функциями станка с ЧПУ применяется большое число различных кодов. В табл. 6 приведены базовые (основные) коды, позволяющие создавать УП.

Любая УП состоит из некоторого количества строк, которые называются кадрами программы. Кадр УП – составная часть программы, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды. Система ЧПУ считывает и выполняет программу кадр за кадром. Каждому кадру присваивает свой номер, который расположен в начале кадра и обозначен буквой N (современные станки с ЧПУ могут работать без номера кадров, а их использование – исключительно для удобства зрительного восприятия программы и поиска требуемой информации)

Любую УП можно представить в виде следующих областей:

- начало программы (шапка);
- вызов первого инструмента;
- основная часть УП – рабочие перемещения;
- смена инструмента;
- основная часть УП – рабочие перемещения;
- конец программы (шапка).

Управляющая программа независимо от формы ее выражения всегда несет в себе технологическую и геометрическую информации.

Технологическая информация содержит последовательность и характер переходов; виды режущих, вспомогательных инструментов и крепежной оснастки; режимы резания; перечень необходимых для проверки результатов обработки контрольно-измерительных приборов. Технологическую часть программы оформляют в виде карт наладки и

инструментальных карт. Последние разрабатывают для расточных и многооперационных станков с большим числом инструментов.

Геометрическую информацию излагают в виде расчетно-технологических карт, она также содержится в тексте программы в закодированном виде и описывает траектории и величины перемещений рабочих органов и режущих инструментов.

Таблица 6. Базовые коды программирования обработки

Код (функция)	Назначение и пример кадра с кодом
Осевое перемещение	
G00	Ускоренный ход – перемещение на высокой скорости в указанную точку: G00 X10. Y10. Z25.
G01	Линейная интерполяция – перемещение по прямой линии на указанной скорости подачи: G01 X10. Y20. F100
G02	Круговая интерполяция – перемещение по дуге по часовой стрелке на указанной скорости подачи: G02 X10. Y20. R10. F100
G03	Круговая интерполяция – перемещение по дуге против часовой стрелке на указанной скорости подачи: G03 X10. Y20. R10. F100
Настройка	
G20	Ввод дюймовых данных: G20 G00 X10. Y20.
G21	Ввод метрических данных: G21 G00 X10. Y20.
G90	Абсолютное позиционирование – все координаты отсчитываются от постоянной нулевой точки: G90 G00 X10. Y20.
G91	Относительное позиционирование – все координаты отсчитываются от предыдущей позиции: G91 G00 X10. Y20.
Обработка отверстий	
G81	Цикл сверления: G81 X10. Y20. Z-5. F30.
G82	Цикл сверления с задержкой на дне отверстия: G82 X10. Y20. Z-5. R1. P2. F30.
G83	Прерывистый цикл сверления: G83 X10. Y20. Z-5. Q0.25 R1. F30.
G85	Цикл растачивания отверстия: G85 X10. Y20. Z-5. F30.
Вспомогательные команды (функции)	
M00	Запрограммированный останов – выполнение программы временно прекращается
M01	Запрограммированный останов по выбору программы временно прекращается, если активирован режим останова по выбору

Продолжение таблицы 6

M02	Конец программы – указывает на завершение отработки программы, останов шпинделя, подачи, выключения охлаждения. Используется для приведения в исходное положение управляющего устройства и (или) рабочих органов станка
M03	Прямое вращение шпинделя
M04	Обратное вращение шпинделя – шпиндель вращается против часовой стрелки
M05	Останов шпинделя
M06	Автоматическая смена инструмента: M06 T02
M08	Включение подачи охлаждающей жидкости
M09	Выключение подачи охлаждающей жидкости
M30	Конец информации (ленты) – указывает на завершение отработки программы путем физического окончания перфоленты, выключение вращения шпинделя и охлаждения.

Каждая УП начинается фразой «Начало программы». Эта фраза состоит из слова «Начало программы» и символа «LF» или «ПС» или «*» - конец кадра. Слово «Начало программы» может состоять из одного символа «%» (например, %LF) или из символа и номера УП (например, %015LF). Два этих первых кадра не влияют на процесс обработки, тем не менее, они необходимы для того, чтобы СЧПУ могла отделить в памяти одну программу от другой. Указание номеров для таких кадров не допускается.

Заканчивается УП признаком «Конец программы» - «M02» и (или) «M30»

Рекомендуется в начале УП или после кадра смены инструмента вводить строку безопасности. Строкой безопасности называется кадр, содержащий G коды, которые переводят СЧПУ в определенный стандартный режим, отменяют ненужные функции и обеспечивают безопасную работу с УП. Например, типичная строка безопасности имеет вид: N05 G21 G40 G49 G54 G80 G90.

Введение строки безопасности связано в первую очередь с отменой ненужных модальных G кодов, которые остаются активными в памяти СЧПУ до тех, пока их не отменяют. Рассмотрим назначение каждого кода строки безопасности.

Код G21 – осуществляет все перемещения и подачи в миллиметрах, а не в дюймах (G20).

Код G40 – отменяет автоматическую коррекцию на радиус инструмента, которая предназначена для автоматического смещения инструмента от запрограммированной траектории.

Код G49 – отменяет компенсацию длины инструмента.

Код G54 – позволяет активизировать одну из нескольких рабочих систем координат. В строку безопасности включают код требуемой рабочей системы координат (G54-G59).

Код 80 – отменяет все постоянные циклы и их параметры.

Код G90 – активирует работу с абсолютными координатами. Отменяя перемещения инструмента в относительных координатах (G91).

В современных УЧПУ предусмотрена возможность пропускать при работе по программе некоторые фрагменты УП. Это позволяет более гибко программировать обработку деталей. Например, можно обрабатывать по одной УП детали, имеющие незначительные отличия.

Такой режим имеет наименование «Пропуск кадра». Он программируется путем записи в начале кадра перед символом «N» знака «/». Кадры УП, перед которым записан знак «/» УЧПУ пропускаются и не отрабатываются при условии, если на пульте УЧПУ нажата клавиша «Пропуск кадра». Например, при описанном условии кадры N4 и N5 представленной ниже УП отрабатываться УЧПУ не будут

```
%LF
N1G62X1500Y1500Z-1500R0F14S10T1L1LF
N2X4500Y500LF
N3X8000Y10000LF
/N4Y5000LF
/N5Y1500LF
N6X4500LF
N7R-20000M02M30LF
```

В общем виде программа управления станком для обработки данного профиля состоит из отдельных фрагментов - *кадров*, каждый из которых содержит информацию, необходимую для обработки одного элементарного участка.

Данные в кадре представляются словами, состоящими из буквенного адреса и числового значения. Буквенный адрес определяет назначение следующего за ним числового значения.

Формат числового значения (количество знаков, обязательность указания незначащих нулей, положение разделителя целой и дробной части, а также его присутствие), следующего за буквенным адресом информационного слова, общепринятый, но в некоторых случаях производители УЧПУ используют свой.

К структуре кадра предъявляются определенные требования:

1. Каждый кадр должен начинаться со слова «номер кадра» и заканчиваться словом «конец кадра».
2. Информационные слова в кадре рекомендуется записывать в определенной последовательности:

Номер кадра	N x x x
-------------	---------

Подготовительная функция	G x x
Размерные перемещения	X, Y, Z, U...A, B, C
Параметр интерполяции	I, J, K
Функция подачи	F
Функция главного движения	S
Функция инструмента	T
Вспомогательная функция	M
Конец кадра	LF или (ПС; *)

Слово «Номер кадра» является первым словом в кадре и состоит из адреса N и порядкового номера кадра. Количество цифр в номере кадра для конкретного УЧПУ определяется форматом. Например: N046, N20, N5. В некоторых случаях в слове «Номер кадра» вместо адреса N записывается символ «:». Например, :004, :348, :5.

Кадр, начинающийся символом «:», называется главным кадром, а последовательность кадров, следующих за главным кадром до следующего главного кадра, называется главной УП. В главном кадре должна быть записана вся информация, необходимая для начала или возобновления обработки. Эта информация распространяется на всю главу.

Слово «Подготовительная функция» записывается в кадре после слова «Номер кадра» и состоит из адреса G и двух (или трех – для современных УЧПУ) цифр. Например, G01; G27; G81. Кодирование и содержание основных подготовительных функций представлено в табл.6.

Слова «Размерные перемещения» структурно состоят из буквенного адреса (X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, I, J, K, A, B, C, D, E), математического знака «+» или «-» и числовой информации. Количество разрядов числовой информации определяется форматом конкретной УП. Например: X+4348; Y-000470; Z-10800; R+18000. В зависимости от характеристик конкретного УЧПУ размерные слова могут иметь постоянную или переменную длину. При постоянной длине слов после адреса обязательно записывается знак «+» или «-», недостающие разряды в числах обязательно заполняются нулями, например: X+010000; Y-005480; Z+000030; R+000400. При переменной длине слов знак «+» и нули перед первыми значащими цифрами могут опускаться, например: X100000; Y-5480; Z700; R500.

В зависимости от характеристик УЧПУ размерные перемещения могут задаваться в абсолютных значениях (счет от единой системы координат) или в приращениях (счет от точки к точке). Линейные размеры выражаются в миллиметрах, угловые – в радианах или градусах. Десятичная запятая не записывается, но ее место в числе строго регламентировано.

Например, размеры X= -125,43мм, Y= -5,05мм; $\alpha=47,5$ град. В УП типа NC будут записаны X-12543, Y-505, A4750; для УЧПУ типа CNC: X-125.43, Y-5.05, A47.5.

Слово «Функция подачи» состоит из адреса F и числовой информации, например: F0200, F1100, F20, F5. Если слово «Функция подачи» задает скорость подачи по неким координатным осям, то оно записывается после последнего размерного слова. Установлены следующие единицы измерения скорости подачи: для линейной подачи, не зависящей от скорости вращения шпинделя – мм/мин (подготовительная функция – G94); для линейной подачи, зависящей от скорости шпинделя – мм/об (подготовительная функция – G95); для круговой подачи – рад/сек, об/мин или град/мин.

Скорость подачи может быть записана в прямом виде (основной метод кодирования, например: F0.5) или задана кодовым числом (в паспорте станка должна присутствовать таблица кодов, например: F22 – подача 0,5мм/об).

Слово «Функция главного движения» состоит из адреса S и числа, которое содержит информацию о скорости шпинделя в прямой или закодированной форме, например: S0630; S25; S5 (по аналогии с записью скорости подачи). Единицы измерения скорости шпинделя: рад/сек; об/мин; град/мин. Вместе со словом «Функция главного движения» обязательно записывается слово, указывающее направление вращения – по часовой стрелке или против часовой стрелки по адресу M (M03 или M04 соответственно). Если скорость вращения шпинделя может изменяться ступенчато, то необходимо дополнительно указать по адресу M номер ступени (например, M41 или M42 или др.)

Слово «Функция инструмента» состоит из адреса T и числа, количество цифр в котором определяется форматом конкретного УЧПУ, например: T06; T16; T1. Число в слове «Функция инструмента» определяет номер инструмента, которым необходимо вести обработку. В некоторых УЧПУ слово «Функция инструмента» включает также информацию о коррекции инструмента на длину, положение или диаметр. Если в слове «Функция инструмента» записывается только номер инструмента, то информация о коррекции записывается по адресу D. Например, T2D1 - инструмент номер 2, D - вторая функция инструмента.

Слово «Вспомогательная функция» состоит из буквы M и двухзначного числа, например, M00; M30; M39. Кодирование и содержание основных вспомогательных функций представлено в табл. 6.

Формат кадра УП – это условная запись структуры кадра с максимально возможным объемом информации. Формат характеризует структуру кадра УП конкретного комплекса: УЧПУ-станок с ЧПУ. Он определяет набор применяемых слов, порядок их расположения и объем информации каждого слова.

Формат УП записывается по следующим правилам:

1. Символ «LF» - «Конец кадра» обозначается звездочкой *.

2. Используемые слова записываются в следующей последовательности адресов: N, G, X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, I, J, K, A, B, C, D, E, F, S, T, M.

3. За адресом каждого слова «Размерное перемещение» записывается знак «плюс», если размеры могут быть либо положительными, либо отрицательными. Если размеры только положительные, то знак «плюс» после адреса не записывается.

4. Слова в УП должны быть записаны одним из двух способов:

- без использования десятичного знака (подразумеваемое положение десятичной запятой);

- с использованием десятичного знака (явное положение десятичной запятой – обозначается в записи УП символом «DS», что указывает на обязательность использования точки для разделения целой и дробной части). При записи слов с использованием десятичного знака могут быть опущены незначащие нули, стоящие до и (или) после знака. Например: X.03 означает размер 0.03мм по оси X; X1030, означает размер 1030,0мм по оси X.

По первому способу положение десятичной запятой определено форматом конкретного УЧПУ. В размерах слов за адресом или знаком «плюс» записываются две цифры (табл. 7, поз1). Первая цифра показывает количество разрядов в размерном слове до подразумеваемой десятичной запятой, т.е. количество разрядов целой части слова. Вторая цифра показывает количество разрядов в размерном слове после запятой. Если между двумя цифрами стоит точка, то это означает, что в УП дробная часть числа отделяется от целой запятой (для УЧПУ зарубежного производства - точкой) (табл.7, поз.2). Когда в слове «Размерное перемещение» допускается опускать нули, то дополнительно к этим двум цифрам дописывается цифра «ноль». Если нуль записан на первом месте (табл.7, поз.3), то это означает, что допускается опускать нули перед значащими цифрами, а если нуль записан на последнем месте, то допускается опускать нули после значащих цифр (табл.7. поз4).

Например, размер X= - 38,2мм для различных форматов УП будет записываться в УП словами, представленными в табл.7.

Таблица 7. Характеристика формата и запись слова в УП

Позиционный номер	Характеристика формата	Запись слова в УП
1	X+042	X-003820
2	X+04.20	X-38.2
3	X+042	X-3820
4	X+420	X-00382

5. За адресом неразмерных слов записывается одна цифра, показывающая количество цифр в слове. Если допускается опускать нули,

стоящие перед первой значащей цифрой, то за адресом безразмерных слов дополнительно записывается цифра «ноль».

Например, для сверлильного станка с ЧПУ, имеющего три линейные перемещения по координатам X, Y, Z и стол, поворачивающийся вокруг оси Y, формат УП будет иметь вид:

N04G02X+04.30Y+04.30Z+03.30B1F04S04T02M02*,

где: N04 – четырехразрядное слово «Номер кадра». Нули перед первой значащей цифрой могут быть опущены;

G02 – двухразрядное слово «Подготовительная функция». Нули перед первой значащей цифрой могут быть опущены;

X+04.30 – перемещение по оси X со знаком «плюс» или «минус», четыре цифры целой части числа и три дробной. Нули перед целой частью числа и после дробной части могут быть опущены;

Y+04.30 – тоже для оси Y;

Z+03.30 - перемещение по оси Z со знаком «плюс» или «минус», три цифры целой части числа и три дробной. Нули перед целой частью числа и после дробной части могут быть опущены;

B1 – одноразрядное слово «Позиционный поворот стола вокруг оси Y»;

F04 – четырех разрядное слово «Функция подачи». Нули перед первой значащей цифрой могут быть опущены;

S04 – четырех разрядное слово «Функция главного движения». Нули перед значащей цифрой могут быть опущены;

T02 – двухразрядное слово «Функция инструмента». Нули перед значащей цифрой могут быть опущены;

M02 – двухразрядное слово «Вспомогательная функция». Нули перед значащей цифрой могут быть опущены;

* - символ конца кадра.

Пример записи УП в коде ISO. Необходимо создать УП для обработки контура детали (рис.21) фрезой диаметром 5 мм без коррекции на радиус инструмента. Глубина фрезерования – 4 мм. Подвод к контуру осуществляется по прямолинейномк участку.

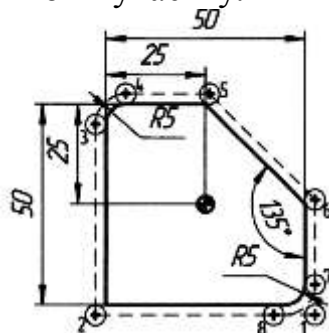


Рис. 21. Контурная обработка детали

Управляющая программа имеет вид:	
% LF	- Начало программы
O001 LF	- Программа O001
(PROGRAV NAME - CONTOUR)	- Комментарий – имя программы
N01G0G17G40G49G80G90 LF	- Строка безопасности
(FREZA D5)	- Комментарий – фреза Ø5мм
N02T1M16 LF	- Вызов инструмента №1
N03G0G90G54X25.Y-25.5S2000M3	L – Позиционирование в
начальную	точку траектории (1),
	включение оборотов
	шпинделя 2000об/мин
N04G43H1Z100 LF	- Компенсация длины
	инструмента N1
N05Z10 LF	- Позиционирование в Z10
N06G1Z-4.F100. LF	- Фреза опускается до Z-4 на
	рабочей подаче 100мм/мин
N07X-27.5 LF	- линейное перемещение в точку
(2)	
N08Y20. LF	- линейное перемещение в точку
(3)	
N09G2X-20.Y27.5R7.5 LF	- перемещение по дуге в точку (4)
N10G1X1.036 LF	- линейное перемещение в точку
(5)	
N11X27.5Y1.036 LF	- линейное перемещение в точку
(6)	
N12Y-20. LF	- линейное перемещение в точку
(7)	
N13G2X20.Y25.5R7.5 LF	- перемещение по дуге в точку (8)
N14G1Z6 LF	- фреза поднимается к Z6
N15G0Z100 LF	- фреза поднимается на
ускоренной	подаче к Z100
N16M5 LF	- останов шпинделя
N17G91G28Z0 LF	- возврат в исходную позицию по
Z	
N18G28X0.Y0. LF	- возврат в исходную позицию по
X	
N19M30 LF	и Y
	- конец программы

Структура отчета

1. Название лабораторной работы.
2. Цель и порядок выполнения работы.
3. Представить чертеж детали, выбрать инструмент для обработки и рассчитать режимы резания.
4. Разработать РТК с указанием опорных точек и траектории движения инструмента.
5. Представить таблицу расчета координат опорных точек.
6. Представить разработанную УП (при записи программы использовать формат УП, представленный в лабораторной работе в качестве примера).

Контрольные вопросы

1. Назовите системы координат, связанные с работой станка с ЧПУ.
2. Для чего предназначена нулевая точка станка и кем она устанавливается?
3. Укажите основные точки систем координат и их обозначение.
4. Определите систему координат станка с ЧПУ.
5. Укажите последовательность установки нулевой точки заготовки.
6. Каким образом производится расчет элементов контура детали и траектории инструмента?
7. Какими формулами определяются опорные точки эквидистанты.
8. Какие буквенные и знаковые символы держит код ISO.
9. Укажите структуру кадра УП.
10. В какой последовательности записывается формат УП?

Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

1. Студентам запрещается самостоятельно входить в производственное помещение, в котором размещено действующее оборудование.
2. Студентам запрещается самостоятельно включать оборудование в электрическую сеть и производить любые виды работ при включенном оборудовании.
3. Демонстрацию работы оборудования, а также обработку на нем заготовок имеет право производить только учебный мастер или преподаватель с соответствующей формой допуска.
4. В процессе выполнения работы учебный мастер или преподаватель, проводящий лабораторную работу, обязаны постоянно осуществлять контроль за действиями студентов, находящихся в

производственном помещении, особенно при выполнении ими этапов работы.

5. Перед включением оборудования в сеть учебный мастер или преподаватель обязаны проверить:

- наличие и надежность закрепления заземления;
- надежность закрепления инструмента и инструментальных блоков;
- надежность установки и крепления налаживаемых узлов и деталей;
- надежность закрепления заготовки.

6. Подключение УЧПУ к электрошкафу станка и станку производить при отключенном напряжении питания сети. Во время эксплуатации двери УЧПУ должны быть закрыты с помощью специального ключа, который должен находиться у мастера.

7. Открывать УЧПУ, производить замену блоков, делать перекоммутацию только при отключенном напряжении питания сети.

8. Перед пуском оборудования должны быть установлены и закреплены все ограждающие и защитные устройства, а студенты занять удобное для обзора и безопасное место.

9. При любой, даже непродолжительной остановке оборудования, производить полное его отключение от питающих сетей.

10. Запрещается производить какие-либо измерения во время работы оборудования.

11. Запрещается опираться на оборудование и находиться в зоне действия подвижных его органов.

Литература

1. Металлорежущие станки : учебник : В 2 т. / Т. М. Аврамова, [и др.] ; под ред В. В. Бушуева. Т. 1. – М. :Машиностроение. 2011. – 608 с.

2. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учеб. пособие / Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.

3. Серебrenицкий П. П. Программирование для автоматизированного оборудования : учебник для средн. проф. учеб. заведений / П. П. Серебrenицкий, А. Г.Схиртладзе ; под. ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. Шк. 200 – 592 с.

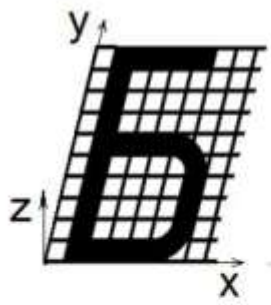
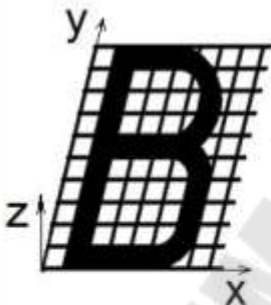

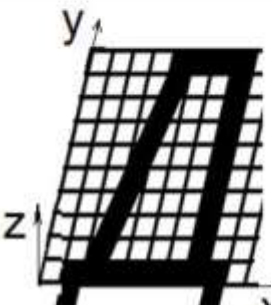


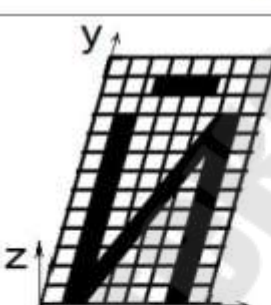
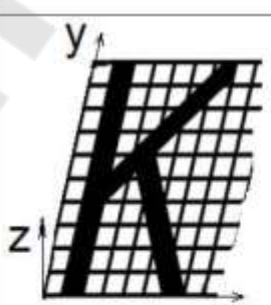
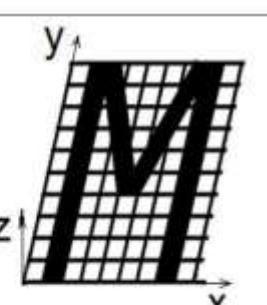
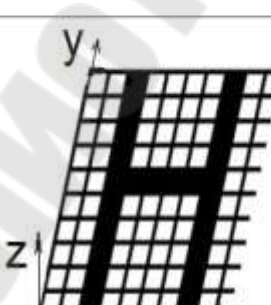
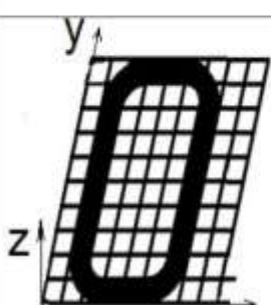
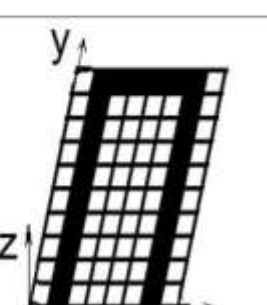
4. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка : учеб. пособие / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек [и др.] – 20е изд. – М. : ФЛИНТА, 2014. – 355 с.

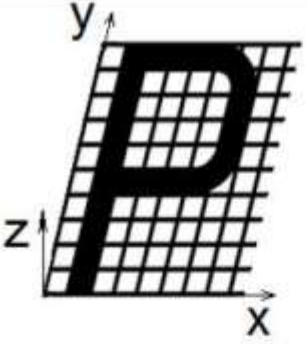
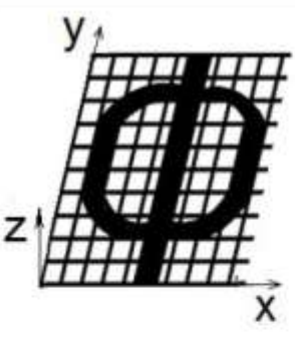
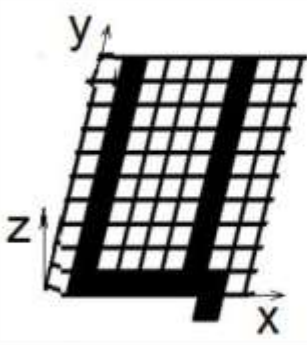
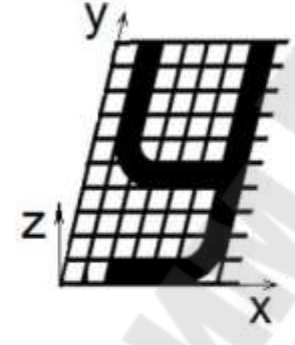
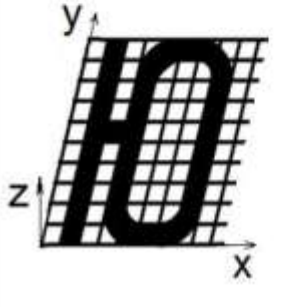

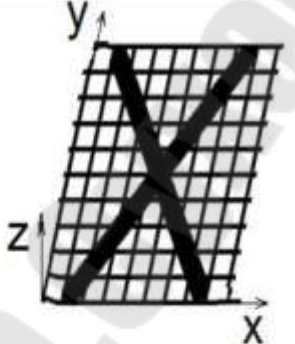
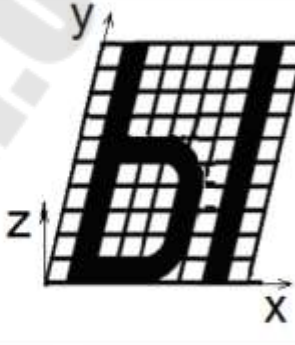
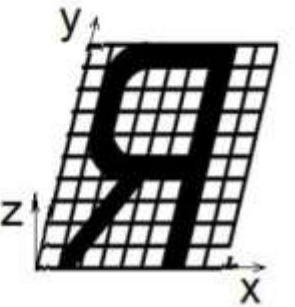
Библиотека ГГГУ им. П. О. Суворова

ПРИЛОЖЕНИЕ

Индивидуальное задание для разработки управляющей программы в коде ISO для обработки на условном вертикально-фрезерном станке буквы, вписанной в прямоугольное поле обработки размером 10x9мм (таблица П1). Принять фрезу диаметром 1мм. Компенсацию на радиус инструмента исключить. При записи программы использовать формат УП, представленный в лабораторной работе в качестве примера.

Таблица П1. Варианты задания на разработку УП

№	Буквы	№	Буквы	№	Буквы
1		2		3	
4		5		6	
7		8		9	
10		11		12	

13		14	
16		17	
19		20	
15		18	
21			

Примечание: черным цветом выделен результат обработки

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМАМИ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 01 03
«Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
дневной формы обучения**

**Составители: Михайлов Михаил Иванович
Лепший Александр Парфенович
Кириленко Виталий Петрович**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 10.11.20.

Рег. № 77Е.

<http://www.gstu.by>