

**Министерство образования Республики Беларусь**

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

**Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**

# **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМАМИ**

## **ПРАКТИКУМ**

**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 34.630я73  
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: канд. техн. наук, доц. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*Э. И. Дмитриченко*

**А22** **Автоматическое** управление процессами и системами : практикум по одному. 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. – 93 с. – Систем. требования: РС 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.

Приведена методика проведения практических работ с описанием используемого оборудования. Рассмотрены конструктивные параметры механизмов управления технологическим оборудованием, дана методика их расчетов, особенности конструкции и др. Представлены математические методы их расчета и примеры конструкторских решений.

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

**УДК 621.9.06(075.8)**  
**ББК 34.630я73**

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

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

## Расчет конструкции ручных систем управления

Цель работы: получить навыки в разработке и расчете ручных систем управления

### 1. Порядок выполнения работы

1.1. Получить задание у преподавателя (механизм переключения управляемых элементов, характер расположения колес в блоках, структуру привода).

1.2. Изучить конструкцию механизма переключения.

1.3. Определить количество переключаемых передач, величину перемещения перемещаемых управляемых механизмов.

1.4. Изобразить кинематическую (принципиальную) схему механизма управления.

1.5. Произвести кинематический и силовой расчеты механизма управления.

1.6. Начертить сборочный чертеж разрабатываемого механизма управления.

### 2. Методические рекомендации к выполнению работы

При выполнении п. 1.2–1.6. необходимо ознакомиться с общими положениями проектирования и расчета механизмов ручных систем управления, представленные ниже, изучить заданные преподавателем механизм переключения управляемых элементов, характер расположения колес в блоках, структуру привода.

Примеры конструктивных решений элементов ручных систем управления приведены в приложении к данной практической работе (рис. П.1–П.7).

#### 2.1. Последовательность проектирования и кинематический расчет 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 др.) 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 др.) 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. 1 представлен широко распространенный рычажный механизм индивидуального переключения блока шестерен.

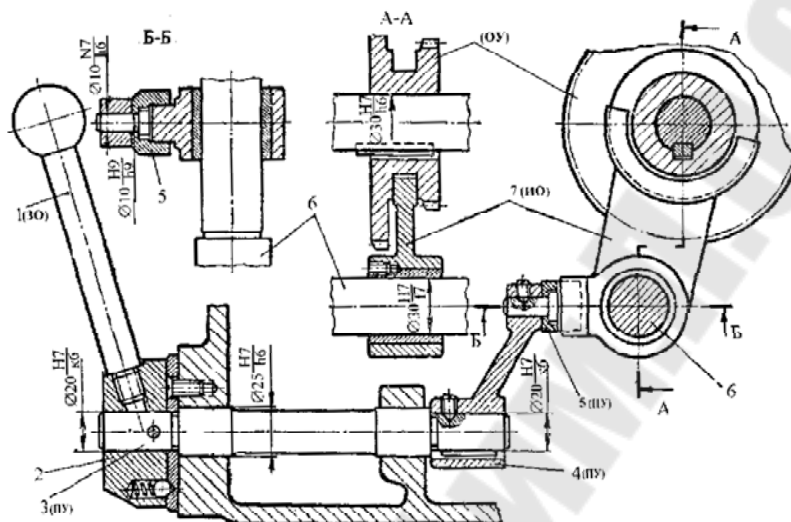


Рис. 1. Рычажный механизм индивидуального переключения блока шестерен

Поворот от рукоятки 1, ввернутой в ступицу 2, передается поворотному валу 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.

При разработке механизмов ручного управления подробной конструктивной проработке подлежат все звенья цепи управления: от задающего до исполнительного органа с максимальным использованием типовых устройств. Ручное управление характерно тем, что рукоятки и кнопки располагаются непосредственно на корпусе коробки привода в удобной для обслуживания зоне. Причем их количество должно быть минимальным.

Проектирование СУ выполняют поэтапно в такой последовательности. Количество объектов управления и перечень необходимых команд управления определяют на стадии формирования технического предложения. При эскизной компоновке узла в первую очередь решают вопрос о месте панели управления на корпусе коробки в соответствии с эргономическими требованиями и выделяют зоны под размещение передаточных механизмов и исполнительных органов системы управления с учетом положения объекта управления, обеспечивая кратчайшую длину цепей управления. Затем ищут конструктивные решения этих цепей и разрабатывают схему управления приводом.

Предварительную конструктивную проработку элементов системы управления осуществляют в упрощенном виде, решая одновременно вопросы их взаимной стыковки.

В кинематических группах, состоящих из двух подвижных блоков, обязательно предусматривают блокировочные устройства.

Кинематический расчет механизмов управления производят при наличии в схеме механических связей. Его цель – увязка перемещений задающего и исполнительного органов, т. е. определение геометрических параметров элементов СУ: длин рычагов и углов поворота, передаточных отношений передач, диаметров кулачков, ходов подвижных блоков и другое.

Расчет углов поворота, длин рычагов и передаточных отношений рассмотрим на примере механизма управления, представленного на рис. 2.

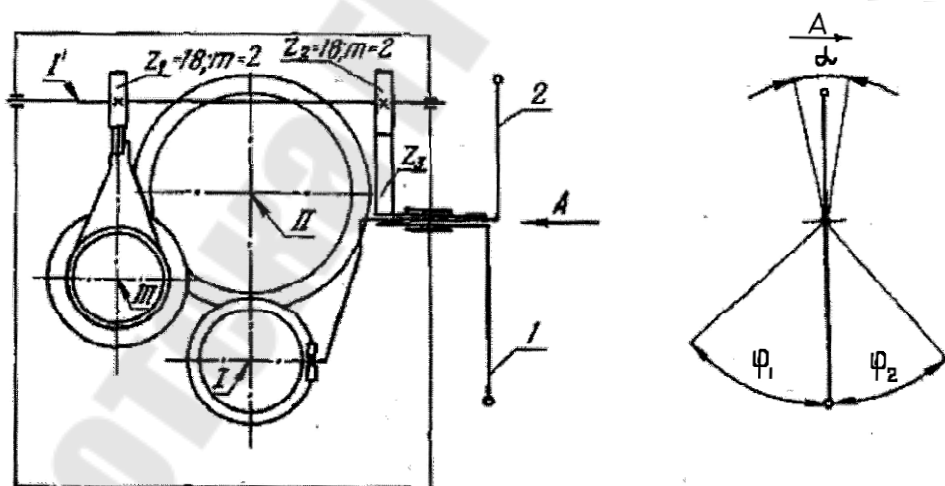


Рис. 2. Расчетная схема механизма управления

Перемещение тройного блока по валу III осуществляется от рукоятки 1, секторно-зубчатым и реечным механизмами. Рукоятка 2 осуществляет непосредственное управление двойным блоком, находящимся на валу I.

При расчете угла поворота рукоятки 1 необходимо знать полный ход  $S$  перемещаемого блока, а также ход рейки вправо  $S_1$  и влево  $S_2$  ( $S = S_1 + S_2$ ).

Длина рейки, обеспечивающая осевое перемещение блока  $l = (S + 10)$  мм. Числа зубьев реечной шестерни  $Z_1$  и  $Z_2$  желательно принимать наименьшим при одинаковом модуле, т.е.  $Z_1 = Z_2 = 18$ ,  $m = 2$  мм.

Для перемещения блока влево от среднего положения необходимо определить:

а) число оборотов промежуточного валика  $I^1$

$$n_{I^1} = \frac{S_1}{\pi m z_1}; \quad (1)$$

б) число оборотов рукоятки управления 1 определяется из уравнения кинематического баланса

$$n_1 \cdot i = n_{I^1}, \quad (2)$$

где  $i = z_3/z_2$  - передаточное отношение зубчатой передачи.

Тогда число оборотов рукоятки 1 составит

$$n_1 = \frac{n_{I^1}}{i} = \frac{n_{I^1} \cdot z_2}{z_3}. \quad (3)$$

Количество зубьев  $z_3$  принимается из конструктивных соображений, т.е. из межосевого расстояния  $A$ , мм, между осью рукоятки 1 валом  $I^1$ , определяемого по формуле

$$A = \frac{(z_2 + z_3) \cdot m}{2}. \quad (4)$$

Рассчитанное число оборотов переводится в угол поворота рукоятки  $\varphi_1$ , град

$$\varphi_1 = n_1 \cdot 360^\circ. \quad (5)$$

Аналогично рассчитывается угол поворота  $\varphi_2$  рукоятки 1 для перемещения блока вправо от среднего положения на величину  $S_2$ .

Полный угол поворота рукоятки составит  $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ . Данное значение не должно превышать  $\varphi_{\max} = 90^\circ \dots 120^\circ$ . В противном случае необходимо пересмотреть передаточное отношение  $i$  зубчато-секторной передачи или межосевое расстояние  $A$ .

Учитывая, что шестерня  $Z_3$  изготовлена в виде сектора с углом  $\varphi_c = \varphi + \varphi_0$ , где  $\varphi_0 = (40^\circ \dots 45^\circ)$  – угол, необходимый для обеспечения постоянного зацепления шестерни  $Z_2$  с сектором  $Z_3$ , получаем

$$\varphi_c = \varphi + (40^\circ \dots 45^\circ).$$

Когда при конструкторской проработке механизма управления необходимо определить минимально допустимое межосевое расстояние  $A$ , рассчитывают  $i_{\min}$  зубчато-секторной передачи из уравнения кинематического баланса

$$n_1 i_{\min} z_1 = S, \quad (6)$$

где  $n_1 = \varphi_{\max}/360^\circ$  – максимально допустимое число оборотов рукоятки 1;

$i = z_3/z_2$  – передаточное отношение зубчато-секторной передачи.

Тогда

$$i = \frac{S}{n_1 \cdot \pi \cdot m \cdot z_1}, \quad (7)$$

а, задавшись  $z_2 = z_{\min}$ , вычисляется  $z_3$ .

Расстояние  $A$  рассчитывается по формуле (4).

Дальнейшее определение углов поворота  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  рукоятки 1 при перемещении блока влево и вправо производится на основании вышеописанных расчетов

Переключение блока зубчатых колес, расположенного на валу I производится непосредственно рычагом, сидящим на одной оси с рукояткой управления 2. Длина рычага  $R$  и угол поворота  $\alpha$  рукоятки 2 зависят от величины перемещения (хода  $S$ ) блока и высоты  $h$  приводного сухаря (камня), установленного в кольцевом пазу блока (рис. 3).

Для нормальной работы механизма необходимо, чтобы при повороте рычага величина  $a$  отклонения сухаря от оси зубчатого блока не превышала значения  $a \leq 0,3l$ , где  $l$  – длина камня.

Чтобы выдержать это условие, радиус  $R$ , мм, рычага принимают равным

$$R = A_1 + a, \quad (8)$$

где  $A_1$  – расстояние от оси вала зубчатого блока до оси поворота рычага, мм;

$a$  – половина высоты дуги, описанной осью камня, при перемещении блока из одного крайнего положения в другое.

Необходимым условием правильного выбора длины переводного рычага для нормальной работы сухаря является

$$R \geq \frac{0,6l}{1 - \cos \alpha/2}. \quad (9)$$

Полный угол поворота рукоятки 2 определяется из выражения

$$\alpha = \arcsin S/R. \quad (10)$$

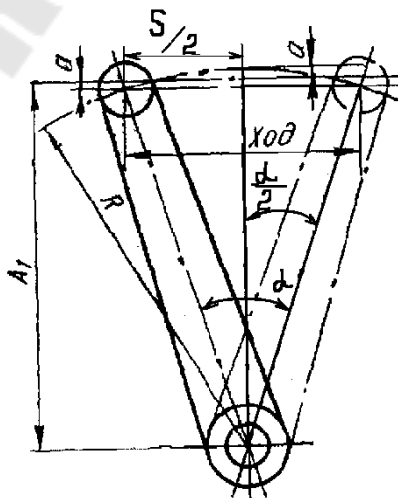


Рис. 3. Схема поворота рычага механизма управления

В проектных расчетах при проектировании механизма управления с переводной вилкой (рис. 4), в первую очередь следует определить параметры зубчатого сектора и рейки по известной длине хода блока шестерен S.

Модуль  $m$  зубчато-реечной передачи в механизмах управления принимают равным 1,5 или 2 мм, тогда минимально необходимое число зубьев сектора

$$z = \frac{S \cdot 360^{\circ}}{\pi \cdot m \cdot \varphi^{\circ}}, \quad (11)$$

где  $\varphi = (60^{\circ} \dots 90^{\circ})$  – угол поворота зубчатого сектора.

Длина зубчатого сектора  $C$ , мм, равна

$$C = mZ + \Delta, \quad (12)$$

где  $\Delta = 0,3 mZ$  – величина запаса хода зубчатого сектора.

Радиус сектора определяется по формуле

$$R = \frac{C \cdot 360^{\circ}}{2\pi \cdot \varphi^{\circ}}. \quad (13)$$

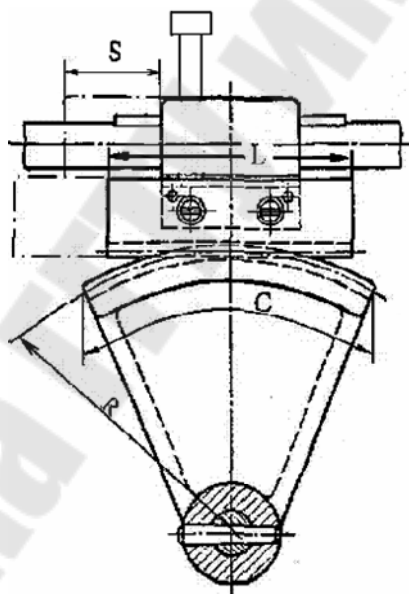


Рис. 4. Схема зубчато-реечного механизма перемещения переводной вилки

## 2.2. Силовой расчет механизмов ручного управления

Для разработки конструкции привода механизма переключения необходимо определить усилие, требующееся для перемещения подвижного элемента (блока зубчатых колес, муфт и др.).

Составление расчетной схемы сил, действующих в механизме управления при перемещении блока зубчатых колес выполняется после разработки компоновки системы управления.



Если перемещение зубчатых колес производится при отключенных кинематических цепях, т.е. привод не вращается, то сила передвижения зависит от веса подвижных элементов и условий контактирования последних с валом (формы вала, наличия смазки и т. п.)

На рис. 5 представлена обобщенная схема сил, действующих в механизме управления при перемещении блока зубчатых колес.

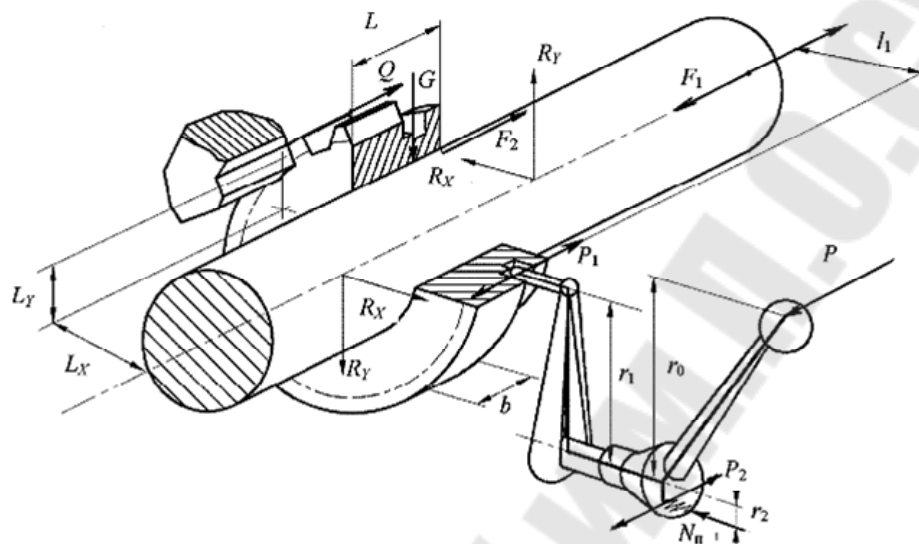


Рис. 5. Схема к силовому расчету механизма управления

Для перемещения блока зубчатых колес непосредственно по валку необходимо приложить усилие, равное

$$F_1 = Q + F_2, \quad (14)$$

где  $Q$  – сила, затрачиваемая на соединение зубчатых колес. В предварительных силовых расчетах она принимается  $Q = aF_1 = (0,3 \dots 0,6)F_1$ ;

$F_2 = kfG$  – сила трения, определяемая с учетом конструктивного коэффициента  $k = 1,5 \dots 2,0$ , учитывающего шпоночное или шлицевое соединение блока с валом;  $f$  – коэффициент трения;  $G$  – вес перемещаемого блока.

Тогда усилие перемещения блока составит

$$F_1 = \frac{kfG}{1 - a}. \quad (15)$$

Для преодоления этой силы, а также иных сил сопротивления в промежуточных элементах механизма управления, необходимо на рукоятку воздействовать силой, равной

$$P = P_1 + P_2 + F_1, \quad (16)$$

где  $P_1$  – сила трения между камнем кольцевым пазом, действующая в плоскости перемещения блока;

$P_2$  – сила сопротивления фиксатора. Зависит от конструкции принятого механизма фиксации и силы  $N_n$ , создаваемой пружиной.

Наибольшая сила трения  $P_1$  возникает при подходе блока к крайнему положению, т.е. когда рычаг отклонен на угол  $\varphi_1$  от среднего положения, и определяется по формуле

$$P_1 = F_1 \operatorname{tg} \varphi_1. \quad (17)$$

Длину рукоятки механизма управления  $r_0$  можно определить из уравнения моментов сил

$$Pr_0 + P_2 r_2 - P_1 r_1 - F_2 d/2 - QL_y = 0. \quad (18)$$

При расчете механизма управления при перемещении зубчатого колеса от вилки, необходимо учитывать момент  $M = PC$  (рис. 6), поворачивающий подвижной элемент в плоскости, параллельной оси.

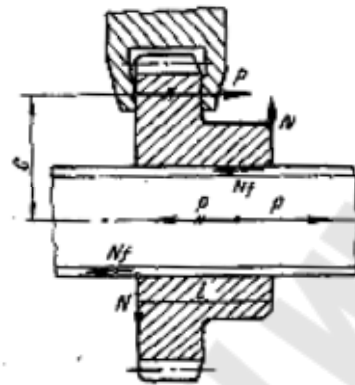


Рис. 6. Схема сил, возникающих от вилки

Этот момент уравновешивается реактивным моментом  $NL$ . Реакция  $N$  создает силы трения  $Nf$ , которые оказывают сопротивление осевому перемещению зубчатого колеса. При большом плече  $C$  и малой длине  $L$  (определенном отношении  $L/C$ ) деталь может заклиниваться и перемещение ее по валу окажется невозможным. Поэтому необходимо предельно уменьшить плечо приложения силы  $P$  (размер  $C$ ) и увеличить длину ступицы зубчатого колеса (размер  $L$ ). Желательно, чтобы это выдерживалось отношением  $L/C > 1,0$ . Если это отношение выдержать не удастся, следует применять вилки с двумя сухарями, охватывающие колесо с двух сторон.

Включение-выключение кулачковых, фрикционных муфт и других механизмов может производиться на ходу при передаче крутящего момента и при расчете усилия перемещения можно пренебречь весом подвижных элементов в силу их малой значимости.

*Определение усилий при переключении кулачковой муфты.* С целью уменьшения усилий выключения муфты кулачки выполнены с уклоном (рис. 7, б).

В зависимости от точности выполнения муфты усилие может передаваться одним или несколькими кулачками. В втором случае к полумуфте приложен крутящий момент  $M$ , реакция  $N_1$ , действующая со

стороны шпонки, реакция  $N_2$ , действующая со стороны вала, сила трения, возникающая под действием реакций  $N_1$  и  $N_2$  и осевая сила  $P_{oc}$  (рис. 7, а). В первом случае наиболее неблагоприятные условия возникают тогда, когда зуб, передающий окружное усилие, и шпона расположены под углом  $180^\circ$ . При этом возрастает величина реакции  $N_2$ . Одновременно вследствие одностороннего приложения осевой силы  $P_{oc}$  возникает реакция  $N_3$ , которые принимаются к расчету распределенными по закону треугольника.

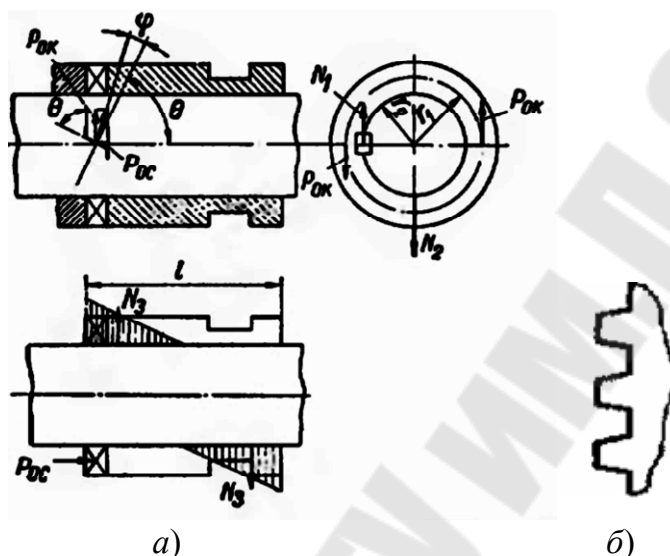


Рис. 7. Силы, действующие при переключении кулачковой муфты

Прежде чем определить усилие выключения муфты, необходимо установить величину подъема профиля кулачка  $\theta$ , чтобы исключить самовыключение муфты.

Принимая во внимание, что

$$P_{ок} = \frac{M}{r_1}; \quad P_{ос} = P_{ок} \operatorname{ctg}(\theta + \varphi_1), \quad (19)$$

где  $\varphi_1$  – угол трения, осевое усилие определяется по формуле

$$P_{ос} = \frac{M}{r_1} \operatorname{ctg}(\theta + \varphi_1). \quad (20)$$

Муфта будет находится в равновесии при условии

$$P_{ос} = \Sigma F; \quad \frac{M}{r_1} \operatorname{ctg}(\theta + \varphi_1) = f \frac{2M}{r_2}, \quad (21)$$

где  $\Sigma F = f(N_1 + N_2) = f \frac{M}{r_2}$  – сила трения.

Тогда условие отсутствия самовыключения муфты

$$\operatorname{ctg}(\theta + \varphi_1) \leq 2f \frac{r_1}{r_2}. \quad (22)$$

При определении угла подъема профиля кулачка  $\theta$  принимается  $\varphi_1 = 6^\circ$  и  $f = 0,06 \dots 0,08$ .

Усилие выключения  $P_v$  муфты определяются при принятом значении  $\theta$  и условии передачи окружного усилия одним зубом, когда силы трения, а соответственно и усилие выключения достигают наибольшей величины

$$P_v = \Sigma F - P_{oc}, \quad (23)$$

где  $\Sigma F = (N_1 + N_2 + 2N_3)f$  – сумма сил трения.

Учитывая, что момент осевого усилия  $P_{oc}$  уравнивается моментом реакции  $N_3$

$$P_{oc}r_1 = \frac{2N_3 \cdot \ell}{3}; \quad N_3 = \frac{3P_{oc}r_1}{2\ell}; \quad \text{получаем } N_3 = \frac{3M}{2\ell} \text{ctg}(\theta + \varphi_1). \quad (24)$$

Таким образом

$$P_v = M \left\{ \left[ \frac{1}{r_1} + \frac{2}{r_2} + \frac{3}{\ell} \text{ctg}(\theta + \varphi_1) \right] f - \frac{1}{r_1} \text{ctg}(\theta + \varphi_1) \right\}. \quad (25)$$

При определении усилия выключения необходимо принимать наибольшие возможные значения угла  $\varphi_1 = 10^\circ$  и коэффициента трения  $f = 0,25 \dots 0,30$ .

### 2.3. Назначение и конструкции блокировочных устройств

Блокировочные устройства (механические, электрические, гидравлические или их комбинации) предназначены для предотвращения одновременного включения нескольких механизмов, совместная работа которых недопустима.

В механизмах управления станков наибольшее распространение получили механические блокировочные устройства, поскольку расстояния между блокирующими органами незначительно. Обязательной блокировке подлежит также ошибочная возможность передачи движения по несовместимым кинематическим цепям или по таким, цепям, которые должны происходить в определенной последовательности.

*Блокировка параллельных валов* (рис. 8, а–д). На валах, на которых закреплены органы управления, закрепляют взаимно блокирующиеся детали в виде, например, дисков (рис. 8, а–в, д) или секторов (рис. 8, г) с вырезами. В положении, указанном на рис. 8, а возможно свободное манипулирование любой рукояткой, а в положении по рис. 8, б – правый валик заперт.

*При блокировке взаимно перпендикулярных валов* при помощи аналогичных элементов по схеме, представленной на рис. 8, е заперт нижний валик.

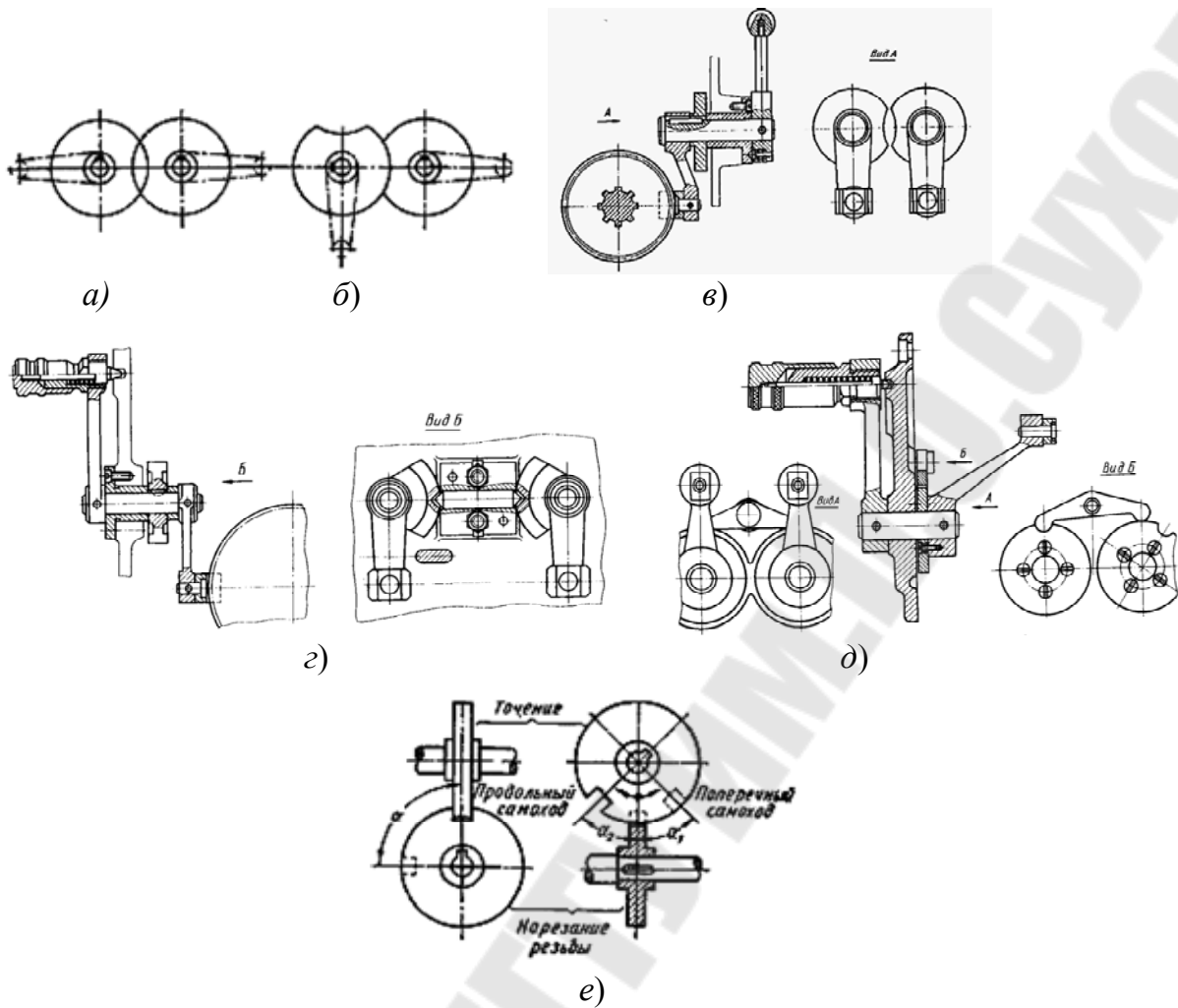


Рис. 8. Блокировка параллельных (а–д) и взаимно перпендикулярных (е) валов

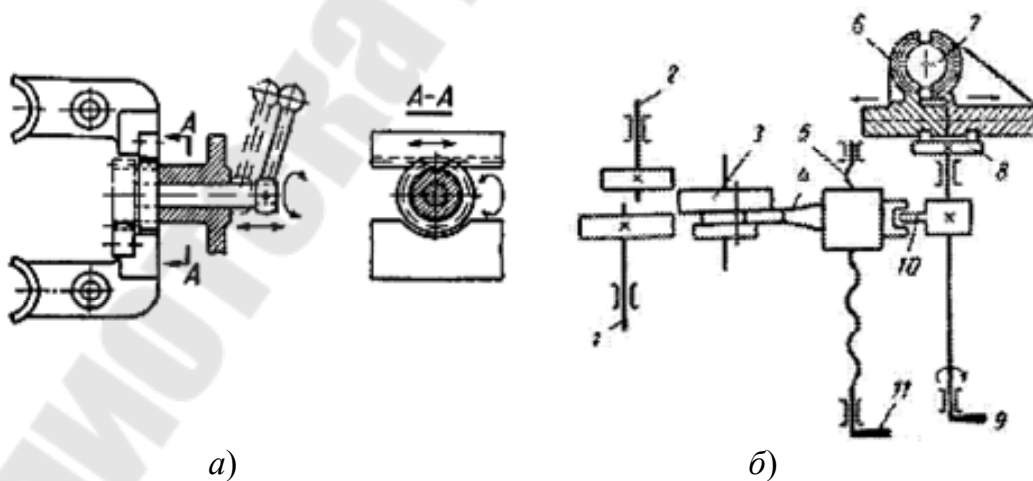


Рис. 9. Блокировка деталей управления, движущихся параллельно (а) и одновременного включения ходового валика и ходового винта токарно-винторезного станка (б)

При блокировке прямолинейно движущихся деталей по схеме рис. 9, а управление одновременно двумя рычагами перемещения блоков невозможно, т. к. с одним из рычагов прервана кинематическая связь. При прямолинейном движении рукоятки данная связь обеспечивается с разрывом предыдущей кинематической связи.

На рис. 9, б представлена схема устройства, предназначенного для предохранения одновременного включения ходового валика и ходового винта механизмом блокировки, расположенном в фартуке токарно-винторезного станка. На рисунке показано положение блокировочного механизма, когда ходовой винт 7 токарно-винторезного станка соединен с маточной гайкой б, и обеспечивает продольную подачу суппорта для нарезания резьбы.

Скользящее зубчатое колесо 3 при этом находится между колесами, посаженными на валу 1 и на валу 2. Как только осуществится поворот рукоятки 9, маточная гайка б с помощью диска 8 разомкнется и освободит ходовой винт 7. Одновременно язычок 10 выходит из паза гайки-рычага 4. При повороте рукоятки управления 11 приводится во вращение винт 5, перемещая гайку-рычаг 4 и увлекая за собой зубчатое колесо 3 для соединения с одним из двух зубчатых колес. При соединении зубчатого колеса 3 с зубчатым колесом, посаженным на валу 1 обеспечивается от ходового валика продольная подача суппорта, а при соединении с колесом, посаженным на валу 2, – поперечная подача. Как только гайка-рейка 4 переместится, повернуть рукоятку 9 невозможно, так как язычок 10 не попадет в паз гайки 4, а следовательно, диск 8 не повернется и маточная гайка не будет включена.

#### Структура отчета

1. Описание конструкции механизма управления (ручной системы управления) с принципиальной схемой управления.
2. Кинематический и силовой расчеты с поясняющими схемами к расчету.
3. Сборочный чертеж механизма управления.

#### Контрольные вопросы

1. Укажите последовательность проектирования ручных механизмов управления.
2. Какими конструктивными особенностями обладают механизмы ручного управления.
3. Нарисуйте расчетную схему определения угла поворота рукоятки управления.

4. Какие силы действуют в механизмах перемещения подвижных элементов?

5. Укажите особенности кинематического расчета ручных систем управления.

6. Назовите назначение и укажите конструкции блокировочных устройств.

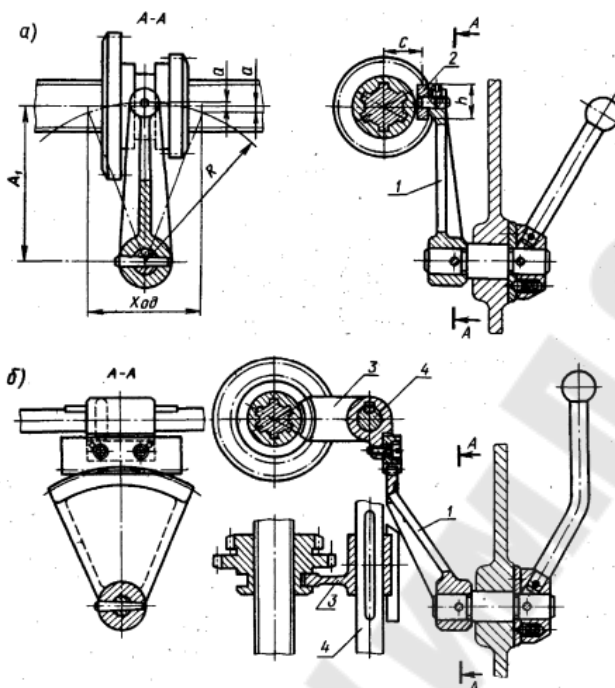
#### Литература

1. Лепший А.П., Михайлов М.И. Практическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Системы управления станками» для студентов спец. Т.03.01.00 по специализации Т.03.01.04, часть 1 «Конструирование и расчет механизмов ручных систем управления», Часть 2 «Конструирование и расчет механизмов систем управления с распределительным валом», Гомель, ГПИ, 2000.

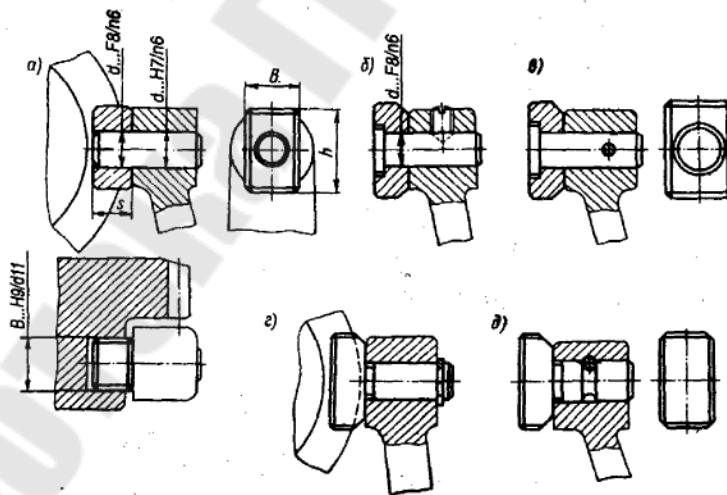
2. Свирцевский Ю.И., Макейчик Н.Н. Расчет и конструирование коробок скоростей и подач. – Мн.: Выш. Шк., 1976.

3. Шестерников А.В., Кирилин Ю.В. Проектирование механизмов ручного управления коробками скоростей и подач металлорежущих станков: Учебное пособие.- Ульяновск: УлГТУ, 2002.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
к практической работе № 1  
(примеры конструктивных решений элементов ручных систем управления)



*Рис. П.1.* Схемы передвижения зубчатых колес или муфт по валу:  
*а* – рычагом 1, установленным на одной оси с рукояткой управления  
 $(R = A_1 + a; a \leq 0,3h)$ ; *б* – вилкой 3, расположенной на направляющей скалке 4  
 и приводимой в движение рычагом 1, например, через зубчато-реечную передачу



Размеры переводных камней, мм					
B	h	S	d	D	l
10	18	5	5	14	8
12	22	6	6	16	10
16	28	8	8	20	12
20	36	10	10	26	14

*Рис. П.2.* Переводные камни



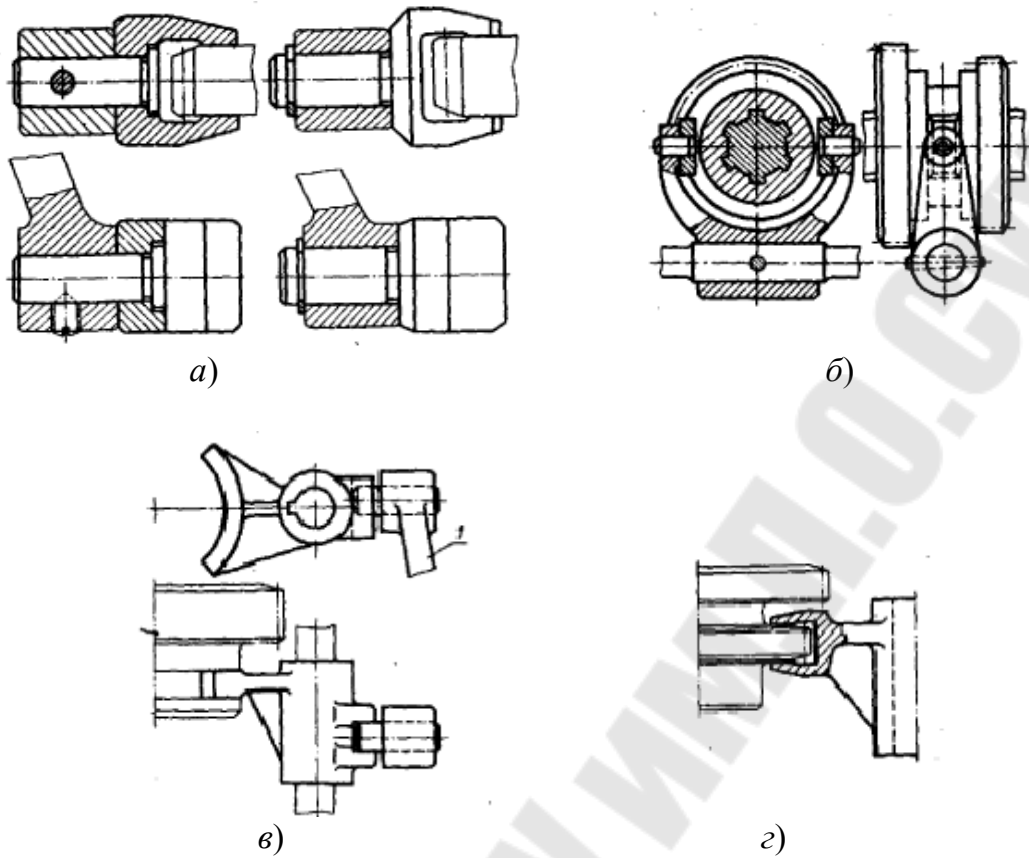


Рис. П.3. Конструкции вилок:  
 а – односторонние; б – двухсторонние; в – установленная  
 в кольцевой паз; г – с охватыванием кольцевого выступа

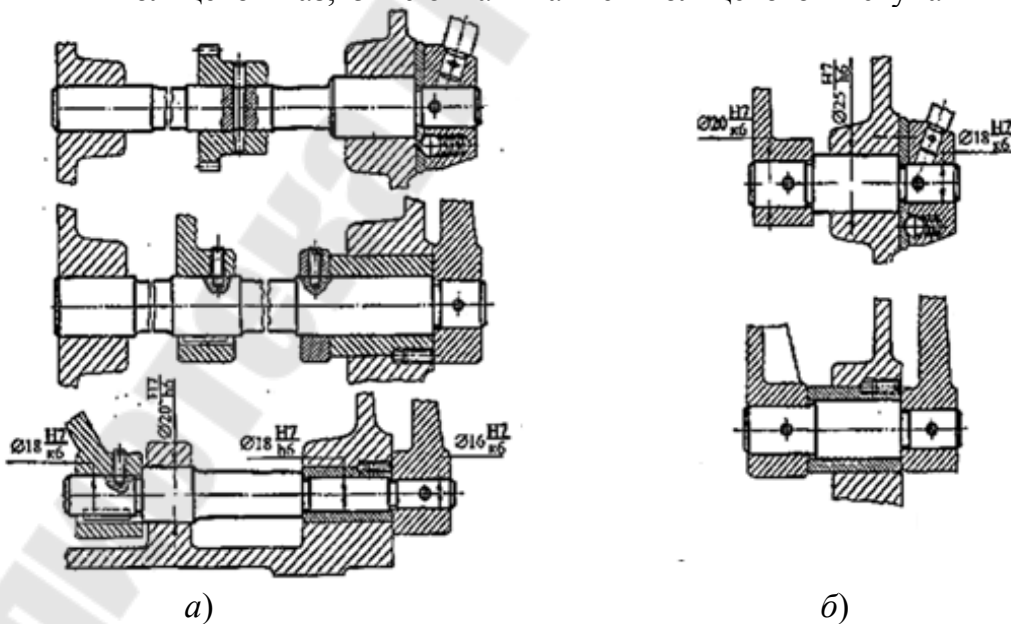
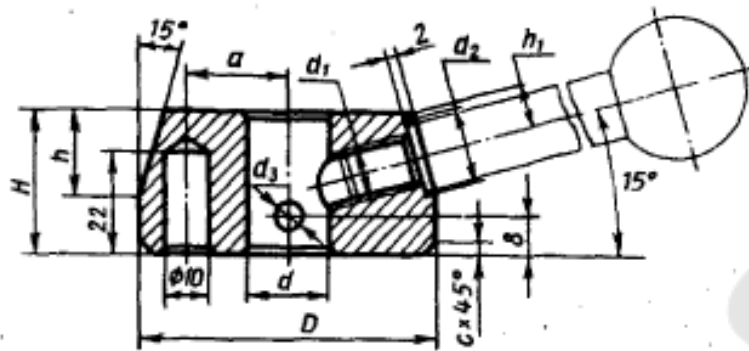
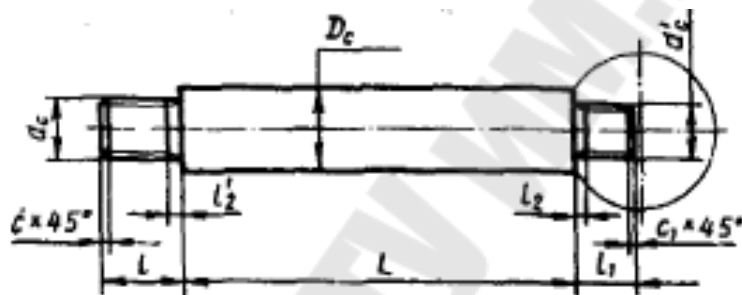


Рис. П.4. Поворотные оси механизмов управления:  
 а – длинные оси; б – короткие оси



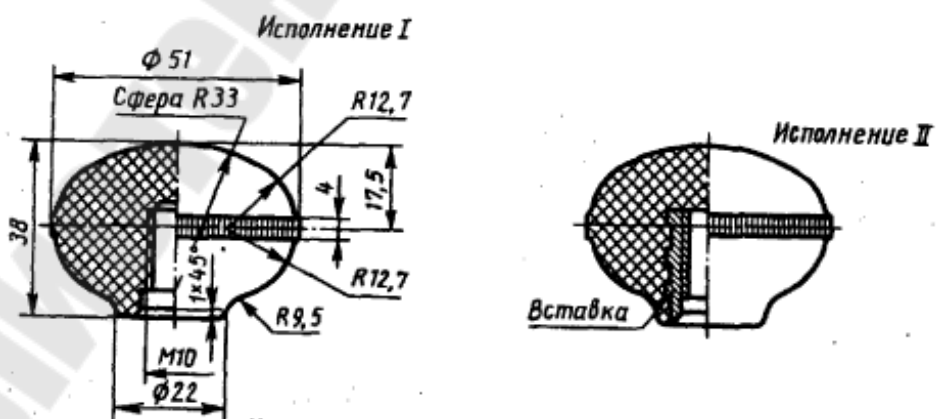
Размеры ступиц, мм									
D	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	a	H	h	h <sub>1</sub>	c
65	18	M12	17	6	24	30	18	10	2
80	22	M16	21	6	32	36	22	12	2,5

а)



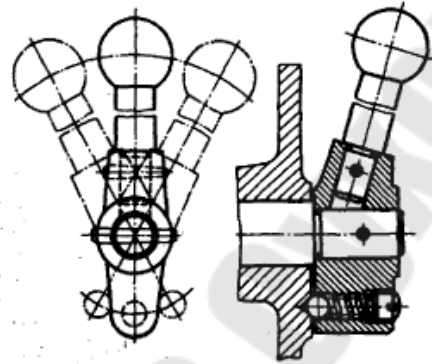
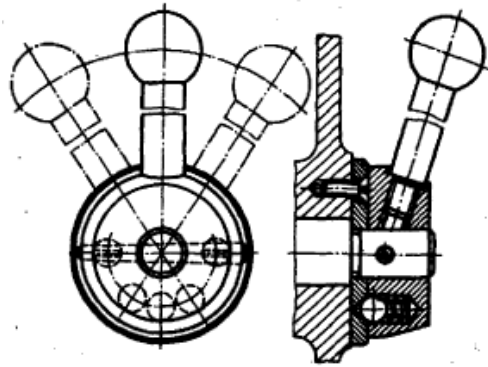
Размеры стержней, мм													
D <sub>c</sub>	d <sub>c</sub>	d <sub>c</sub> '	l	l <sub>1</sub>	c	c <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>2</sub>	L				
15	M12	M10	16:20	12	1,8	1,2	2,2	1,8	65	80	100	125	160
20	M16	M10	20:25	20	2,0	1,8	2,6	2,6	160	200	250	320	400

б)

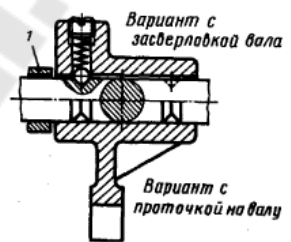
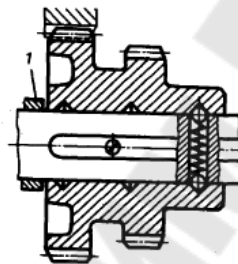
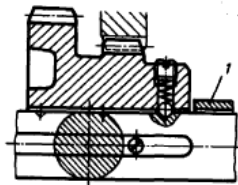
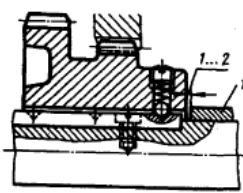


в)

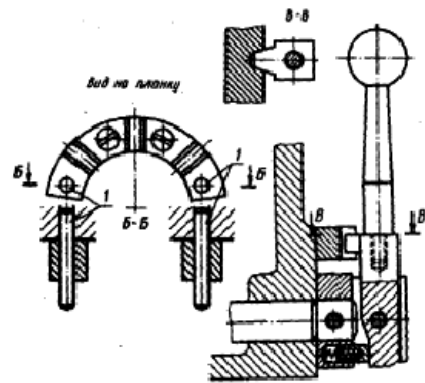
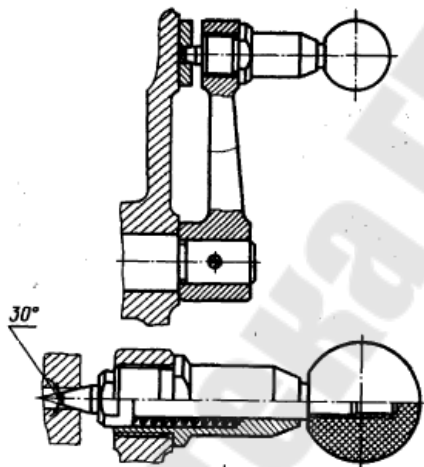
Рис. П.5. Рукоятка управления:  
а – ступица; б – тержень; в – ручка



а)



б)



в)

Рис. П.6. Устройства фиксирования:  
 а – расположенные в рукоятке; б – устанавливаемые на валах  
 или направляющих скалок; в – штифтами

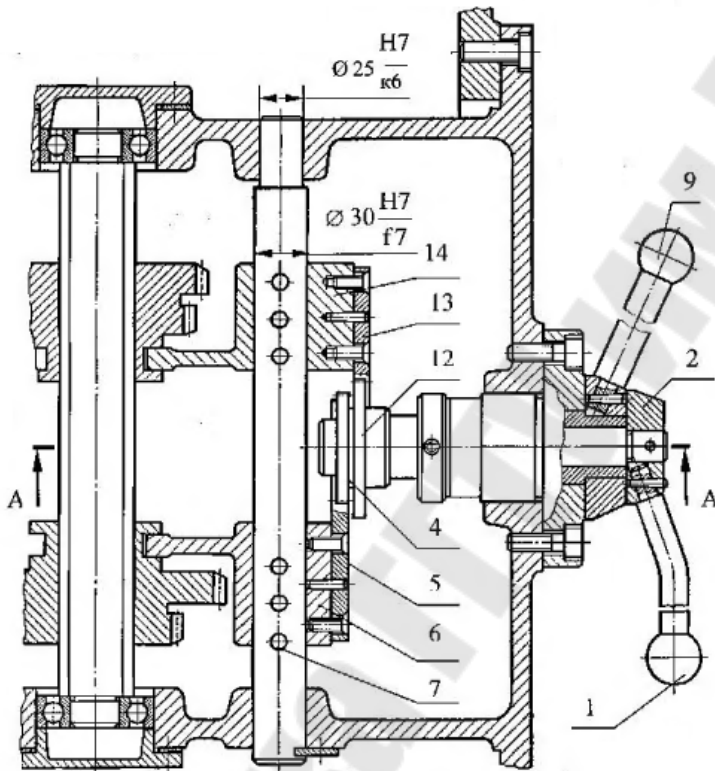
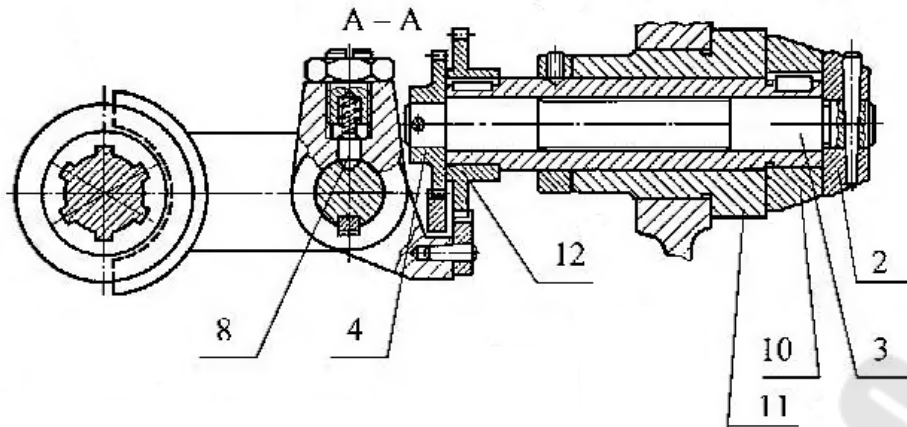


Рис. П.7. Реечно-зубчатый механизм переключения

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2**  
Расчёт конструкции однорычажных систем управления  
(селективных, преселективных механизмов)

Цель работы: получить навыки по разработке однорычажных систем управления и определению параметров селективных и преселективных механизмов

1. Порядок выполнения работы

1.1. Получить задание у преподавателя (структурную формулу привода, характер расположения колес в блоках, структуру привода) и выполнить анализ исходных данных

1.2. Определить количество переключаемых передач обеспечиваемых с помощью механизма.

1.3. Определить количество и величину перемещения каждой вилки механизма.

1.4. Выбрать конструкцию механизма переключения

1.5. Изобразить принципиальную схему управляемой коробки передач.

1.6. Изобразить эскизы дисков и элементов механизма переключения и дать обоснование их размеров.

2. Методические рекомендации к выполнению работы

При выполнении пп. 1.1 и 1.2 необходимо по заданной структурной формуле привода построить структурную сетку (график частот вращения или подач), нарисовать кинематическую схему и провести их анализ на возможные занимаемые положения передвижных блоков зубчатых колес, для чего на структурной сетке обозначить положения блоков (правое – П, левое – Л или среднее – С) в соответствии с их положением на кинематической схеме и результаты занести в таблицу 1 или в таблицу, представленную на рис. 2, в.

*Таблица 1*

**Результаты анализа механизма управления**

Обозначение блоков	Частоты выходного вала			
	$n_1$	$n_2$	...	$n_i$
А	Л	С	...	Л
Б	Л	Л	...	П

На разработанной кинематической схеме привода указать номера валов, название блоков и величины их перемещений.

При выполнении пп. 1.4 и 1.5 на основании изучения методических материалов выбрать соответствующий тип селективного механизма и нарисовать его принципиальную схему.

Основное достоинство механизмов селективного управления состоит в том, что при установке нужной частоты вращения не требуется производить последовательное переключение всех шестерен, как в механизмах централизованного последовательного управления, а можно сразу осуществить включение требуемой скорости, чем значительно сокращается время на переключение.

Кроме механизмов селективного переключения зубчатых колес есть системы управления с предварительным набором частот вращения и подач. Такие системы, называемые также преселективными, еще более существенно сокращают время на переключение, так как позволяют установить следующие необходимые частоты вращения или подачу непосредственно во время работы станка. Принцип работы такой системы можно понять, если представить, что, например, в механизме переключения частот вращения шпинделя каждая пара реек или зубчатый блок, или вилка со скалкой имеют свою (а не от диска) собственную фиксацию. Тогда при вращающихся шестернях коробки скоростей можно отвести селективный диск и установить его в следующую необходимую позицию. После остановки шпинделя, чтобы переключить шестерни, достаточно будет повернуть только рукоятку, возвращающую диск в исходное положение. Остановка шпинделя нужна потому, что при переключении зубчатых колес на ходу станка возможна поломка зубьев.

Для управления коробками скоростей и подач, не имеющих тройных блоков шестерен, применяется однодисковый механизм, а когда переключается тройной блок, то чаще всего используется сборный диск, состоящий из двух жестко скрепленных между собой дисков, отличающихся количеством и комбинацией отверстий в них, а также дисковый селективный механизм с двумя сходящимися дисками.

Селективный механизм с двумя сходящимися дисками, в отличие от однодискового с реечными толкателями, имеет некоторые преимущества. Так, при одинаковом количестве переключаемых блоков наружный диаметр сходящихся селективных дисков уменьшается в сравнении с однодисковым механизмом в 1,5...1,8 раза, что особенно важно для малых станков. Появляется возможность располагать комбинации отверстий для управления двумя блоками шестерен на одной окружности. К недостаткам рассматриваемой конструкции следует отнести то, что при переключениях требуется значительное осевое смещение дисков и, как следствие, увеличивается в размерах механизм, осуществляющий их перемещение.

От одного селективного диска одновременно может производиться управление несколькими подвижными блоками (обычно не более 4-х).

При выполнении п. 1.6 необходимо ознакомиться с нижеприведенными принципиальными и расчетными схемами механизмов управления, расчетами или выбором размеров конструктивных элементов.

На рис. 1 приведена принципиальная схема механизма переключения с одним селекторным диском, который применяется для управления коробкой скоростей и подачи, не имеющих тройных блоков шестерен. Основные геометрические размеры механизмов селективного переключения определяются из очевидных соотношений, иллюстрируемых на рис. 1, б, в.

Расстояние между осями пары реечных толкателей  $C = 2r + d - 2m$ , где  $m$  — модуль реечных колес  $z_1 - z_4$ .

Диаметр концентричных окружностей, на которых расположены отверстия под цапфы реечных толкателей, равен

$$D_i = \frac{C}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{C}{\sin k\alpha/2}$$

Здесь  $k$  — целое число;  $\alpha = 360/n$ , где  $n$  — число требуемых переключений.

Следовательно

$$D_i = \frac{C}{\sin \frac{k180}{n}}$$

Величина перемещения толкателей зависит от ширины  $b_i$  зубчатых венцов подвижных блоков и соотношения  $R_j/\gamma$ , где  $R_j$  — радиус рычага, передвигающего соответствующий блок ( $R_1, R_2, R_3, R_4$ ).

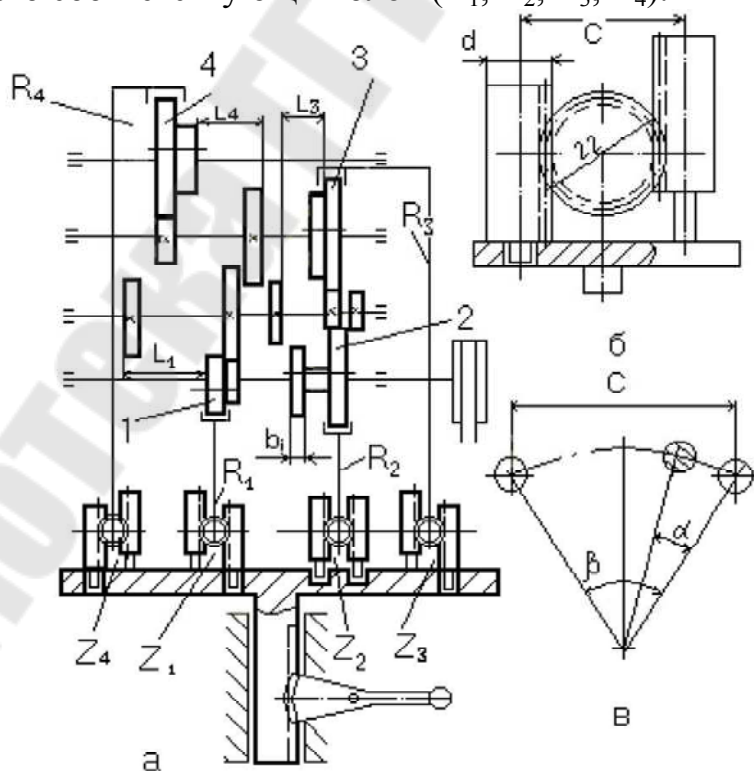


Рис. 1. Принципиальная схема селективного механизма переключения скоростей с одним селекторным диском

Для управления коробкой скоростей и подач, имеющих тройной блок шестерен, используется сборный диск, состоящий из двух жестко скрепленных между собой дисков, отличающихся количеством и комбинацией отверстий на них.

На рис. 2, а изображен внешний вид сборного селективного диска для управления 6-ти скоростной коробкой передач, имеющей двойной и тройной блоки шестерен. Кинематическая схема коробки передач представлена на рис. 2, з.

Установка тройного блока шестерен в нужную позицию (рис. 2, б) при включении частот вращения  $n_1$ ,  $n_2$  и  $n_3$  обеспечивается тремя различными положениями толкателей 1 и 2, которые они занимают при перемещениях и повороте дисков. Толкатели, управляющие двойным блоком, будут занимать только два крайних положения (на рис. 2 не показаны).

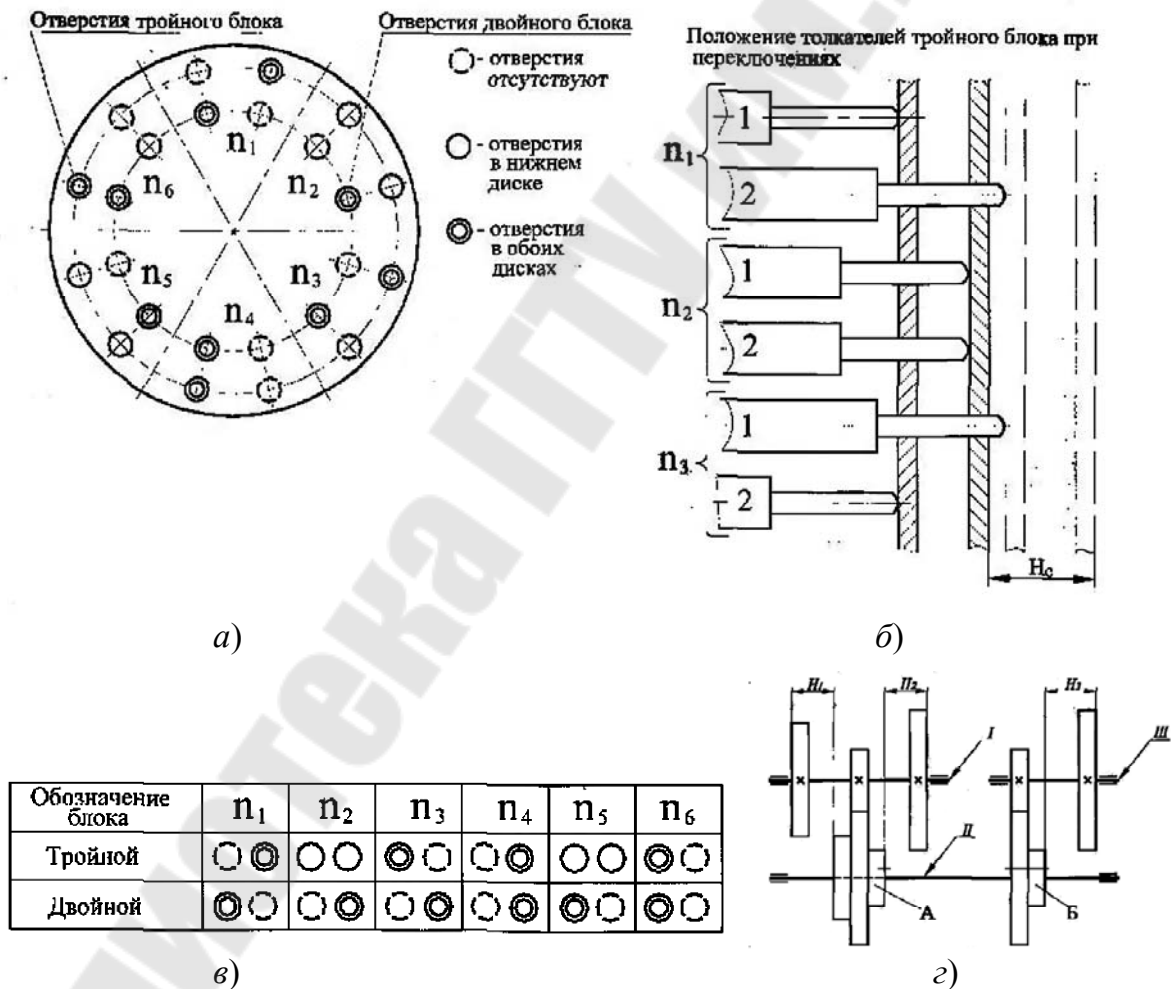


Рис. 2. Схема взаимодействия сдвоенного селективного диска (а) с реечными толкателями (б) при комбинации отверстий на дисках (в) для управления перемещениями блоков передач в кинематической схеме (з)

Порядок расположения отверстий на сборном диске определяется



при помощи графика частот вращения (рис. 3, а).

Из графика видно, что при включении частот вращения от  $n_1$  до  $n_6$  тройной блок шестерен должен переключаться каждый раз. Двойной блок остается в одном неизменном положении при включениях частот вращения  $n_1, n_2, n_3$  и переводится в другое при установке  $n_4, n_5, n_6$ . В соответствии с этим и определяется расположение отверстий на диске, представляемый в форме таблицы на рис. 2, в (или табл. 1).

Величина хода селективного диска  $H_C$  принимается равной минимальной величине перемещения одного из подвижных блоков шестерен в коробке передач (например, двухвенцового блока, отдельной шестерни, муфты). В этом случае на один из сопряженных толкателей можно закрепить переводную вилку, непосредственно перемещаемую подвижный блок шестерен. Увеличение длины хода для других перемещаемых блоков достигается за счет установки дополнительной шестерни большего диаметра и скалки с вилкой.

Основной задачей проектирования является определение размеров селективных дисков и выполнение на них требуемой комбинации отверстий с соответствующими координатами.

Приведенная на рис. 2, а схема двойного селективного диска поясняет порядок расположения отверстий и взаимодействие дисков с толкателями, но не может быть взята за основу при проектировании. Видно, что расстояние между сопряженными толкателями уменьшаются при их расположении ближе к центру диска и не остается места для размещения между ними реечной шестерни.

Поэтому, при проектировании механизма с селективными дисками и реечными толкателями сначала разрабатывают схему размещения толкателей относительно оси вращения дисков (рис. 3, б). При этом оси сопряженных толкателей располагают на окружностях разного диаметра  $D_i$ , а шестерни, расположенные на одной оси, выполняют одинакового диаметра. При определенных соотношениях размеров и порядке расположения отверстий на дисках возможно расположение сопряженных толкателей и на одной окружности, но этот случай сложен в проектировании и в настоящей работе не рассматривается.

Для станков малых и средних размеров при проектных расчетах обычно принимают:

- диаметр валика, на котором крепятся диски  $d_{\Pi} = 20 \dots 25$  мм;
- диаметр толкателей  $d_T = 20 \dots 25$  мм;
- диаметр пальцев толкателей  $d_{\Pi} = 5 \dots 8$  мм;
- модули шестерен  $m = 1,5 \dots 2$  мм;
- число зубьев шестерен сопряженных толкателей  $Z_{Ш.Т.} = 10 \dots 12$ ;
- диаметр скалки переводной вилки  $d_{СК} = (1 \dots 2)d_T$ .

Величина осевого перемещения двойного селективного диска:

$N_C = N + \Delta$ ,  
 где  $N$  – минимальная величина хода одного из блоков;  
 $\Delta = 3 \dots 5$  мм. – гарантированный зазор между торцами диска и пальцами толкателей.

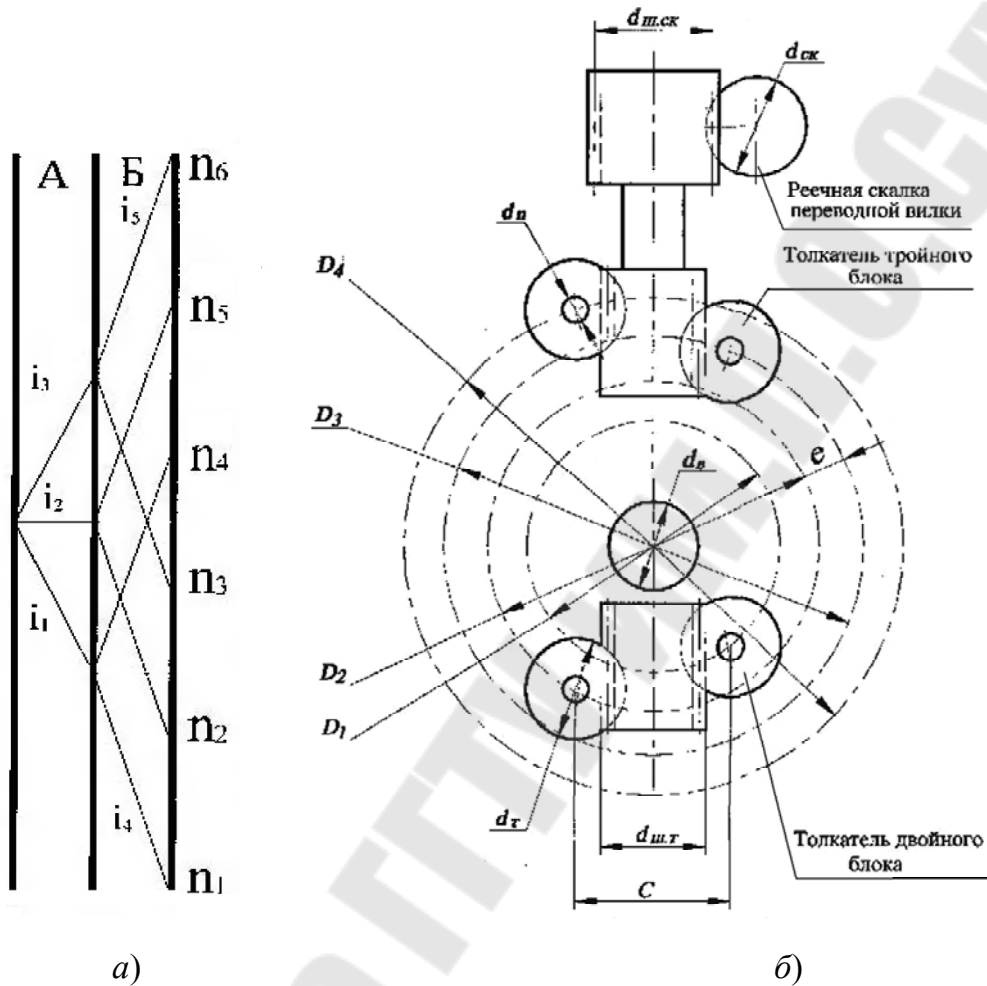


Рис. 3. График частот вращения (а) и расчетная схема дискового селективного механизма управления с реечными толкателями (б)

Длина пальцев толкателей принимается равной  $h_{П} = N + 2\Delta$ .

Число зубьев  $Z_{ш.ск}$ , шестерни, перемещающей скалку с переводной вилкой, определяют из соотношения:

$$N = N_C \cdot Z_{ш.ск} / Z_{ш.т.}$$

Величина  $C$  (см.рис.3), необходимая при построениях, определяется размерами шестерни и толкателя:  $C = m \cdot Z_{ш.т.} + (d_T - 2m)$ .

Диаметр первой (самой малой) окружности равен:

$$D_1 = 2\sqrt{d_B} \sqrt{(d_B / 2)^2 + (d_{ш.т.} / 2)^2} + d_T / 2,$$

где  $d_{ш.т.} = mZ_{ш.т.}$  – диаметр делительной окружности шестерни сопряженных толкателей.

В некоторых конструкциях механизмов валик, на котором крепятся

диски, располагается не вдоль толкателя, а с противоположной стороны диска и поэтому не мешает размещению толкателей и шестерни. В этом случае при определении  $D_1$  принимают  $d_B=0$ .

Диаметры остальных окружностей, на которых будут располагаться отверстия под пальцы толкателей, определяют последовательно по мере их увеличения:

$$D_i = D_1 + 2e,$$

где  $e = K \cdot d_{\Pi}$  – расстояние между соседними окружностями.

Коэффициент  $K = (0,5 \dots 1,2)$  зависит от близости отверстий на соседних окружностях и уточняется при графическом построении. Минимальное расстояние между отверстиями на селективном диске должно быть не менее 2мм.

Наружный диаметр селективных дисков:

$$D_C = D_{\text{imax}} + \Delta,$$

где  $\Delta = (5 \dots 10)$ мм – величина, определяемая конструктивно.

Далее выполняют разметку отверстий (рис. 4) на селективных дисках, пользуясь составленной комбинацией их расположения в порядке увеличения частот вращения (рис. 2, в).

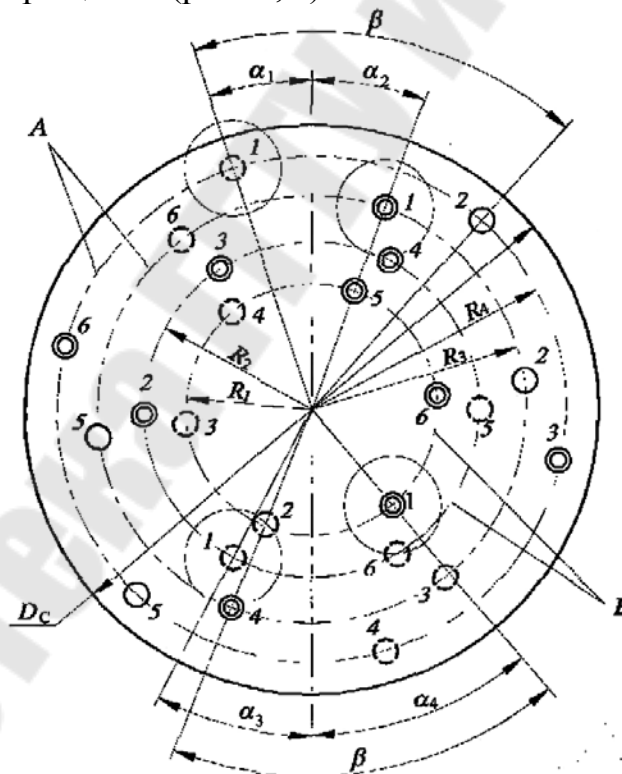


Рис. 4. Внешний вид сдвоенного селективного диска для управления 6-ти скоростной коробкой скоростей:

А – окружности расположения отверстий тройного блока;

Б – окружности расположения отверстий двойного блока; 1...6 – отверстия, соответствующие включению частот вращения  $n_1 \dots n_6$

Для этого, сначала по известным значениям  $R_i$  и  $C$  определяют

центры толкателей или переносят их со схемы на рис. 3, б, если она выполнена в масштабе.

С этими центрами связывают отверстия, при помощи которых будет возможно включение первой частоты вращения  $n_1$  коробки передач. Координаты центров этих отверстий задаются на селективных дисках при помощи соответствующих значений  $R_i$  и углов  $\alpha_i = \arcsin(C/R_i)$ . Координаты отверстий, соответствующих включению  $n_1, n_2 \dots n_Z$ , будут определяться при помощи углов  $\beta = 360^\circ/Z$ . Чтобы не ошибиться в порядке расположения координат отверстий на дисках, следует показать отсутствующие отверстия штриховыми линиями.

Зазоры между отверстиями в селективных дисках и пальцами толкателей составляют  $(0,5 \dots 1,0)$  мм на диаметр. Но иногда этого недостаточно, чтобы пальцы беспрепятственно вошли в отверстия. Поэтому для обеспечения надежности ввода пальцев толкателей в отверстия дисков во многих конструкциях применяют специальный штырь – ловитель, дополнительно ориентирующий диски при их перемещении.

Диски, толкатели и ловитель изготавливаются из стали 40Х и термически обрабатываются до твердости HRC48...51.

Селективный механизм управления с двумя сходящимися дисками используется, например, для управления коробкой скоростей горизонтально-фрезерного станка мод.6Н82. Устройство этого селективного механизма представлено в приложении к данной практической работе (рис. П.1).

Принцип действия селективного механизма управления с двумя сходящимися дисками и пальцевыми толкателями показан на рис. 5.

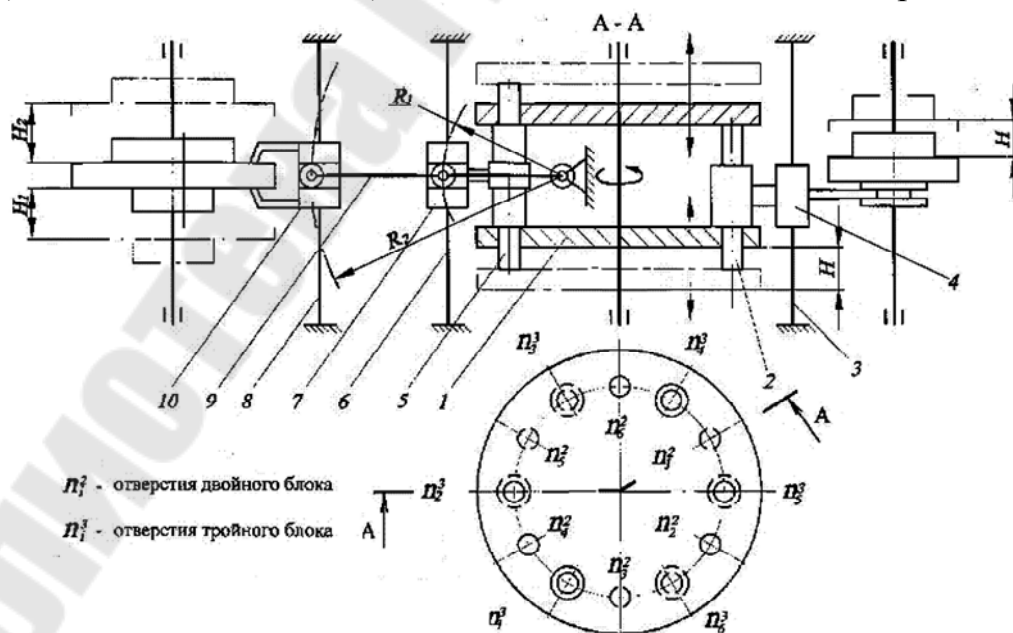


Рис. 5. Селективный механизм управления с двумя сходящимися дисками  
Переключение частоты вращения осуществляется смещением

селективных дисков 1 по валу в противоположные стороны до выхода пальцев толкателей 2 и 5 из отверстий дисков. Затем диски 1 вместе с валом поворачиваются до фиксированного положения (устанавливаемой частоты вращения) и смещаются навстречу друг другу, осуществляя переключение толкателей 2 и 5 и жестко связанных с ними ползушек 4 и 7 в ту или иную сторону. Полушка 4, с вилкой на конце, перемещаясь по неподвижной скалке 3, производит переключение двойного блока на величину хода  $H$ . Полушка 7, перемещаясь по скалке 6, взаимодействует при помощи паза на ее корпусе с роликом рычага 9 и поворачивает его левый конец по дуге окружности  $R_2$  относительно неподвижной оси. В свою очередь, левый конец рычага перемещает ползушку 10 по скалке 8 и вилка ползушки переключает тройной блок шестерен на величину хода  $H_1$ ,  $H_2$  или  $H_1+H_2$ .

Пальцы толкателя тройного блока шестерен выполнены двухступенчатыми, что позволяет перемещать корпус толкателя, а соответственно и блок в три положения (рис. 6). Поэтому отверстия под пальцы этого толкателя на селективных дисках будут иметь различные диаметры  $d_{П1}$ ,  $d_{П2}$ .

Расположение на дисках отверстия позволяют осуществить включение 6-ти частот вращения (см. рис. 5), причем отверстия двойного и тройного блоков могут располагаться на одной окружности.

Порядок чередования отверстий на селективных дисках определяется при помощи графика частот вращения (см. рис. 3, а). Из графика видно, что тройной блок должен переключаться каждый раз при установке новой частоты вращения. Двойной блок должен находиться в неизменном положении при установке частот  $n_1$ ,  $n_2$  и  $n_3$  и переключаться в другое – при наборе  $n_4$ ,  $n_5$  и  $n_6$ . В соответствии с этим. Прежде чем приступить к изображению отверстий на дисках, необходимо составить порядок их расположения в форме таблицы, наподобие приведенной на рис. 2, в или табл. 1 (отсутствие окружности отверстий на верхнем диске показывают штриховой линией).

При проектировании механизма, в первую очередь, необходимо определить размеры селективных дисков, разработать схему расположения отверстий на них и определить предельные расстояния между дисками.

Обычно на первой окружности диаметром  $D_1$  (рис. 6) располагают отверстия только одного толкателя (блока шестерен), на второй –  $D_2$  – можно расположить отверстия сразу для двух толкателей и т. д.

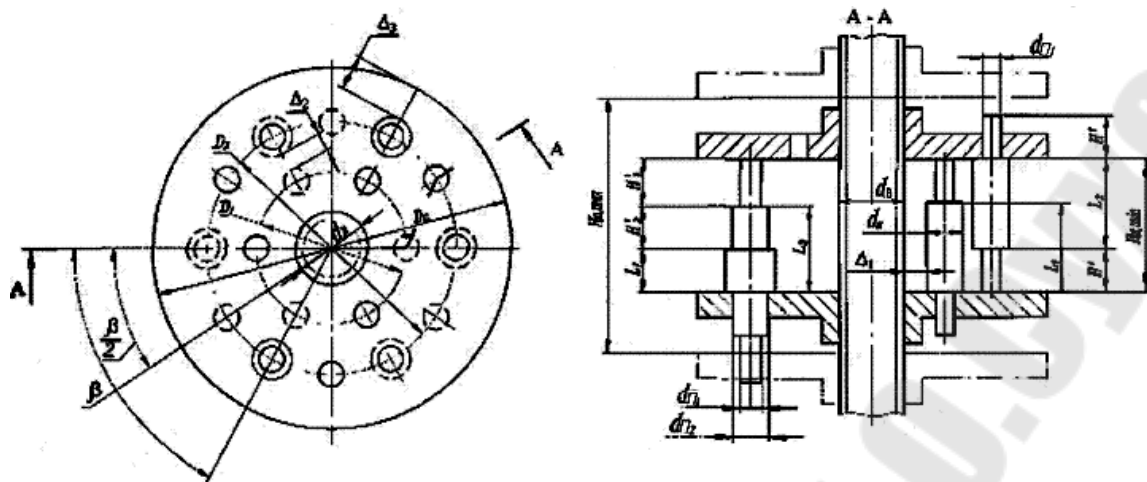


Рис. 6. Основные конструктивные размеры сходящихся селективных дисков и пальцевых толкателей

Диаметр первой окружности под отверстия пальцев толкателей равен:

$$D_1 = d_B + d_K + 2\Delta,$$

где  $d_B = (20...30)$ мм – диаметр вала;

$d_K = (10...15)$ мм – диаметр корпуса толкателя;

$\Delta = (2...5)$ мм – зазор.

Диаметры пальцев обычно:  $d_{П1} = (5...7)$ мм,  $d_{П2} = (8...10)$ мм.

Диаметр второй окружности:

$$D_2 = D_1 + 2(d_{П2} + \Delta_2),$$

где  $\Delta_2 = (2...3)$ мм – расстояние между отверстиями на соседних окружностях.

Наружный диаметр селективного диска:

$$D_C = D_2 + 2\Delta_3,$$

где  $\Delta_3 = (3...5)$ мм – расстояние между отверстием и наружным диаметром селективного диска.

Длины корпусов толкателей принимают из конструктивных соображений:  $L_1 \geq 20$ мм,  $L_2 \geq (2...2,5)L_1$  мм.

Длина пальцев толкателя для двойного блока  $H^I = H$ . Длина ступенек пальцев толкателя тройного блока  $H^I_1$  и  $H^I_2$  зависят от длин ходов тройного блока и соотношения плеч рычага  $R_1$  и  $R_2$  (см.рис. 8):

$$H^I_1 = H_1 \cdot R_2 / R_1; H^I_2 = H_2 \cdot R_2 / R_1.$$

При проектных расчетах можно принимать соотношение  $R_2/R_1 = (1,5...2,5)$ .

Минимальное расстояние между сходящимися дисками:

$$H_{Дmin} = L_1 + H^I_1 + H^I_2.$$

Максимальная величина развода дисков:

$$H_{Дmax} = H_{Дmin} + H^I_1 + H^I_2 + \Delta_4.$$

где  $\Delta_4 = (3...5)$ мм – гарантированный зазор.

Дисковый селективный механизм управления с двумя сходящимися дисками и пальцевыми толкателями используется, например, в вертикально-сверлильном станке мод.2А135. Устройство этого селективного механизма представлено в приложении к данной практической работе (рис. П.2).

При выполнении п. 1.3. необходимо определить максимальное количество положений селектора (дисков, конуса или чашек), которое и будет соответствовать количеству переключаемых передач.

При выполнении п. 1.4. установить селектор в определенное положение и наметить его. В этом положении зафиксировать вилки размерами относительно корпуса механизма переключения. Затем произвести последовательное переключение селектора в новое положение и зафиксировать вилки размерами относительно их предыдущего положения. Все положения вилок свести в табл. 1.

#### Структура отчета

1. Название и порядок выполнения работы
2. Анализ исходных данных к расчету, структурная сетка и кинематическая схема привода
3. Принципиальная схема механизма управления и описание ее работы
4. Обоснование выбора конструктивных параметров механизма.
5. Эскизы селекторных элементов (дисков, чашек или конусов) и элементов переключения блоков (рычагов, вилок, осей и др.) в собранном виде.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства и недостатки селективных механизмов переключения .
2. Зачем толкатели выполняются подпружиненными ?
3. Обоснуйте выбор расстояния между селекторами (дисками, чашками).
4. Обоснуйте выбор расстояния между соседними отверстиями на дисках.
5. Обоснуйте выбор габаритного размера селектора (диаметра диска, чашки или конуса).
6. Обоснуйте размеры толкателей.
7. Расскажите устройство типовых селективных механизмов.

#### Литература

1. Кочергин А.И. Конструирование и расчёт металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учеб.пособие

для вузов. - Мн.: Выш.шк., 1991.

2. Пуш В.Э. Конструирование металлорежущих станков. –М. : Машиностроение, 1977.

3. Свирщевский Ю.И., Макейчик Н.Н. Расчет и конструирование коробок скоростей и подач. – Мн.: Выш. Шк., 1976.

4. Шестерников А.В., Кирилин Ю.В. Проектирование механизмов ручного управления коробками скоростей и подач металлорежущих станков: Учебное пособие. – Ульяновск : УлГТУ, 2002.



ПРИЛОЖЕНИЕ  
к практической работе № 2

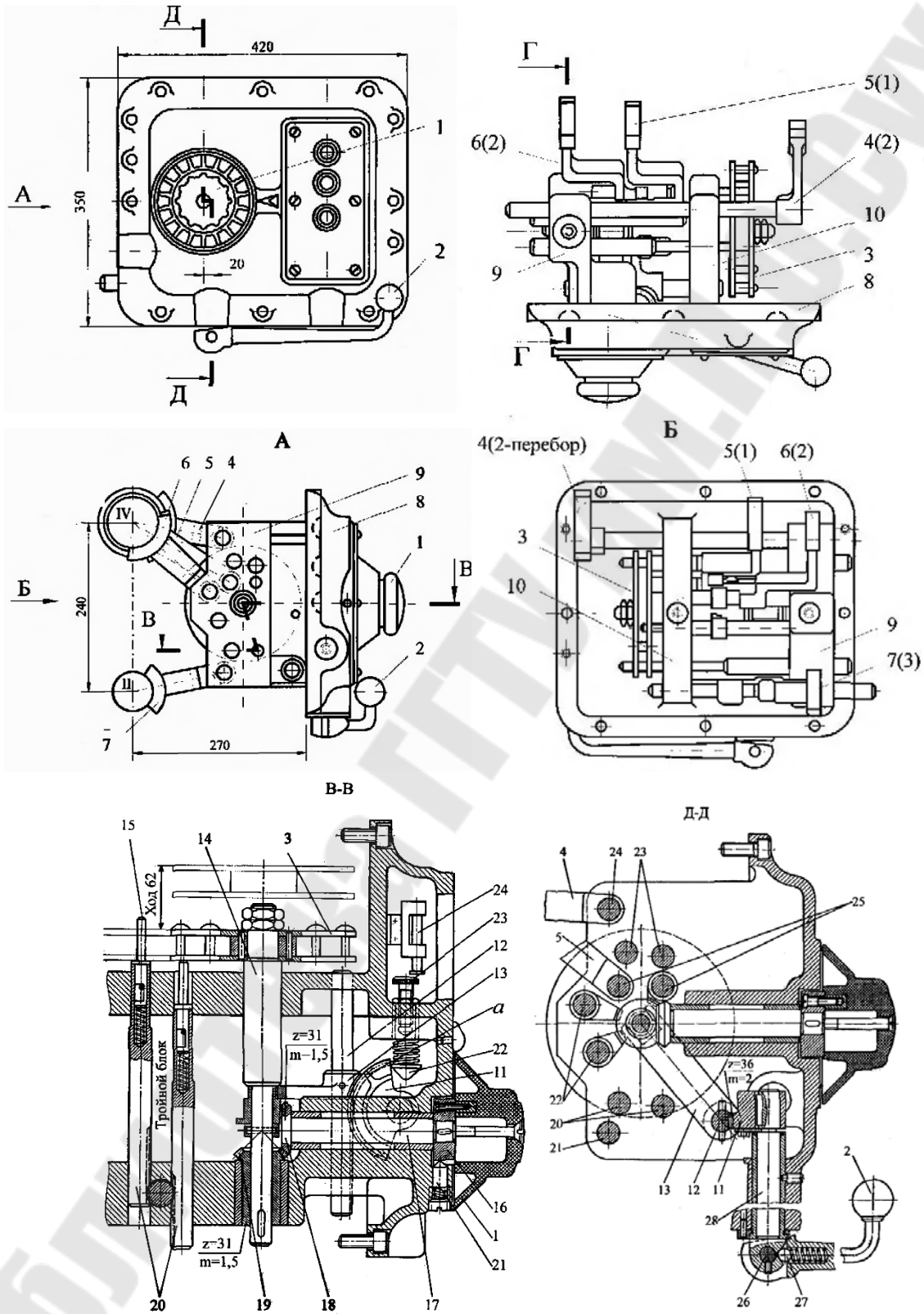


Рис. П.1. Селективный механизм переключения скоростей станка мод. 6N82

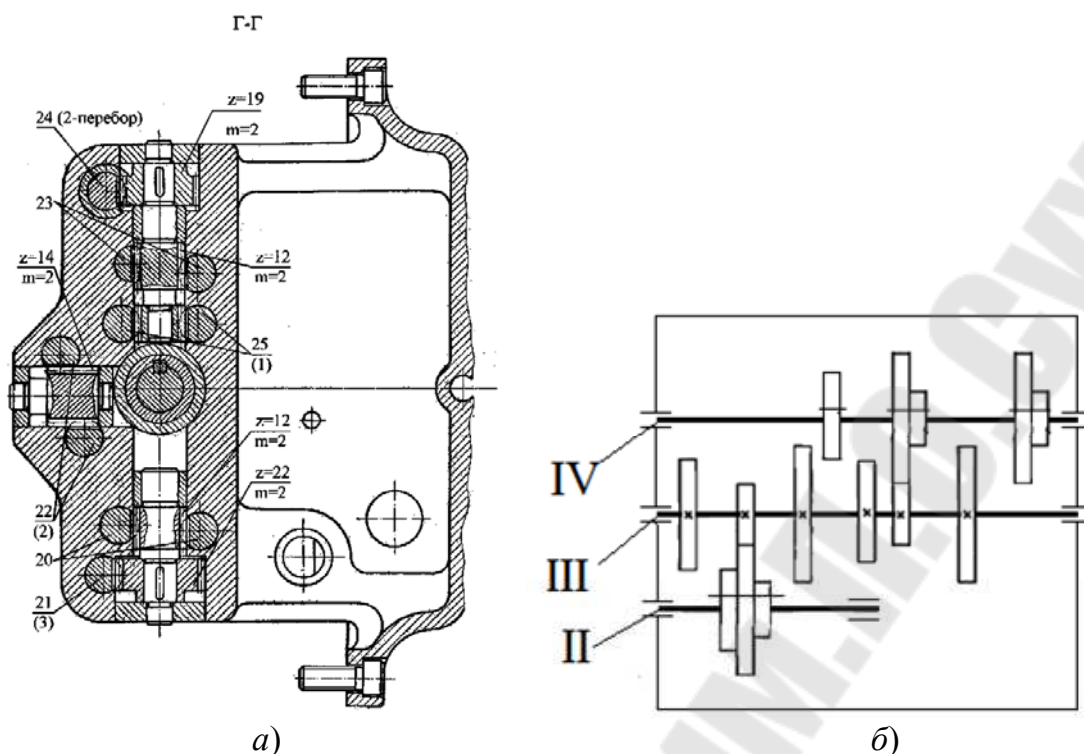


Рис. П.1. Окончание

Шпиндель станка мод.6Н82 имеет 18 частот вращения, набор которых осуществляется переключением тройного блока шестерен на валу II (рис. П.1, б), двойного блока на валу IV, одиночной шестерни на валу IV и двойного переборного блока на валу IV.

Все элементы механизма переключения смонтированы на литой чугунной детали в виде плиты 8 со щеками 9 и 10. В целом механизм представляет собой отдельный узел, прикрепляемый к станине станка, в которой располагаются валы коробки скоростей с подвижными блоками шестерен.

Управление сборным селективным диском 3 выполняется при помощи лимба 1 и рукоятки 2. Переключение тройного блока шестерен осуществляется вилкой 7(3), двойного – 6 (2), одиночной шестерни – 5(1) и двойного переборного 4(2).

От лимба 1 (см. разрез В-В) движение передается на ступицу 16, вал 17, коническую передачу 18–19 и вал 14 селективного диска 3.

Ступица 16 имеет на торцевой поверхности восемнадцать пазов, которые взаимодействуют с подпружиненным конусообразным штырем 21. Этим обеспечивается фиксация селективного диска в выбранной позиции.

Поворот диска 3 может быть осуществлен лишь в том случае, когда он находится в верхнем положении.

Его перемещение вдоль оси осуществляется рукояткой 2 (см. разрезы Д-Д- и В-В), передающей движение на валик 28 и зубчатый сектор 11,

зацепляющийся с рейкой, выполненной на теле скалки 12. Двигаясь вдоль оси, скалка 12 при помощи закрепленной на ней вилки 13 перемещает вал 14 с двойным селективным диском 3. В свою очередь, селективный диск при осевом смещении взаимодействует с парами реечных толкателей 20, 22, 23 и 25, которые перемещаются в ту или иную сторону в зависимости от расположения отверстий на дисках.

Толкатели 20 посредством реечных шестерен  $z = 12$  и  $z = 22$  (см. разрез Г–Г) связаны с реечной штангой 21 (3), на которой закреплены вилка 7 (см. вид Б), перемещающая тройной блок 6, шестерен на валу II. Толкатели 22 при помощи вилки 6, закрепленной на одном из толкателей, перемещают блок шестерен на валу IV. Толкатели 23 посредством шестерен  $z = 12$  и  $z = 19$  связаны с реечной штангой 24, на которой закреплена вилка 4, перемещающая двойной переборный блок шестерен на валу IV. Толкатели 25 перемещают вилку 5 и, соответственно, одиночную шестерню на валу IV.

На торце зубчатого сектора 11 (см. разрез В–В) имеется выступ  $a$ , который при повороте сектора кратковременно взаимодействует с подпружиненным толкателем 22, заставляя последний перемещаться вверх вместе с регулировочным винтом 23. Головка винта 23 нажимает конечный выключатель 24, обеспечивая кратковременное выключение электродвигателя привода главного движения. Шестерни в коробке скоростей поворачиваются, что облегчает попадание зубьев шестерен во впадины сопрягаемых зубчатых колес.

Для исключения жесткого упора торцов сцепляемых колес при переключении пальцы 15 у реечных толкателей 20, 22, 23 и 25 подпружинены.

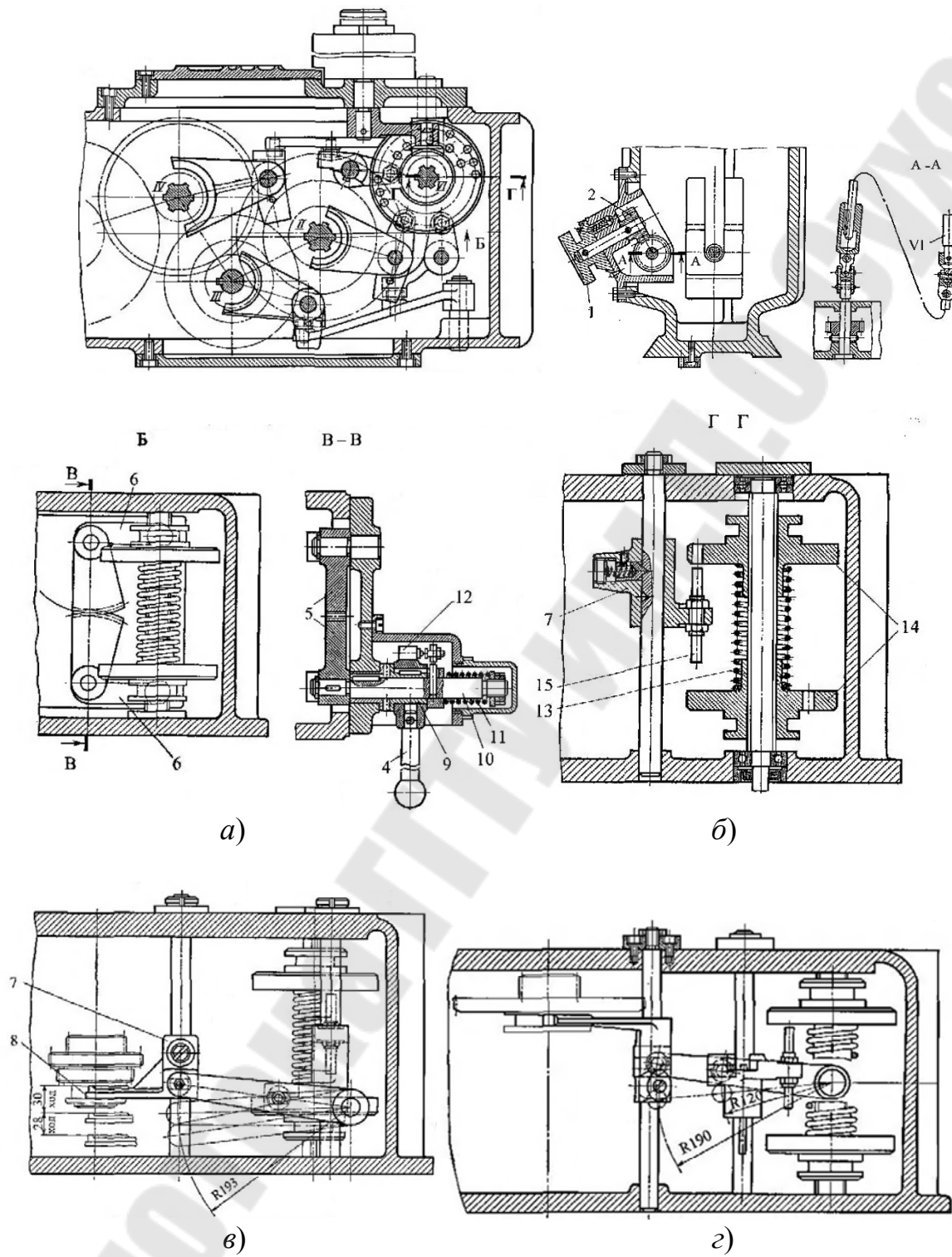


Рис. П.2. Механизм переключения коробки скоростей станка мод. 2А135:  
*а* – свертка коробки скоростей по валам; *б* – разрез станины;  
*в* – схема рычагов вилки вала III; *г* – схема рычагов вилки вала IV

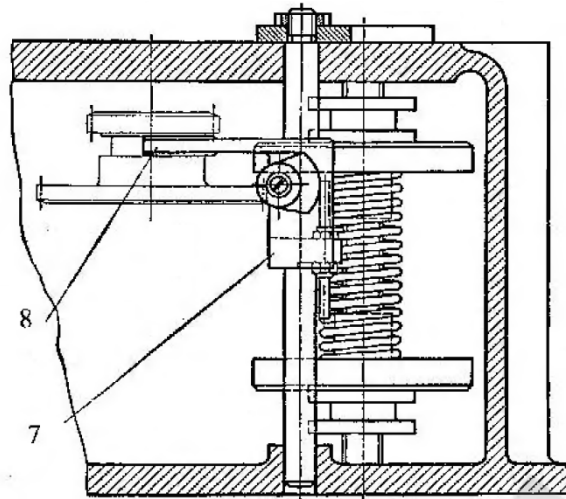


Рис. П.2. Окончание:  $\delta$  – схема рычагов вилки вала II

На рис. П.2, а представлена свертка коробки скоростей станка мод.2А135 по валам IV-III-II-VI. На валах IV, III, II располагаются зубчатые блоки шестерен, а на валу VI – сходящиеся селективные диски.

Поворот вала VI совместно с дисками осуществляется при помощи штурвала 1 (рис. П.2, б) и винтовой передачи 2, расположенных на станине.

Встречное перемещение дисков по валу VI осуществляется при помощи рукоятки 4 (рис. П.2, вид Б, разрезы В-В, Г-Г), располагающейся на корпусе коробки скоростей и имеющей длину 900мм.

Движение от рукоятки 4 посредством шпонки передается правой зубчатой полумуфте 9, свободно сидящей на валу 10. Далее через торцовые трапециевидные зубья – левой полумуфте, которая при помощи шпонки осуществляет поворот вала 10.

В свою очередь, вал 10 поворачивает нижний и верхний секторы 5 и связанные с ними рычаги 6. Рычаги 6, взаимодействуя с селективными дисками 14, обеспечивают их синхронное перемещение навстречу друг другу. Возврат дисков в исходное положение осуществляется при помощи пружины 13. При встречном перемещении дисков они взаимодействуют с пальцевым толкателем 15 и ползушкой 7, перемещающейся по скалке. Ползушка 7 взаимодействует с переводным рычагом двойного блока, расположенного на валу IV. Она имеет встроенный пружинный фиксатор и может фиксироваться на скалке в 2-х положениях. Такой способ фиксации позволяет осуществлять преселективное управление коробкой скоростей.

Величина крутящего момента, передаваемого полумуфтами на вал 10 от ручки 4, ограничивается регулировкой усилия пружины 11, осуществляемой при помощи гаек на валу 10. Это необходимо для того, чтобы в цепи привода осевого перемещения дисков не произошло поломок в случае непопадания зубьев переключаемого колеса во впадины

сопрягаемой шестерни. При этом правая полумуфта 9 за счет трапецевидной формы торцовых зубьев отождется от левой по валу 10 и будет проскальзывать, не передавая вращение на вал. Для обеспечения включения шестерен на ступице рукоятки 4 располагается конечный выключатель 12, который, взаимодействуя с упором, обеспечивает «толчковое» включение электродвигателя главного движения и проворот шестерен коробки скоростей во время их переключения.

На рис. П.2, в-г показаны схемы расположения рычагов, переключающих ползушки 7 с вилками 8. На валу III располагается тройной блок шестерен, перемещающийся при переключениях на расстояние  $H_1 = 30$  мм и  $H_2 = 28$  мм, а на валу IV – двойной, перемещающийся аналогичным образом.

На рис. П.2, д показана схема переключения двойного блока шестерен при помощи ползушки 7 с вилкой 8 непосредственно от селективных дисков.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3**  
**«Расчёт конструкции системы управления с распределительным валом токарного автомата»**

Цель работы: получить навыки по расчету программоносителей (кулачков) и их наладке на токарно-револьверном автомате

**1. Порядок выполнения работы**

1.1. Получить задание у преподавателя (чертеж детали, модель автомата) и выполнить анализ исходных данных

1.2. Разработать технологический процесс обработки детали и операционную технологическую карту наладки автомата.

1.3. Выполнить соответствующие расчеты по наладке токарного автомата.

1.4. Выполнить профилирование кулачков.

1.5. Изобразить принципиальные схемы системы управления и установки кулачка на распределительном валу.

**2. Методические рекомендации к выполнению работы**

**2.1. Общие рекомендации по разработке техпроцесса**

При разработке системы управления с распределительным валом исходными данными являются структура технологического процесса обработки заданной детали.

При использовании имеющихся полуавтоматов и автоматов главной задачей является расчет и составление программы управления, проектирование и изготовление программоносителей (кулачков) и наладка автомата или полуавтомата в соответствии с разработанной циклограммой и программой управления.

Расчет конструкции кулачкового механизма состоит в выборе его формы (дисковый или цилиндрический кулачок, остроконечный или роликовый башмак, качающийся или поступательно перемещающийся толкатель), определении размеров (диаметры кулачка и роликового башмака, размеры рычагов, расстояние между опорами поступательно перемещающегося толкателя, передаточное отношение рычагов и др.), обосновании и выборе кривых, по которым будут профилироваться участки рабочих и холостых ходов на кулачке.

При выполнении п. 1.2–1.4. необходимо ознакомиться с общими положениями проектирования и расчета кулачковых механизмов системы управления с распределительным валом, представленными ниже, и рассмотренными в примере приложения А к данной практической работе.

При разработке технологических процессов и автоматных наладок рекомендуется:

- совмещать по возможности работу режущих инструментов, размещенных в револьверной головке и поперечных суппортах;
- одновременно использовать в работе большое количество режущих инструментов, применяя для этого многорезцовые державки;
- в случае необходимости проверять рабочую зону станка в целях исключения столкновений режущих и вспомогательных инструментов револьверной головки и поперечных суппортов;
- черновые переходы и переходы с наибольшим количеством одновременно работающих инструментов выполнять в первую очередь;
- при повышенных требованиях к точности и шероховатости обрабатываемой поверхности детали не совмещать черновые и чистовые переходы;
- перед сверлением отверстий диаметром до 10 мм выполнять центрование торца прутка коротким сверлом (чаще всего центровочное сверло используют и для образования фаски в отверстии; в этом случае оно должно быть требуемого диаметра и его режущие кромки следует заточить соответственно углу фаски);
- при сверлении отверстий глубиной более трех диаметров (глубокое сверление) применять выходы сверла (при этом глубину сверления рассчитывают по формуле  $3d + 2d + 1d$ , где  $d$  - диаметр сверла) или использовать последовательно несколько сверл при наличии свободных позиций револьверной головки;
- при сверлении ступенчатых отверстий в первую очередь сверлить отверстие большего диаметра; это сокращает время обработки и улучшает условия выхода стружки;
- фасонное точение (обработка детали фасонным резцом) с поперечного суппорта совмещать со сверлением отверстий большого диаметра, в этом случае сверло увеличивает устойчивость детали;
- в тонкостенных деталях в первую очередь производить сверление отверстия, а затем обработку наружного диаметра;
- при недостаточной жесткости детали не совмещать фасонное точение со сверлением отверстий малого диаметра, т. к. при этом возможно смещение отверстия (увод сверла);
- для получения оптимальной скорости резания при сверлении отверстий малого диаметра применять вращающееся сверло (устройство ускоренного сверления);
- в целях сокращения времени на отрезку в деталях со сквозным отверстием увеличивать рабочий ход сверла на ширину отрезного резца;
- в случае необходимости фасонное обтачивание с поперечных суппортов производить двумя резцами – черновым и чистовым;
- отводить проходной резец с рабочей подачей или применять специальную державку с отскоком резца от обрабатываемой поверхности в



конце обточки, для исключения образования кольцевой риски при отводе резца при чистовой обработке деталей с повышенными требованиями к шероховатости;

- для сокращения времени на отрезку детали длину рабочего хода проходного резца, а в случае фасонного обтачивания – ширину фасонного резца увеличивать с учетом отрезного резца;

- во избежание заусенцев на цилиндрических поверхностях или торцах детали в конце рабочего хода резца или сверла предусмотреть зачистную паузу в течение отрезка времени, требуемого для 8–10 оборотов шпинделя;

- повороты револьверной головки производить во время работы поперечных суппортов, холостые перемещения поперечных суппортов - во время работы инструментами револьверной головки;

- в случаях, когда в револьверной головке заняты три позиции, вспомогательный инструмент устанавливать через одно гнездо револьверной головки или располагать в револьверной головке два комплекта инструмента для изготовления двух деталей за один оборот распределительного вала;

- при одновременной работе нескольких режущих инструментов, закрепленных в револьверной головке или поперечных суппортах, в операционную технологическую карту вписывать наименьшую подачу, выбранную для инструментов этой группы.

Технологический процесс изображается в виде последовательного ряда эскизов переходов обработки. Пример обработки детали на токарно-револьверном автомате представлен на рис. 1.

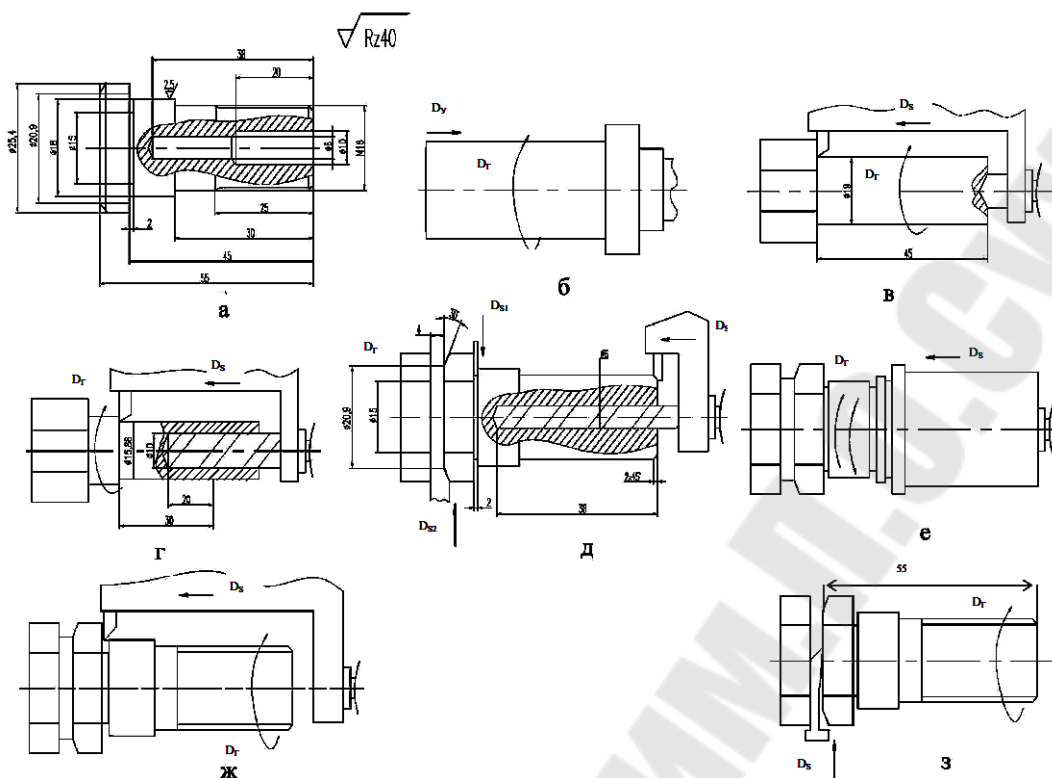


Рис. 1. Пример обработки детали на токарно-револьверном автомате:  
 а – эскиз детали; б – подача прутка до упора; в – протачивание  
 наружного диаметра и центрование; г – протачивание наружного  
 диаметра и сверление отверстия; д – протачивание канавок, фасок  
 и сверление отверстия; е – нарезание резьбы; ж – протачивание  
 наружного диаметра; з – отрезка детали

Прутковый и трубный прокат является преимущественной формой заготовок для токарных автоматов. Для этой цели часто используют калиброванную сталь (круглую, квадратную, шестигранную), тянутые прутки и трубы из цветных металлов и сплавов, имеющие допустимые отклонения размеров и формы по 7–10 квалитетам точности.

Размер и профиль заготовки (прутка) определяется по размерам чертежа детали с учетом припуска на обработку. При этом припуски на обработку принимаются минимальные, т. к. применяются калиброванные прутки.

При выборе режимов резания следует учитывать экономический фактор – стойкость режущих инструментов. Поэтому режимы резания следует выбирать с таким расчетом, чтобы переналадка инструмента производилась не раньше, чем через 4 или 8 часов работы автомата.

В зависимости от геометрии инструмента выбирается глубина резания (табл. 1), а количество проходов зависит от величины снимаемого припуска. При высоких требованиях к точности и шероховатости

поверхности детали припуск разделяют на два и более проходов (черновой и чистовой).

Таблица 1

Глубина резания на проход

Главный угол резца в плане	Глубина резания, мм							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
45	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
60	0,3	0,6	0,85	1,15	1,45	1,75	2,3	3,0
75	0,13	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,1	1,3

Режимы резания: частота вращения шпинделя ( $n_{\text{шп}}$ ), скорость резания ( $V$ ) и подачу ( $S$ ), в соответствии с вышеприведенными факторами назначают по «Общемашиностроительным нормативам времени и режимов резания на токарно-автоматные работы» или по табл. 2, 3.

По рассчитанной (выбранной) скорости резания определяют частоту вращения шпинделя:

$$n_{\text{шп}} = 1000 V / \pi D, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;

$D$  – диаметр заготовки, мм.

Полученные при расчете частоты вращения шпинделя корректируются по табличным значениям выбранного диапазона и, если это необходимо, пересчитывают скорости резания. При этом следует помнить, что увеличение частоты вращения шпинделя относительно расчетной (рассчитанной по рекомендуемой скорости резания) приведет к уменьшению выбранной стойкости инструмента.

Значения откорректированных скоростей заносят в операционную технологическую карту в графу «Скорость резания».

Выбранные режимы резания не должны превышать максимальные силовые характеристики (крутящий момент и потребляемую мощность) автомата.

На токарных автоматах и полуавтоматах применяются различные типы стандартного и специального режущего и вспомогательного инструмента.

Под вспомогательным инструментом подразумевают всю номенклатуру оснастки, применяемой на токарно-револьверных автоматах, и прежде всего для закрепления режущего инструмента, которую устанавливают в гнезда револьверных головок или на продольные и поперечные суппорты (табл. 4).

Таблица 2

Скорости резания, рекомендованные при обработке деталей  
на токарно-револьверных автоматах

Обрабатывающий материал	Продольное фасонное обработка и отрезка	Сверление	Зенкерование	Развертывание	Накатывание рифлений	Нарезание резьбы	
						метчиками	плашками
Сталь 20, $\sigma_B = 400 \div 500$ МПа	45—55	30—40	25—30	8—12	30—35	3—6	1,8—3,5
Сталь 35, $\sigma_B = 500 \div 600$ МПа	35—45	25—35	20—25	6—10	25—32	2,5—5,5	1,8—3,5
Сталь 45, $\sigma_B = 600 \div 700$ МПа	25—35	20—30	18—20	6—8	20—30	2—5	1,5—3,0
Сталь А12, $\sigma_B = 750$ МПа	40—60	30—50	20—35	10—15	35—45	3—8	2,5—5,0
Углеродистая сталь (серебрянка)	18—25	15—20	10—15	5—8	15—20	1,5—3,0	1—2,5
Хромистые и нержавеющей стали	15—25	10—15	8—12	4—6	15—20	1,5—2,5	0,8—2,0
Латунь	80—150	60—110	45—80	20—40	70—100	6—20	6—18
Бронза	35—60	30—50	25—35	15—30	35—50	4—15	3,5—10
Алюминий	120—200	90—150	60—80	25—50	90—120	10—30	7—25

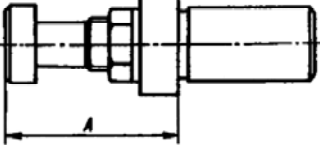
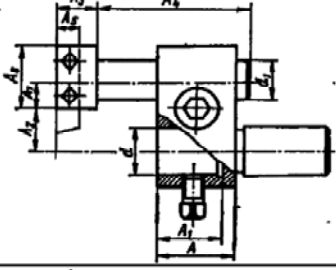
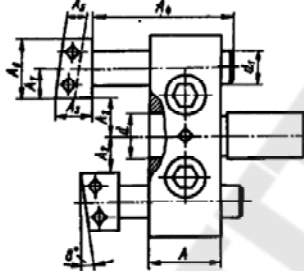
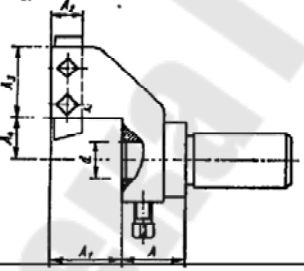
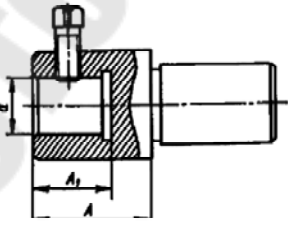
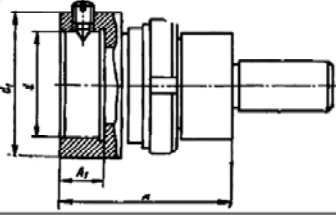
Таблица 3

Ориентировочные значения подач (мм/об), рекомендованные для различных видов обработки на токарно-револьверных автоматах

Обрабатываемый материал	Продольное обработка	Фасонное обработка и отрезка	Центровка	Зенкерование	Развертывание	Сверление					Накатывание рифлений	
						Диаметр сверла, мм					поперечное	продольное
						2—4	4—8	8—14	14—20	20—30		
Сталь 20, $\sigma_B = 400 \div 500$ МПа	0,07—0,12	0,02—0,05	0,10—0,15	0,06—0,12	0,08—0,20	0,03—0,06	0,03—0,07	0,06—0,09	0,07—0,10	0,08—0,12	0,015—0,15	0,12—0,30
Сталь 35, $\sigma_B = 500 \div 600$ МПа	0,06—0,10	0,016—0,045	0,09—0,13	0,06—0,10	0,08—0,18	0,03—0,05	0,04—0,07	0,05—0,08	0,06—0,09	0,07—0,09	0,015—0,20	0,1—0,25
Сталь 45, $\sigma_B = 600 \div 700$ МПа	0,06—0,08	0,012—0,04	0,08—0,12	0,04—0,09	0,08—0,15	0,02—0,04	0,04—0,06	0,05—0,07	0,06—0,08	0,07—0,08	0,01—0,16	0,1—0,20
Сталь А12, $\sigma_B = 750$ МПа	0,06—0,15	0,02—0,06	0,10—0,15	0,06—0,13	0,01—0,25	0,03—0,06	0,05—0,08	0,05—0,10	0,07—0,12	0,08—0,15	0,015—0,16	0,1—0,37
Углеродистая сталь У7—У13А	0,05—0,10	0,015—0,035	0,07—0,12	0,04—0,08	0,06—0,10	0,02—0,035	0,03—0,055	0,04—0,05	0,05—0,08	0,05—0,09	0,01—0,10	0,07—0,16
Хромистая и нержавеющей сталь	0,05—0,08	0,005—0,03	0,07—0,10	0,04—0,07	0,07—0,12	0,02—0,03	0,03—0,05	0,04—0,06	0,05—0,07	0,05—0,08	0,01—0,10	0,07—0,16
Латунь	0,1—0,20	0,03—0,09	0,16—0,25	0,08—0,20	0,10—0,30	0,06—0,10	0,09—0,15	0,1—0,15	0,12—0,20	0,16—0,25	0,015—0,16	0,15—0,46
Бронза	0,08—0,12	0,02—0,05	0,10—0,15	0,05—0,09	0,12—0,20	0,04—0,06	0,06—0,08	0,07—0,10	0,08—0,12	0,09—0,13	0,015—0,12	0,15—0,25
Алюминий	0,08—0,20	0,02—0,08	0,16—0,20	0,08—0,20	0,08—0,25	0,05—0,08	0,07—0,10	0,08—0,12	0,10—0,15	0,12—0,20	0,015—0,16	0,13—0,46

Таблица 4

## Наладочные размеры (мм) и конструкции инструментальной оснастки

Наименование державки	Эскиз	Группа автомата	Основные размеры										
			d	d <sub>1</sub>	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Закрепляемой в револьверной головке													
Упор регулируемый		I	-	-	40-60	-	-	-	-	-	-	-	
		II	-	-	50-100	-	-	-	-	-	-	-	
Державка для сменных резцедержателей		I	15	15	27	21	17	20	30; (14) 40; 60	9	26	12	
		II	25	18	40	32	22	25	40; (18) 60; 75	11; 14	32; 36	10; 14	
Державка двухместная с резцедержателями для тангенциальных резцов		I	15	15	32	21	17	20	30; (14) 40; 60	9	26	15	
		II	25	18	48	32	22	25	40; (18) 30 60; 75	11; 14	32; 36	18; 20	
Державка для резца и зажимной втулки		I	15	-	27	20; 35; 50	9	26	12	-	-	-	
		II	18	-	30	30; 45; 60	14	36	16	-	-	-	
Державка для инструмента с цилиндрическим хвостовиком		I	15	-	28	21	-	-	-	-	-	-	
		II	25	-	40	32	-	-	-	-	-	-	
Державка для плашки		I	56	-	36	7	-	-	-	-	-	-	
		II	70	-	48	10	-	-	-	-	-	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Закрепляемой на поперечных суппортах												
Державка для реза		I	12	-	20	-	-	-	-	-	-	-
		II	16	-	25	-	-	-	-	-	-	-
Державка на передний суппорт		I	12	-	26	34	24	22	38	-	-	-
		II	16	-	36	42	32	26	52	-	-	-
Державка для накатного ролика		I	12	20	18	20	-	-	-	-	-	-
		II	16	20	20	32	-	-	-	-	-	-
Державка для дисковых фасонных резцов на задний суппорт		I	-	-	29	4	24	30	52	39	-	-
		II	-	-	36	4	51	42	68	48	-	-
Примечания. 1. Группа автоматов I: автоматы мод. 1112, 1118, 1Б112, 1Б118, 1Д118, 1Е110, 1Е110П, 1Е116, 1Е116П. 2. Группа автоматов II: автоматы моделей 1124, 1136, 1Б124, 1Б136, 1Б25, 1Е125, 1Е125П, 1Е140, 1Е140П 3. Размеры в скобках относятся у резцедержателям для тангенциальных резцов												

## 2.2. Расчет наладки токарного автомата

### а) Расчет расстояния между торцом шпинделя и револьверной головкой

Зная размеры державок, установленных в револьверной головке, для каждого рабочего перехода определяется расстояние  $L$  между торцом шпинделя и револьверной головкой при ее крайнем левом положении по формуле (схема к расчету представлена на рис. 2):

$$L = L_3 + a + A + f, \text{ мм}, \quad (2)$$

где  $L_3$  – длина вылета заготовки; мм;

$a$  – расстояние между державкой и заготовкой для выхода стружки (в случае обработки отверстия и равное 1,5–2 диаметрам сверла); мм;

$A$  – размер державки; мм;

$f$  – регулировочный размер для устранения ошибок при наладке автомата (принимается 2 мм).

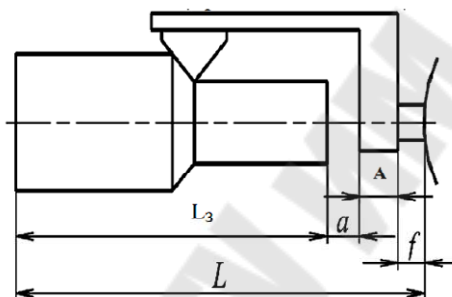


Рис. 2. Схема к расчету расстояния от торца шпинделя до револьверной головки

Длина вылета заготовки (величина подачи прутка) рассчитывается по формуле:

$$L_3 = l_1 + \Sigma\delta + b + c, \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $l_1$  – длина детали, мм;

$\Sigma\delta$  – сумма припусков на подрезание торца (при необходимости), мм;

$b$  – ширина отрезного резца, мм;

$c$  – расстояние от торца шпинделя до отрезного резца (наименьшее значение  $T$  приведено в табл. В.1 приложения В к данной практической работе).

Расстояние от торца шпинделя до револьверной головки в ее исходном положении  $L_{исх}$  (до начала обработки) равно сумме  $L$  и длины рабочего хода инструмента  $l$ : ( $L_{исх} = L + l$ ).

Установочное расстояние  $L_{уст}$  от торца шпинделя до револьверной головки определяют для настройки инструмента, а равно оно сумме наименьшего значения  $L_{min}$  из всех переходов и наибольшего рабочего хода револьверной головки  $l_{р.г. max}$ :  $L_{уст} = L_{min} + l_{р.г. max}$ .

$L_{уст}$  не должно быть больше соответствующего расстояния, указанного в руководстве по эксплуатации автомата или значения  $A_1$ , приведенного в табл. В.1 приложения .



б) *Определение длины рабочего хода режущего инструмента*

Длина рабочего хода складывается из длины обрабатываемого участка детали; гарантированного зазора на безударное врезание, выполняемого с рабочей подачей; перебега инструмента, требуемого, например, для отрезного резца или для проходного резца в случае его выхода в канавку.

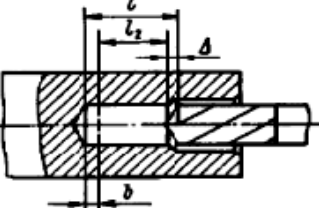
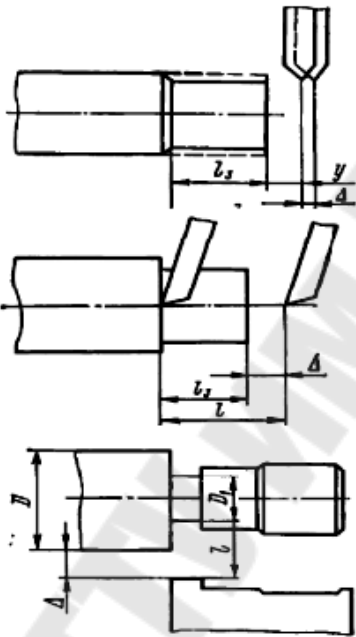
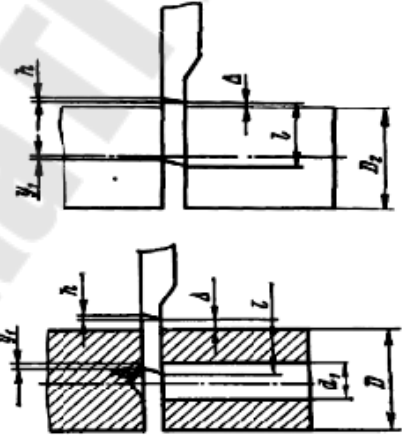
Расчет длины рабочего хода по переходу проводится для инструмента, имеющего наибольший рабочий ход.

Таблица 5

**Основные схемы и формулы для определения длины рабочего хода режущего инструмента**

Наименование перехода и вид заготовки	Схема обработки	Расчетные формулы
1	2	3
Центрование детали: - без отверстия  - с отверстием		$l = d/2 + \Delta$  $l = d/2 - 0,3d_1 + \Delta$
Сверление сквозного отверстия: - после центровки  - без центровки		$l = l_1 + b$  $l = l_1 - 0,3d_1 + \Delta$
Сверление глухого отверстия: - после центрования  - без центрования		$l = l_2$  $l = l_2 + 0,3d_1 + \Delta$
Сверление отверстия сверлом меньшего диаметра в детали: - с глухим отверстием		$l = l_2 + \Delta$



1	2	3
- со сквозным отверстием		$l = l_2 + b + \Delta$
Точение резцом: - проходным  - тангенциальным  - фасонным		$l = l_3 + y + \Delta$  $l = l_3 + \Delta$  $l = (D - D_1)2 + \Delta$
Отрезка детали: - без предварительной подрезки  - с отверстием		$l = D_2/2 + h + y_1 + \Delta$  $l = (D - d_1)/2 + h + y_1 + \Delta$

*Примечание.* В формулах обозначены:  $l$  – длина рабочего хода;  $l_1$  – длина детали;  $\Delta$  – гарантированный зазор;  $d$  – диаметр центрования;  $b$  – ширина отрезного резца;  $l_2$  – глубина отверстия;  $l_3$  – длина точения;  $y$  – величина врезания резца (см. табл. 6);  $D$  – диаметр детали до фасонного точения;  $D_1$  – наименьший диаметр детали после фасонного точения;  $D_2$  – диаметр заготовки;  $y_1$  – перебеж резца;  $h$  – скос режущей кромки резца (см. рис. 3 и табл. 7).

Формулы для определения длины рабочего хода режущего инструмента приведены в табл. 5, а значения величин врезания резца – в табл. 6.

Гарантированный зазор для токарно-револьверных автоматов  $\Delta = (0,25-1)$  мм исключает возможность врезания инструмента по инерции при подходе на холостом ходу к обрабатываемой детали из-за наличия зазоров в передаточных рычагах суппортов и представлен в табл. 8.

Таблица 6

**Значения величин врезания резца, мм**

Главный угол резца в плане, град	Глубина резания, мм							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
45	0,	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
60	0,3	0,6	0,85	1,15	1,45	1,75	2,3	3,0
75	0,13	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,1	1,3

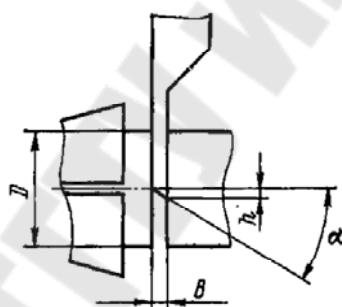


Рис. 3. Схема к расчету величины скоса  $h$  отрезного резца

Таблица 7

**Величина скоса  $h$  в зависимости от ширины  $B$  и угла наклона режущей кромки  $\alpha$  отрезного резца, а также диаметр прутка  $D$**

Диаметр прутка $D$ , мм	Ширина отрезного резца $B$ , мм	Величина скоса $h$ (мм) для углов $\alpha$ , град									
		15	18	20	22	24	26	28	30	32	35
8,1-14	2,0	0,57	0,65	0,73	0,82	0,89	0,97	1,05	1,15	1,25	1,4
14,1-22	2,5	0,72	0,81	0,91	1,0	1,1	1,22	1,33	1,44	1,56	1,75
22,1-32	3,0	0,86	0,98	1,1	1,2	1,35	1,46	1,6	1,75	1,87	2,1
32,1-40	3,5	1,0	1,14	0,25	1,4	1,55	1,7	1,85	2,02	2,2	2,45
40,1-60	4,0	1,15	1,3	1,45	1,65	1,8	1,95	2,15	2,3	2,5	2,8

При обработке некруглых заготовок (шестигранник, квадрат) для определения глубины резания при точении или длины рабочего хода при

поперечном врезании или отрезке рекомендуется использовать данные табл. 9, в котором приведена зависимость между вписанной и описанной окружностью квадратных и шестигранных сечений.

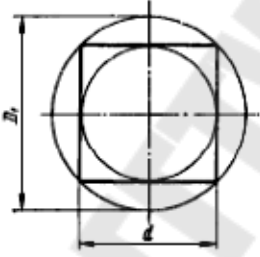
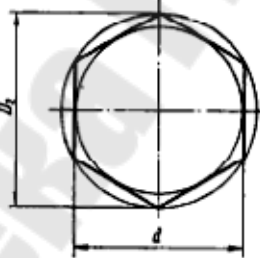
Таблица 8

**Гарантированный зазор для токарно-револьверных автоматов**

Диаметр обрабатываемого прутка, мм	Величина $\Delta$ для суппортов, мм	
	продольных	поперечных
до 18	0,4–0,6	0,25
от 18 до 45	0,5 1,0	0,25–0,5

Таблица 9

**Зависимость между диаметрами вписанной и описанной окружностей**

Диаметр описанной окружности $D$	Эскиз	Формула
$D_1$		$D_1 = 1,414d$ , где $d$ – диаметр вписанной окружности
$D_2$		$D_2 = 1,155d$

*в) Определение количества оборотов шпинделя на рабочий переход*

Количество оборотов шпинделя на рабочий переход определяется по формуле

$$n_p = \frac{l}{S}, \quad (4)$$

где  $l$  – рабочий ход инструмента, мм;

$S$  – подача инструмента, мм/об;

Так как рабочие переходы выполняются при различной частоте вращения шпинделя то количество оборотов шпинделя на каждом

переходе непропорционально затратам времени для выполнения этих переходов. Поэтому для расчета определяют приведенные числа оборотов шпинделя путем умножения числа оборотов шпинделя, необходимого для выполнения перехода, на коэффициент приведения  $K$ . Этот коэффициент равен отношению основной частоты вращения шпинделя в минуту  $n_{осн}$ , при которой выполняется большинство переходов, к частоте вращения шпинделя в минуту  $n_{пер}$ , на которой выполняется данный переход, т. е.

$$K = n_{осн}/n_{пер}. \quad (5)$$

Умножая количество оборотов шпинделя, необходимое на выполнение перехода, на коэффициент приведения, получают приведенное число оборотов  $n_{пр}$  для расчета.

После определения суммы приведенных чисел оборотов  $\Sigma n_{пр}$ , необходимых для выполнения несовмещенных рабочих переходов при изготовлении детали, ее заносят в соответствующую графу операционной технологической карты.

*г) Ориентировочная продолжительность цикла изготовления одной детали*

Время цикла обработки детали на автомате состоит из времени резания ( $t_p$ ), в течение которого происходит снятие стружки и вспомогательного времени ( $t_x$ ).

Время резания  $t_p$ , с, затраченное на выполнение рабочих переходов определяют по формуле

$$t_p = \frac{\Sigma n_{пр}}{n_{осн}} 60, \quad (6)$$

где  $\Sigma n_{пр}$  – сумма приведенных чисел оборотов, необходимых для выполнения несовмещенных рабочих переходов;

$n_{осн}$  – частота вращения шпинделя в минуту, при которой выполняется большинство рабочих переходов

Вспомогательное время состоит из времени на разжим цанги, подачу прутка до упора, зажим цанги, несовмещенные повороты револьверной головки, паузы для зачистки обработанных поверхностей, изменение частоты и направления вращения шпинделя (указанное вспомогательное время отражено в руководстве по эксплуатации автомата) и на несовмещенную часть отвода отрезного резца.

Время на несовмещенную часть отвода отрезного резца составляет от 2,5 до 6 % от времени на рабочие переходы, причем при коротких циклах обработки это время составляет от 2.5 до 4 %, при больших циклах (>100 с) – от 5 до 6 %.

Ориентировочная продолжительность цикла изготовления детали определяется по формуле

$$t_{ц} = t_p + t_x. \quad (7)$$

По этому времени по таблицам руководства по эксплуатации уточняют количество сотых делений, необходимое на переключение револьверной головки и подачу прутка до упора.

Окончательное время цикла обработки детали определяют дополнительным расчетом.

### 2.3. Проектирование и расчет кулачков

#### *а) Определение начальных и конечных радиусов рабочих ходов кулачков. Размеры кулачков*

Длина заготовки, на которую подается пруток (до упора) в начале цикла обработка определяется по формуле (3) с учетом особенности технологического процесса обработки.

Радиусы кулачка револьверной головки зависят от расстояния между торцом шпинделя и револьверной головкой в конце рабочего хода ( $L$ ) соответствующего перехода и определяются по формуле (2), приняв во внимание, что размеры державок, наиболее применяемых на токарно-револьверных автоматах, приведены в табл. 4.

Для определения радиусов кулачка револьверной головки выбирают переход с  $L_{\min}$  от торца шпинделя до револьверной головки и сравнивают его с величинами, лежащими в пределах от  $A$  до  $A + B$  (см. табл. В.1 приложения В).

Если  $L_{\min} < A$ , то для того, чтобы получить  $L_{\min} \geq A$ , следует применить державку с большим вылетом. Если  $L_{\min}$  находится в пределах от  $A$  до  $(A + B)$ , то для соответствующего перехода принимают максимальный радиус кулачка револьверной головки.

Конечный радиус кулачка для остальных переходов рассчитывают по формуле

$$R_K = R_{\max} - (L - L_{\min}), \quad (8)$$

При обработке длинных деталей  $L_{\min}$  может быть больше  $(A+B)$ . В этом случае конечные радиусы кулачка определяют по формуле

$$R_K = R_{\max} - [L - (A + B)], \quad (9)$$

а начальные радиусы – по формуле

$$R_H = R_K - l, \quad (10)$$

где  $l$  – длина рабочего хода инструмента, определяемая по формулам табл. 5.

Участки профиля кулачка, на которых происходит переключение револьверной головки, выполняют радиусом, на 1 мм меньшим начального радиуса последующего рабочего перехода.

Если используется упор, закрепленный в револьверной головке, то радиус кулачка, на котором происходит подача прутка, может быть равен начальному радиусу последующего рабочего хода.

Для перехода «Нарезание резьбы» конечный радиус кулачка определяется по формуле

$$R_K = R_H + 0,85l. \quad (11)$$

Для кулачка, управляющего подачей отрезного резца, конечный радиус равен максимальному радиусу  $R_{max}$  (см. рис. 4 и табл. 10). Кулачки управляющие другими резцами поперечных и вертикальных суппортов, должны быть занижены на величину, на которую эти резцы на доходят до оси шпинделя. В этом случае вылет резцов из державки останется постоянным, что увеличивает жесткость резцов и улучшает условия резания.

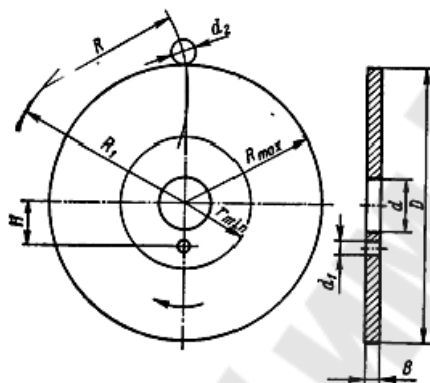


Рис. 4. Обозначение размеров заготовки дисковых кулачков

Рассчитанные значения радиусов вписывают в соответствующую графу операционной технологической карты. Для возможности изменения длины рабочего хода резцов передний и задний вертикальные суппорты некоторых моделей автоматов имеют регулируемые плечи рычагов подачи суппортов.

Таблица 10

Размеры дисковых кулачков и рычагов подачи суппортов, мм

Модель автомата	D	d	d <sub>1</sub>	H	B	Радиус кулачка		R	R <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	i
						R <sub>max</sub>	r <sub>min</sub>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кулачок револьверного суппорта											
1112, 1118	166	32	7,3+0,05	22±0,07	8	83	33	94	111	14	1:1
1A112, 1A118	170	32	7,3+0,3	22±0,1	8	85	28	94	111	14	1:1
1B112, 1B118	170	32	7,3+0,3	22±0,1	8	85	28	94	116	14	1:1
1Д112, 1Д118	170	32	7,3+0,3	22±0,1	8	85	28	94	116	14	1:1
1E116, 1E116П	180	32	7,1+0,2	22±0,1	8	90	30	125	141	14	1:1
1124, 1136	240	40	10+0,1	28±0,1	10	120	40	120	138	18	1:1
1B124, 1B136	240	40	10+0,1	28±0,1	10	120	40	120	138	18	1:1
1B125, 1B140	280	45	10+0,1	30±0,05	12	140	40	150	171	18	1:1
1E140, 1E140П	280	45	10+0,1	48±0,1	12	140	40	150	171	18	1:1

Кулачки поперечных суппортов											
1112, 1118	124	32	7,3+0,05	22±0,07	8	62	30	64	87,5	14	1:1
1A112, 1A118	124	32	7,3+0,3	22±0,1	8	62	30	65	82,5	18	1:1
1Б112, 1Б118	124	32	7,3+0,3	22±0,1	8	62	30	65	82,5	18	1:1
1Д112, 1Д118	124	32	7,3+0,3	22±0,1	8	62	30	65	82,5	18	1:1
1Е116, 1Е116П	124	32	7,1+0,2	22±0,1	8	62	30	65	88	18	1:1
1124, 1136	150	40	10+0,1	28±0,1	10	75	35	76	103	18	1:1
1Б124, 1Б136	150	40	10+0,1	28±0,1	10	75	35	76	103	18	1:1
1Б125, 1Б140	160	40	10+0,1	28±0,1	10	80	35	90	113	18	1:1
1Е140, 1Е140П	160	40	10+0,1	28±0,1	10	80	35	90	113	18	1:1
Кулачки вертикальных суппортов											
1112, 1118	124	42	7,3+0,05	27±0,07	8	62	30	64	87,5	14	1:1
1A112, 1A118	124	40	7,3+0,3	26±0,1	8	62	34	65	82,5	18	1:1
1Б112, 1Б118	124	32	7,3+0,3	22±0,1	8	62	30	65	82,5	18	1:0,8
1Д112, 1Д118	124	32	7,3+0,3	22±0,1	8	62	30	65	82,5	18	от 1:0,8 до 1: 1,29
1Е116, 1Е116П	124	32	7,1+0,2	22±0,1	8	62	30	65	88	18	от 1:1 до 1: 1,5
1124, 1136	150	50	10+0,1	32±0,1	10	75	45	76	103	18	1:1
1Б124, 1Б136	150	50	10+0,1	28±0,1	10	75	35	76	103	18	1:1
1Б125, 1Б140	160	40	10+0,1	28±0,1	10	80	35	90	113	18	от 1:0,8 до 1: 1,3
1Е140, 1Е140П	160	40	10+0,1	28±0,1	10	80	35	90	113	18	от 1:0,67 до 1: 1,25

Размеры кулачков для каждого типоразмера автомата, радиусы плеч контактирующих рычагов  $R$ , расстояния от оси этих рычагов до оси распределительного вала  $R_1$ , зависящие от конструктивных особенностей автоматов, диаметр ролика рычага  $d_2$  и передаточное отношение плеч рычагов при передаче движения от кулачка к суппорту  $I$  представлены на рис. 4 и табл. 10.

*б) Распределение количества сотых делений дискового кулачка для холостых и рабочих перемещений*

Количество сотых делений дискового кулачка для холостых перемещений определяют по времени выполнения перемещений или срабатывания механизма, или по минимальному количеству сотых делений необходимых для размещения ролика рычага подачи суппорта при отводе инструмента из зоны обработки.

В процессе обработки детали поворот револьверной головки происходит на радиусе отвода ролика из зоны обработки. Для свободного перекачивания ролика количество сотых делений, необходимое для

холостых перемещений, определяют по времени срабатывания соответствующих механизмов станка.

Количество сотых делений кулачкового диска, необходимое для отвода, подвода суппортов составляют 1–2 сотые доли, на паузу – 0,5 сотые доли. Количество сотых делений на другие хода (поворот револьверной головки, подача и зажим прутка, переключение реверса и частот вращения шпинделя и т.п.) указаны в руководстве по эксплуатации автомата, а для некоторых автоматов, приведены в табл. 11.

Далее определяют сумму сотых делений кулачкового диска на несовмещенные холостые перемещения ( $\Sigma B_{xx}$ ) на весь цикл обработки детали.

Тогда суммарное число сотых долей, приходящихся на рабочие хода  $\Sigma D_{px}$  определяется по формуле

$$\Sigma D_{px} = 100 - \Sigma B_{xx}. \quad (12)$$

Таблица 11

**Сотые доли кулачка, приходящиеся на выполнение холостых ходов**

Холостой ход	Модель автомата					
	1E110	1A11 2	1B118	1B124	1B136	1B140
Подача и зажим прутка	0,4	0,51	0,51	1,0	1,0	1,0
Поворот револьверной головки	1,5	1,5	1,5	1,5	1,67	2,0
Переключение направления вращения и частоты вращения шпинделя	0,5-1,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,8-3,0
Переключение быстрого и медленного вращения шпинделя	0,5-1,0	0,25	0,51	0,25	0,25	0,5-2,0

Полученное значение  $\Sigma D_{px}$  разбивается на отдельные переходы пропорционально числу оборотов шпинделя  $n_{пр}$ , необходимое для выполнения определенного перехода:

$$D_{px} = (\Sigma D_{px} \times n_{пр}) / \Sigma n_{пр}. \quad (13)$$

По формуле (13) рассчитывают количество сотых делений кулачкового диска на все рабочие переходы:

Если результат расчета получится дробным, его следует округлить до целой сотой деления или до ее половины.

Деления (сотые) кулачкового диска рабочих и холостых несовмещенных переходов, нарастающие в строгой последовательности технологического процесса обработки детали, располагают от нуля до ста



сотых в соответствующей графе операционной технологической карты. Сотые деления совмещенных переходов располагаются в пределах переходов, с которыми совмещают и заключают в скобки.

*в) Окончательный расчет времени цикла обработки детали и производительности автомата*

Количество оборотов шпинделя  $n_{ц}$ , об, необходимое для изготовления одной детали определяется по формуле

$$n_{ц} = \frac{\sum n_{пр} \cdot 100}{\sum D_{рх}}. \quad (14)$$

Тогда время цикла обработки детали  $T_{ц}$ , с, составит

$$T_{ц} = \frac{n_{ц} \cdot 60}{n_{осн}}. \quad (15)$$

Если вычисленное время цикла не совпадает с табличным временем, указанным в руководстве по эксплуатации автомата, то выбирают ближайшее табличное значение. Это время принимают для данного технологического процесса обработки детали и заносят в операционную карту в графу «Время цикла». Сменные зубчатые колеса коробки подачи, обеспечивающие выбранное время цикла, вписывают в операционную карту в графу «Сменные зубчатые колеса». В случае необходимости пересчетом в обратной последовательности корректируют число оборотов шпинделя, необходимое для изготовления одной детали, и пересчитывают значения подачи.

Производительность автомата  $Q$ , шт/с, определяется по формуле

$$Q = 1/T_{ц}. \quad (16)$$

*г) Профилирование кулачков*

При построении кулачков необходимо учесть, что весь цикл обработки детали осуществляется за один оборот распределительного вала, что соответствует 100 делениям контура кулачкового диска. Тогда каждая сотая доля кулачка соответствует  $3,6^\circ$ .

Кулачки, определяющие траекторию перемещения режущего инструмента при обработке детали, вычерчивают согласно данным операционной технологической карты и таблицы размеров кулачков (см. рис. 4 и табл. 10).

При построении кулачков рекомендуется придерживаться следующей последовательности.

На соответствующем формате вычерчивают оси симметрии и в масштабе 1 : 1 проводят концентрические окружности, соответствующим

минимальному  $r_{\min}$  (там, где это необходимо) и максимальному  $R_{\max}$  радиусам кулачка; диаметр отверстия кулачка  $d$  для установки его на распределительный вал.

Далее проводят вспомогательную окружность радиусом  $R_1$  равным расстоянию от оси распределительного вала до оси поворота рычага подачи, и окружность диаметром  $d_1$  на расстоянии  $h$  от центра заготовки кулачка. Отверстие  $d_1$  с установленной в нем шпилькой служит для точной установки кулачка на распределительном валу автомата. При вычерчивании заготовки кулачка отверстие  $d_1$  располагают на вертикальной оси заготовки кулачка револьверного суппорта.

Через точку пересечения вертикальной оси с максимальным диаметром заготовки кулачка проводят дугу радиуса  $R$ , характеризующую траекторию движений рычага подачи суппорта. От этой дуги, условно называемой нулевой, ведется отсчет сотых делений кулачкового диска и строится сетка концентрических окружностей радиусом  $R$  (рис. 5).

Из графы операционной технологической карты «Кулачковый диск» выбирают расчетные значения сотых делений, откладывают их на чертеже заготовки кулачка и проводят через них дуги радиусом  $R$ , если сотые доли не лежат на ранее приготовленной сетке. На этих дугах от оси заготовки откладывают линейные размеры начальных и конечных радиусов рабочих участков профиля кулачка. Имея координаты начальной и конечной точек, вычерчивают участок рабочего профиля кулачка по спирали Архимеда, или упрощенно — радиусом, равным среднему арифметическому начального и конечного радиусов данного участка.

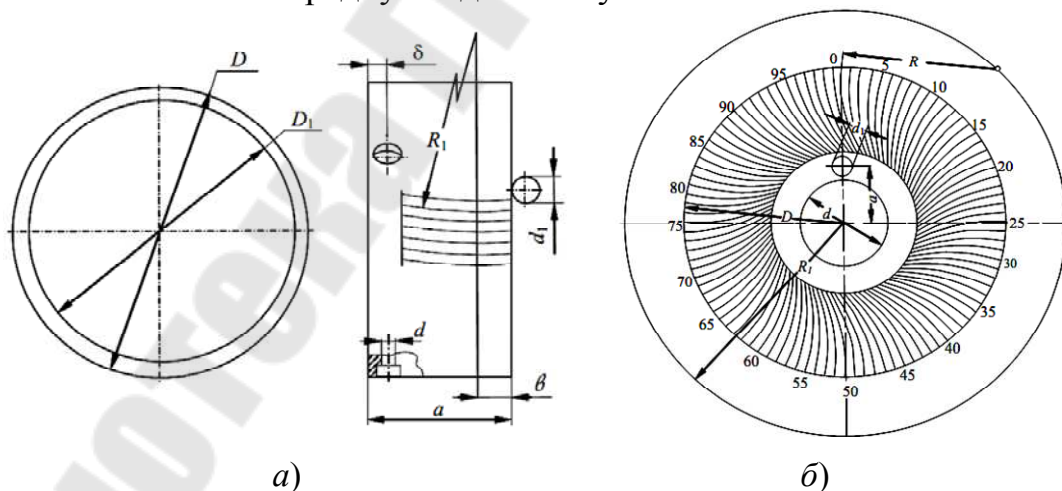


Рис. 5. Сетка для цилиндрических кулачков (а) и для дисковых кулачков (б)

Для повышения равномерности заданной режущему инструменту подачи, а тем самым и более точного профилирования участка рабочего профиля кулачка предпочтение отдают спирали, размеченной дугами окружности.

Спираль, размеченная дугами окружности, строится следующим образом (рис. 6). Вдоль радиуса –вектора откладывают равные интервалы  $00_1, 0_10_2, \dots, 0_60_7$  и через точки  $0, 0_1, 0_2, 0_3, \dots, 0_7$  проводятся из точки  $0$  окружности. На окружности, описанной радиусом  $R_1$ , равным расстоянию от оси вращения кулачка до оси поворота рычагов, откладывают равные дуговые интервалы  $0^|0_1, 0^|_10^|_2, \dots, 0^|_60^|_7$ . Из точек  $0^|, 0^|_1, \dots, 0^|_7$  радиусом  $R$ , равным радиусу плеч контактирующих рычагов, проводят ряд дуг окружностей. Точки пересечения дуг, проведенных радиусом  $R$  из точек  $0^|, 0^|_1, \dots, 0^|_7$  с дугами, проведенными через точки  $0, 0_1, \dots, 0_7$ , являются точками профиля кулачка.

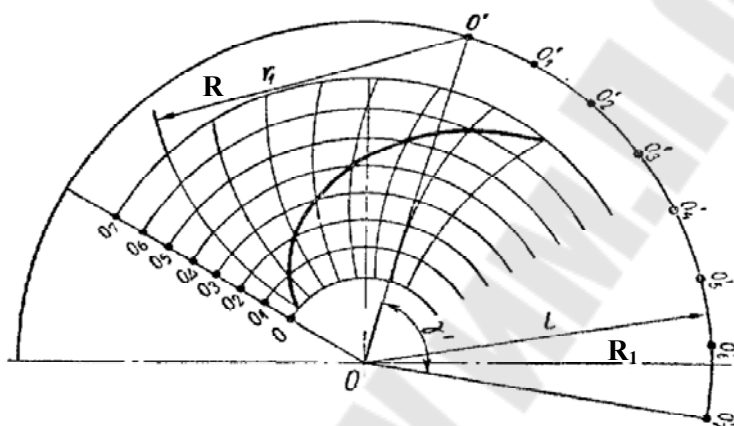


Рис. 6. Участок рабочего профиля кулачка, размеченный дугами окружности

Участок кулачка, на котором происходит подача прутка до упора, выполняют расчетным радиусом, а участки отводов и подводов — по шаблону холостых перемещений для соответствующей производительности.

Участки кулачка, на которых осуществляется поворот револьверной головки, как правило, выполняют радиусом, на 1 мм меньшим начального радиуса последующего рабочего перехода. Радиус участка последнего поворота револьверной головки занижают с таким расчетом, чтобы инструменты револьверной головки, находящейся в отведенном положении, не мешали работе инструментов поперечных суппортов. Далее проводят размерные выносные линии и наносят их значения.

На разрезе кулачка показывают размеры отверстия  $d$  для установки кулачка на распределительный вал, отверстия  $d_1$ , толщину кулачка  $B$ . В рабочем чертеже кулачка отражают требования, предъявляемые к шероховатости поверхности элементов кулачка, его точности. Условия выполнения отдельных элементов кулачка, его термообработки, предельные отклонения размеров, условия выполнения шрифта маркировки и т. п. оговаривают техническими условиями на изготовление, записываемыми в рабочем чертеже кулачка

Аналогично вычерчивают кулачки поперечных и вертикальных суппортов, за исключением отверстия  $d_1$ , ось которого у этих кулачков лежит на прямой, проходящей через центр кулачка и начало рабочего участка профиля.

При выполнении п. 1.5 следует ознакомиться с примерами, представленными в приложении Б данной практической работы.

Пример разработки технологического процесса обработки штуцера на токарно-револьверном автомате модели 1E140, заполнения операционной карты и профилирования кулачков представлен в приложении А данной практической работы.

#### Структура отчета

1. Название и порядок выполнения работы
2. Исходные данные к работе (чертеж детали, мод. автомата)
3. Технологический процесс обработки детали и операционная технологическая карта наладки автомата.
4. Расчеты по наладке токарного автомата.
5. Чертежи разработанных кулачков.
6. Принципиальные схемы системы управления и установки кулачка на распределительном валу.

#### Контрольные вопросы

1. Укажите конструктивные особенности систем управления с распределительным валом.
2. Для чего предназначен вспомогательный вал в токарно-револьверных автоматах?
3. Для чего предназначен вспомогательный вал в токарно-револьверных автоматах?
4. Расскажите последовательность расчета кулачков.
5. Каким образом производится профилирование кулачков.

#### Литература

1. Бакунина Т. А., Шилков Е. В. Проектирование операционной технологической карты и кулачков для токарно-револьверного пруткового автомата: Учебное пособие. - Рыбинск: РГАТА имени П. А. Соловьева, 2011. - 138 с.
2. Камышный Н. И., Стародубов В. С. Конструкции и наладка токарных автоматов и полуавтоматов: Учебник для СПТУ.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. школа. 1988.— 256 с.
3. Орликов М.Л.. Проектирование механизмов станков-автоматов: учебник для ВТУЗ. – М.: Машиностроение. 1962. – 253 с.
4. Сафро Е.С. Наладка одношпиндельных токарно-револьверных автоматов: Справочник. Л.: Машиностроение. 1983. – 200 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ  
к практической работе № 3

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример разработки технологического процесса обработки штуцера (рис.А.1) на токарно-револьверном автомате модели 1Е140, заполнения операционной технологической карты и профилирования кулачков

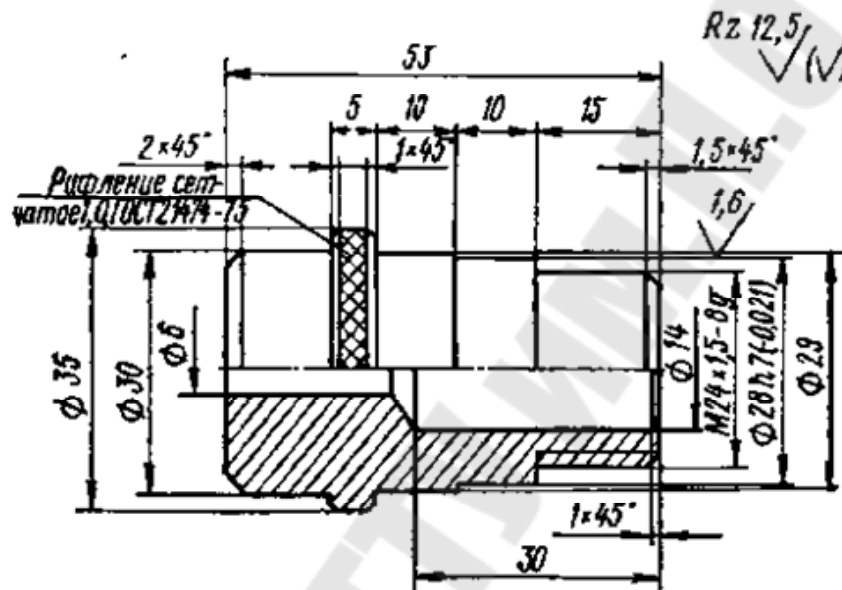


Рис. А1. Чертеж штуцера (материал – сталь А12)

1. Разработка технологического процесса обработки

1.1. Выбор заготовки

С учетом максимального размера по чертежу штуцера ( $\text{Ø}35$ ), материала, а также припуска на обработку, в качестве заготовки принимается калиброванный пруток из стали А12 диаметром 35 h11(-0.16) по ГОСТ 7417–75.

1.2. Назначение переходов, выбор режущего, вспомогательного и измерительного инструментов

При обработке штуцера в рассматриваемом примере режущими инструментами, закрепленными в револьверной головке, выполняются следующие переходы: подача прутка до упора; обтачивание  $\text{Ø}29$  мм и  $\text{Ø}24\text{С}11$  мм; сверление отверстия  $\text{Ø}14$  мм; обтачивание  $\text{Ø}28\text{h}7$  мм;

обтачивание внутренней и наружной фасок; сверление отверстия  $\varnothing 6$  мм; нарезание резьбы M24x1,5-6g.

Режущими инструментами, закрепленными в поперечных суппортах, выполняются следующие переходы:

– продольное обтачивание  $\varnothing 30$  мм – с переднего продольного суппорта;

– накатывание рифлений – с заднего суппорта;

– обтачивание фаски  $2 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 30$  мм – с заднего вертикального суппорта;

– отрезка детали с переднего вертикального суппорта.

Режущий, вспомогательный и измерительный инструмент, необходимые при обработке штупера по переходам технологического процесса представлены в табл. А.1.

Наименование переходов в установленной последовательности и с соответствующими эскизами заносят в графу операционной карты и каждому переходу присваивается порядковый номер. С целью лучшего восприятия представим эскизы отдельно (табл. А.2) от операционной карты (табл. А.3)

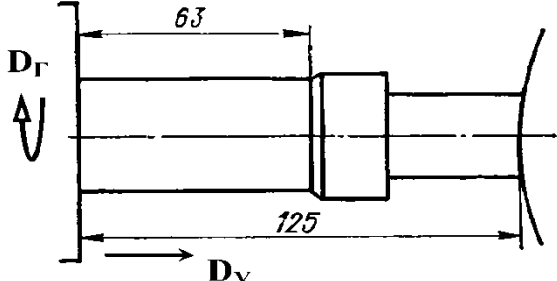
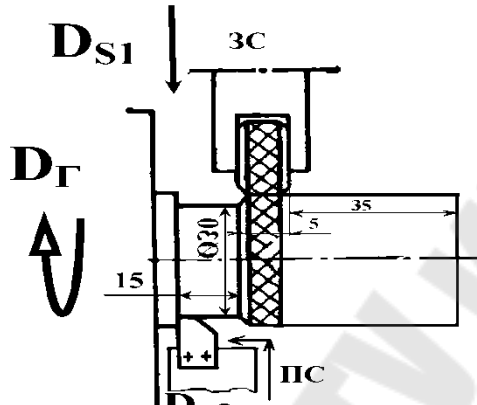
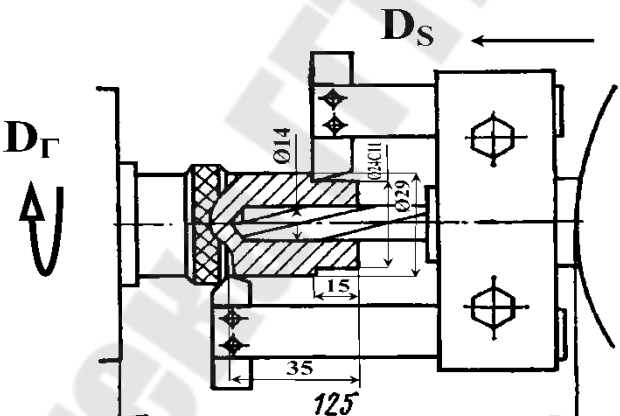
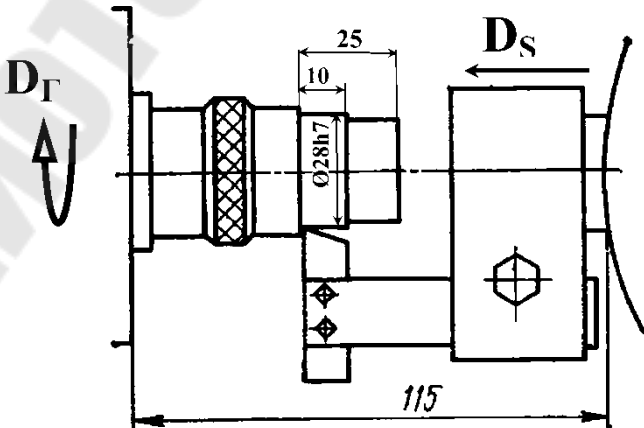
Таблица А.1

**Инструмент, применяемый при обработке штуцера на  
токарно-револьверном автомате модели 1Е140**

№ перехода (см. табл. А.2)	Инструмент		
	режущий	вспомогательный	измерительный
1	-	Цанга зажимная $\text{Ø}35$ мм; цанга подающая $\text{Ø}35$ мм; упор	-
4, 12, 13	Резец врезной проходной, 14x14мм ВК6М. Ролик накатной $t=1$ мм, $b=10$ мм.	Державка для сменных резцедержателей двухместная. Резцедержатель устанавливаемый – 2шт.	Штангенциркуль
7	Резец проходной упорный, 12x12 мм, ВК6М. Резец проходной с $\varphi = 45^\circ$ . 12x12 мм, ВК6М. Сверло Л14	Державка на передний суппорт. Резцедержатель к державе на передний суппорт. Держатель накатного ролика. Втулка $\text{Ø}14$ мм	Штангенциркуль
17	Резец проходной упорный, 12x12мм, ВК6М	Державка для сменных резцедержателей. Резцедержатель устанавливаемый	Скоба 28h7
20, 24	Резец фасочный с $\varphi = 45^\circ$ . 12x12 мм, ВК6М. Сверло центровочное Л20. Резец врезной 8x16мм, ВК6М	Держатель для сменных резцедержателей. Резцедержатель устанавливаемый. Втулка $\text{Ø}20$ мм	Штангенциркуль
27, 29	Сверло Л6	Державка устанавливаемая для инструментов. Втулка $\text{Ø}6$ мм	Штангенциркуль
32	Плашка М24x1,5	Плашкодержатель	Кольцо резьбовое, М24x1,5
37	Резец отрезной, 8x16мм, Р18М6, $b=3$ мм	-	Штангенциркуль

Таблица А.2

## Эскизы обработки штуцера по переходам, их номера и наименование

Номер перехода	Эскизы по переходам	Наименование перехода
1		Подать пруток до упора и закрепить
4, 12, 13		Накатать рифления на поверхности $\varnothing 35$ мм; снять фаску $1 \times 45^\circ$ , выдержав размер $\varnothing 30$ мм; точить поверхность $\varnothing 30$ мм
7		Точить поверхности $\varnothing 29$ мм, $\varnothing 24$ С11мм и сверлить отверстие $\varnothing 14$ мм
17		Точить поверхность $\varnothing 28$ h7мм



<p>20, 24</p>		<p>Снять фаски 1x45°, 1,5x45°; снять фаску 2x45°</p>
<p>27, 29</p>		<p>Сверлить отверстие Ø6мм в два прохода</p>
<p>32</p>		<p>Нарезать резьбу М24х1,5</p>
<p>37</p>		<p>Отрезать деталь L=53мм</p>

#### 1.4. Назначение режимов резания

*Выбор подач.* Ориентировочные значения подач могут быть выбраны по соответствующим таблицам общемашиностроительных нормативов режимов резания. Выбранные для обработки штуцера подачи приведены ниже:

	S, мм/об
Переход 4 .....	0,05
Переход 7 .....	0,1
Переход 12 .....	0,04
Переход 13 .....	0,06
Переход 17 .....	0,08
Переход 20 .....	0,1
Переход 24 .....	0,04
Переход 27 .....	0,08
Переход 29 .....	0,07
Переход 32 и 34 .....	1,5
Переход 37 .....	0,04

Значения подач заносят в соответствующую графу операционной карты. В переходе 32 «Нарезать резьбу М24х1,5-6g» подачей является шаг нарезаемой резьбы, т.е.  $S = 1,5$  мм/об.

*Выбор скорости резания.* Скорости резания по рассматриваемым переходам обработки штуцера приняты по соответствующим таблицам общемашиностроительных нормативов режимов резания:

- для продольного обтачивания и врезания –  $V = 70$  м/мин;
- для сверления –  $V = 25$  м/мин;
- для накатывания рифления –  $V = 35$  м/мин;
- для нарезания резьбы –  $V = 5$  м/мин;
- для отрезки –  $V = 50$  м/мин.

*Определение частот вращения шпинделя.* Частоту вращения шпинделя, необходимую для получения выбранной скорости резания для каждого рабочего перехода определяют по формуле  $n_{шп} = 1000 V/\pi D$ . Ниже приведены соответствующие расчеты частот вращения:

	n, об/мин
Переход 4 .....	$(1000 \times 35)/(3,14 \times 35) = 318$
Переходы 7 .....	$(1000 \times 25)/(3,14 \times 14) = 569$
Переход 12, 13 .....	$(1000 \times 70)/(3,14 \times 30) = 743$
Переход 17 .....	$(1000 \times 70)/(3,14 \times 28) = 796$
Переходы 20, 24 .....	$(1000 \times 70)/(3,14 \times 35) = 637$
Переходы 27, 29 .....	$(1000 \times 25)/(3,14 \times 6) = 1330$
Переход 32 .....	$(1000 \times 5)/(3,14 \times 24) = 66$
Переход 34 .....	$2 \times 66 = 132$ (см п. 2.3)
Переход 37 .....	$(1000 \times 50)/(3,14 \times 26) = 612$

Для перехода 7 на которых происходит одновременная обработка несколькими инструментами, скорость резания выбрана по лимитирующему инструменту (сверлу).

В разработанном технологическом процессе лимитирующим переходом, т. е. переходом, определяющим выбор диапазона частот вращения шпинделя автомата, является переход 32 – «Нарезать резьбу М24х1,5-6g». Поэтому для обработки штуцера выбирают диапазон частот вращения шпинделя, в котором есть частота вращения, близкая к расчетной для этого перехода. Такой диапазон обеспечивается сменными шкивами с  $d = 96\text{мм}$  и  $d = 168\text{мм}$  и зубчатыми колесами а ( $Z = 31$ ) и б ( $Z = 49$ ) коробки скоростей, которые записывают в графу «Сменные зубчатые колеса» операционной карты.

Полученные при расчете частоты вращения шпинделя корректируют по табличным значениям выбранного диапазона и, если это необходимо, пересчитывают скорости резания.

В соответствии с выбранным диапазоном частот вращения шпинделя (63, 125, 250, 630, 1250) принимаем:

	$n_{\text{шп}}$ , об/мин
Переход 4 .....	250
Переходы 7, 12, 13, 17, 20, 24, 37 .....	630
Переходы 27, 29 .....	1250
Переход 32 .....	63
Переход 34 .....	125

Учитывая, что частота вращения шпинделя  $n = 1000V/\pi D$ , об/мин, корректируются скорости резания:

	$V$ , мм/мин
Переход 4 .....	$(3,14 \times 35 \times 250)/1000 = 27,5$
Переход 7	
обтачивание .....	$(3,14 \times 35 \times 630)/1000 = 69$
сверление .....	$(3,14 \times 14 \times 630)/1000 = 28$
Переходы 12, 13 .....	$(3,14 \times 35 \times 630)/1000 = 69$
Переход 17 .....	$(3,14 \times 28 \times 630)/1000 = 57$
Переход 20, 24 .....	$(3,14 \times 24 \times 630)/1000 = 47,5$
Переход 27, 29 .....	$(3,14 \times 24 \times 1250)/1000 = 23,5$
Переход 32 .....	$(3,14 \times 24 \times 66)/1000 = 5,0$
Переход 34 .....	$(3,14 \times 24 \times 132)/1000 = 10,0$
Переход 37 .....	$(3,14 \times 26 \times 630)/1000 = 51,5$

Значения откорректированных скоростей резания заносят в операционную технологическую карту в графу «Скорость резания»

## 2. Расчет наладки автомата

### 2.1. Определение длины рабочего хода режущего инструмента

Используя формулы табл. 5 определяют длины рабочих ходов режущих инструментов по переходам:

– переход 4 – «Накатать рифления на поверхности  $\varnothing 35$  мм»:  $l = 1 + 0,5 = 1,5$  мм, где 1 – глубина рифлений, мм; 0,5 – подвод накатного ролика, мм;

– переход 7 – «Точить поверхности  $\varnothing 29$  мм,  $\varnothing 24C11$  мм и сверлить отверстие  $\varnothing 14$  мм:  $l = 35 + 1 + 1 = 37$  мм, где 35 – длина пути, проходимого резцом при обтачивании  $\varnothing 29$  мм; 1 – подвод резца, мм; 1 – врезание резца, мм при угле  $\varphi = 45^\circ$ ;

– переход 12 – «Снять фаску  $1 \times 45^\circ$ »:  $l = (35 - 30)/2 + 0,5 = 3$  мм, где 35 – наружный диаметр заготовки, мм; 30 – диаметр обработанной поверхности по чертежу, мм; 0,5 – подвод резца, мм;

– переход 13 – «Точить поверхность  $\varnothing 30$  мм»:  $l = 15$  мм (по чертежу детали);

– переход 17 – «Точить поверхность  $\varnothing 28h7$  мм»:  $l = 10 + 1 = 11$  мм, где 10 – длина обрабатываемого участка детали по чертежу, мм; 1 – подвод резца, мм;

– переход 20 – «Снять фаски  $1 \times 45^\circ$ ,  $1,5 \times 45^\circ$ »:  $l = 1,5 + 1 = 2,5$  мм, где 1,5 – размер наибольшей фаски по чертежу, мм; 1 – подвод резца, мм;

– переход 24 – «Снять фаску  $2 \times 45^\circ$ »:  $l = 2 + 0,5 = 2,5$  мм, где 2 – размер фаски на  $\varnothing 30$ , мм; 0,5 – подвод резца, мм;

– переходы 27 и 29 – «Сверлить отверстие  $\varnothing 6$  мм в два прохода»:  $l = 53 - 30 - 2,4 + 3,5 = 23,6$  мм, где 53 – длина детали, мм; 30 – глубина отверстия  $\varnothing 14$  мм, 2,4 – длина переходного участка конуса сверла (от  $\varnothing 14$  мм до  $\varnothing 6$  мм), мм; 3,5 – ширина отрезного резца (см. табл. 3.3). Так как рассчитанная длина рабочего хода сверла превышает допустимую глубину сверления за один ввод сверла ( $3d$ , см п. 2.3), то сверление отверстия  $\varnothing 6$  мм следует производить за два прохода сверла. При этом длина рабочего хода сверла соответственно при первом и втором проходах равна:  $l_1 = 3d + 0,53 = (3 \times 6) + 0,5 = 18,5$  мм;  $l_2 = 23,6 - 18 + 0,5 = 6,1$  мм;

– переход 32 – «Нарезать резьбу  $M24 \times 1,5-6g$ »:  $l = 15 + 2P$ ,  $15 + 3 = 18$  мм, где 15 – длина участка детали с резьбой, мм;  $P$  – шаг резьбы, мм;

– переход 37 – «Отрезать деталь». Угол наклона режущей кромки отрезного резца  $\alpha$  выбирают в зависимости от материала отрезаемой детали и для автоматной стали А12 он равен  $18^\circ$ . При этом величина скоса  $h = 1,14$  мм (см. табл. 3.3). Отсюда длина рабочего хода при отрезке детали  $l = (26 - 6)/2 + 1,14 + 0,5 + 0,5 = 12$  мм, где 26 – диаметр детали, с которого начинается отрезка (при обточке фаски  $2 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 30$  мм фасочный резец выбирается с учетом ширины отрезного резца и врезается до  $\varnothing 26$  мм), мм; 6 – диаметр просверленного отверстия, мм; 1,14 – величина скоса отрезного резца, мм; 0,5 соответственно подвод и перебег резца, мм.

## 2.2. Определение количества оборотов шпинделя на рабочий переход

Количество оборотов шпинделя на рабочий переход определяют по формуле (4). Значения  $l$  и  $S$  выбирают из соответствующих граф операционной карты:

	$n_p$ , обороты
Переход 4 .....	$1,5/0,05 = 30$
Переход 7 .....	$37/0,1 = 370$
Переход 12 .....	$3/0,04 = 75$
Переход 13 .....	$15/0,06 = 250$
Переход 17 .....	$11/0,08 = 138$
Переход 20 .....	$2,5/0,1 = 25$
Переход 24 .....	$2,5/0,04 = 63$
Переход 27 .....	$18,2/0,08 = 231$
Переход 29 .....	$6,1/0,07 = 87$
Переходы 32 и 34 .....	$18/1,5 = 12$
Переход 37 .....	$12/0,04 = 300$

Автоматическая коробка скоростей автомата модели 1E140 дает возможность использовать в одном цикле обработки детали шесть различных частот вращения шпинделя. Учитывая, что рабочие переходы по обработке штуцера выполняются при различной частоте вращения шпинделя, необходимо знать приведенные числа оборотов шпинделя, для чего следует определить коэффициент приведения  $K$ , рассчитанный по формуле (12).

При обработке штуцера большинство рабочих переходов выполняются с частотой вращения шпинделя  $n_{осн} = 630$  об/мин (переходы 7, 12, 13, 17, 20, 24, 37). Для остальных переходов коэффициент приведения имеет следующие значения:

	$K$
– переход 4 .....	$630/250 = 2,52$
– переходы 27, 29 .....	$630/1250 = 0,504$
– переход 32 .....	$630/63 = 10$
– переход 34 .....	$630/125 = 5,04$

Умножая число оборотов шпинделя, необходимое на выполнение перехода, на коэффициент приведения, получаем приведенное число оборотов шпинделя ( $n_{пр}$ ) для расчета:

	$n_{пр}$ , обороты
– переход 4 .....	$30 \times 2,52 = 75$
– переход 27 .....	$231 \times 0,504 = 116$
– переход 29 .....	$87 \times 0,504 = 44$
– переход 32 .....	$12 \times 10 = 120$
– переход 34 .....	$12 \times 5,04 = 60$

Сумму приведенных чисел оборотов ( $\Sigma n_{пр} = 1233$  оборота), необходимую для выполнения несовмещенных рабочих переходов при изготовлении штуцера, заносят в соответствующую графу операционной технологической карты.

### 2.3. Ориентировочная продолжительность цикла изготовления одной детали

Ориентировочная продолжительность цикла изготовления детали определяется по формуле (7), для чего предварительно определяют время, затраченное на выполнение рабочих переходов по формуле (6) и вспомогательное время.

Общее время на рабочие переходы при обработке штуцера составляют

$$t_p = 1233/630 = 117 \text{ с.}$$

Вспомогательное время  $t_x$ :

- на разжим цанги, подачу прутка до упора и зажим цанги равно 1 с;
- на пять поворотов револьверной головки –  $1 \times 5 = 5$  с (время на шестой поворот револьверной головки в расчет не принимается, так как в данном примере поворот совмещен с отрезкой детали);
- на четыре паузы для зачистки обработанной поверхности –  $1 \times 4 = 4$  с;
- на изменение направления вращения шпинделя – 1 с;
- на отвод отрезного резца (6% от  $T_p$ ) –  $0,06 \times 117 = 7$  с.

Тогда общее вспомогательное время составит

$$t_x = 1 + 5 + 4 + 1 + 7 = 18 \text{ с.}$$

Таким образом ориентировочная продолжительность цикла изготовления одной детали равна

$$t_{ц} = 117 + 18 = 135 \text{ с.}$$

## 3. Профилирование кулачков

### 3.1. Определение радиусов и размеров кулачков

Для определения радиусов кулачка револьверной головки необходимо рассчитать переход с наименьшим расстоянием ( $L_{min}$ ) от торца шпинделя до револьверной головки по формуле (2). Для этого предварительно находим длину вылета заготовки по формуле (3).

Длина штуцера равна 53 мм по чертежу. Из табл. 7 принимаем ширину отрезного резца 3,5 мм, а расстояние от торца шпинделя до отрезного резца из табл. В.1, которое равно 6,5 мм.

Следовательно, длина заготовки  $L_3 = 53 + 3,5 + 6,5 = 63$  мм.

Суммируя длины державок, заготовки и расстояние между державкой и заготовкой оставленное для выхода стружки (в случае обработки отверстия), а также регулируемый размер для устранения

ошибок, определяем расстояние между торцом шпинделя и револьверной головки  $L$ :

	$L$ , мм
– переходы 7, 32 .....	125
– переходы 17, 29.....	115
– переход 20.....	135

Из рассчитанных расстояний выбираем переход с наименьшим расстоянием  $L_{\min} = 115$  мм для переходов 17 и 29 и сравниваем его с величинами, лежащими в пределах от  $A$  до  $A + B$  (см. табл. Б.1), соответствующими наименьшим расстояниям от торца шпинделя до револьверной головки с учетом регулировки. Величина регулировки  $B$  для автомата модели 1E140 равна 60 мм.

В переходе 7 расстояние между торцом шпинделя и револьверной головкой равно 125 мм.

По формуле (8) в этом переходе  $R_K = 140 - (125 - 115) = 130$  мм. Начальный радиус этого перехода определится по формуле  $R_H = 130 - 37 = 93$  мм

Следовательно, радиус кулачка, на котором происходит подача прутка до упора (переход 1), может быть равен 93 мм. Расстояние от торца шпинделя до револьверной головки в этом случае равно сумме расстояния от торца шпинделя до револьверной головки и длины рабочего хода следующего перехода (переход 7):  $125 + 37 = 162$  мм.

Длина упора в этом случае должна быть равна ( $162 - 63$  – вылет заготовки из цанги) 99 мм. Учитывая, что для автомата 1E140 максимальная длина упора может быть равна 110 мм, т.е. он удовлетворяет условиям технологического процесса и, следовательно, радиус 93 мм может быть принят для расчета.

В качестве примера рассмотрим расчет  $R_K$  и  $R_H$  для следующих переходов:

– для перехода 17:  $R_K = 140 - (115 - 115) = 140$  мм.;  
 $R_H = 140 - 11 = 129$  мм;

– для перехода 20:  $R_K = 140 - (135 - 115) = 120$  мм.;  
 $R_H = 120 - 2,5 = 117,5$  мм;

Для перехода 32 «Нарезать резьбу М24х1,5» конечный радиус кулачка рассчитывается по формуле  $R_K = R_H + 0,85l = 112 + 0,85 \times 18 = 127,3$  мм, где  $R_H = 140 - (125 - 115) - 18 = 112$  мм.

Расчет начального ( $R_H$ ) и конечного ( $R_K$ ) радиусов кулачка приведен в п. 2.3, а. В качестве примера приведем расчет указанных радиусов только для участка подвода кулачка переднего суппорта (переход 10). Начальный радиус  $R_H = r_{\min}$ , (см. рис. 4 и табл. 10). Конечный радиус  $R_K = R_{\max} - A$ , где  $R_{\max} = 80$  мм – принимается из табл. 10 в соответствии с рис. 4;  $A = 18$  мм – величина, на которую резец не доходит до оси шпинделя.

### 3.2. Распределение количества сотых делений дискового кулачка

Количество сотых делений кулачкового диска холостых перемещений определяют по времени, необходимому для выполнения перемещений или срабатывания механизма, или по минимальному количеству сотых делений кулачкового диска, нужных для размещения ролика рычага подачи суппорта.

При обработке штуцера сумма сотых делений кулачкового диска на холостые перемещения равна 21,5.

Тогда на все рабочие переходы приходится  $100 - 21,5 = 78,5$  делений кулачкового диска.

Количество оборотов шпинделя, затрачиваемое на выполнение рабочих перемещений, равное 1233 оборотам, соответствует 78,5 сотым делениям кулачкового диска. Тогда один оборот шпинделя соответствует  $78,5/1233 = 0,064$  сотым делениям кулачкового диска.

Количество сотых делений кулачков на все рабочие переходы определены ниже:

– переход 4 .....	$0,064 \times 60 = 4$
– переход 7 .....	$0,064 \times 370 = 23,5$
– переход 12 .....	$0,064 \times 75 = 5$
– переход 13 .....	$0,064 \times 250 = 16$
– переход 17 .....	$0,064 \times 138 = 9$
– переход 20 .....	$0,064 \times 25 = 1,5$
– переход 24 .....	$0,064 \times 63 = 4$
– переход 27 .....	$0,064 \times 116 = 7,5$
– переход 29 .....	$0,064 \times 44 = 3$
– переход 32 .....	$0,064 \times 120 = 7,5$
– переход 34 .....	$0,064 \times 60 = 3,5$
– переход 37 .....	$0,064 \times 300 = 19$

### 3.3. Окончательный расчет времени цикла обработки детали и производительности автомата

Для определения времени цикла обработки детали по формуле (15), необходимо рассчитать количество оборотов шпинделя  $n_{ц}$ , соответствующее 100 делениям по формуле (14):  $n_{ц} = 1233 \times 100/78,5 = 1571$  оборот.

Тогда время цикла обработки детали равно  $T_{ц} = 1571 \times 60/630 = 149,6$  с.

В соответствии с руководством по эксплуатации автомата модели 1E140 принимаем ближайшее  $T_{ц} = 148$  с. Это время принимается для данного технологического процесса обработки штуцера и заносится в операционную карту в графу «Время цикла». Сменные зубчатые колеса коробки подач e ( $z=29$ ), f ( $z=51$ ), g ( $z=43$ ), h ( $z=37$ ), i ( $z=22$ ), l ( $z=58$ ),



обеспечивающие выбранное время, заносятся в операционную карту в графу «Сменные зубчатые колеса».

Таким образом производительность токарно-револьверного автомата по обработке штуцера составляет

$$Q = 1/148 = 0,00675 \text{ шт/с или } Q = 0,00675 \times 3600 = 24 \text{ шт/ч.}$$

Учитывая, что доля времени на совершение рабочих ходов составляет 78,5 % (78,5 сотых делений), определяем основное время обработки детали:  $T_0 = 148 \times 0,785 = 116,2$  с. Тогда вспомогательное время равно  $T_B = 148 - 116,2 = 31,8$  с. Рассчитанное действительное время  $T_0$  и  $T_B$  заносятся в операционную карту.

### 3.4. Профилирование кулачков

Кулачки, определяющие траекторию перемещения режущего инструмента при обработке детали, вычерчивают согласно данным операционной технологической карты и таблицы размеров кулачков (см. рис. 4 и табл. 10).

Последовательность построения кулачков приведена в п. 2.3, г. На рис. А.2 – А.6 представлены кулачки суппортов токарно-револьверного автомата модели 1Е140 для обработки штуцера.

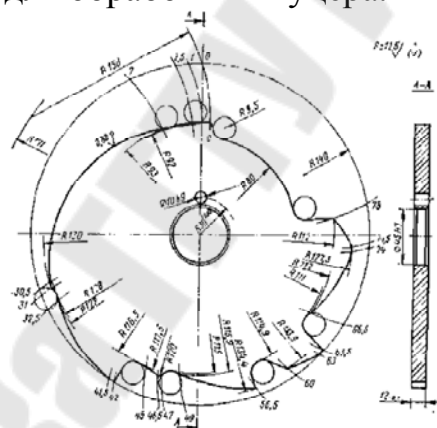


Рис. А.2. Кулачок револьверного суппорта

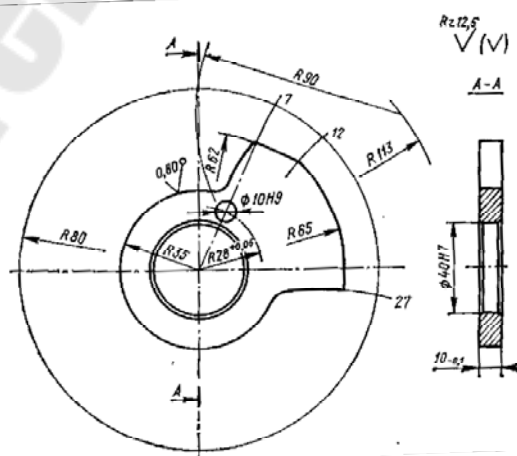


Рис. А.3. Кулачок переднего поперечного суппорта

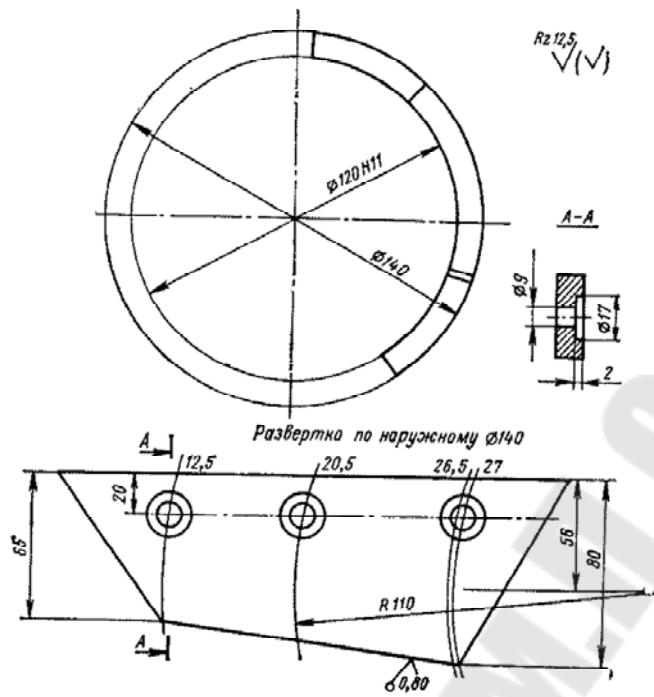


Рис. А.4. Кулачок продольной подачи переднего суппорта

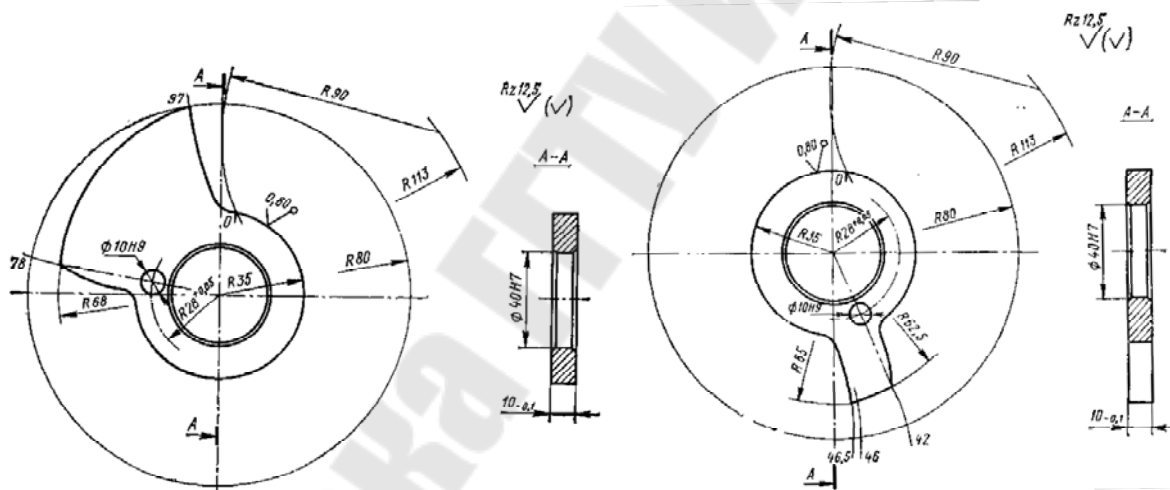


Рис. А.5. Кулачок заднего суппорта  
Вертикального суппорта

Рис. А.6. Кулачок переднего  
вертикального суппорта

Таблица А.3

**Операционная технологическая карта наладки на обработку штоцера  
на токарно-револьверном автомате модели 1Е140**

Наименование и марка материала		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры				КД		МЗ													
Сталь А12 ГОСТ 7417-75		НВ<217		кг		2,3		Ø35x3000						2,71													
Условное обозначение кулачка и наладки РГ АБВГ.хххххх.ххх ПС АБВГ.хххххх.ххх ЗС АБВГ.хххххх.ххх ПВС АБВГ.хххххх.ххх ПЗС АБВГ.хххххх.ххх				Оборудование				Код наладки				СОТС															
				1Е140				АБВГ.хххххх.ххх				Масло И20А															
				n <sub>осн</sub> , шп, об/мин		Σn <sub>пр</sub> , об.		T <sub>о</sub> , с		T <sub>в</sub> , с		T <sub>от</sub> , с		T <sub>пз</sub>		T <sub>ц</sub> , с		Q, шт/час									
				630		1233		116,2		31,8		20%				148		24									
Приспособление, код и наименование				Сменные шестерни скоростей				Сменные шестерни подач																			
АБВГ. хххххх.хх Цанга зажимная				a		b		c, мм		d, мм		e		f		g		h		i		l					
АБВГ. хххххх.хх Цанга подающая				31		49		96		168		29		51		43		37		22		58					
АБВГ. хххххх.хх Упор ШЦ II – 0,250-0,05 Кольцо резьбовое М24х1,5-8г Скоба 28h7				Положение кулачков для переключения револьверной головки								Подача, зажим материала															
				1		2		3		4		5		6		7		8		Прав.		Лев.		0			
				1		31		42		47		63,5		78				74		74,5							
№ пе-	Наименование перехода			L <sub>р.х</sub> , мм		S, мм/об		V м/мин		n <sub>шп</sub> об/мин		n <sub>р</sub> , об		n <sub>пр</sub> , об		Кулачки											
												Число сотых долей				Радиус											
				РХ		ХХ		От		До		От		До													
1	2			3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
Револьверный суппорт																											
1	Подать пруток до упора и закрепить															1,0		0		1		93		93			
2	Повернуть револьверную головку															1,5		1		2,5		92		92			
7	Точить поверхности Ø29мм, Ø24С11мм и сверлить отверстие Ø14мм			37		0,1		69 28		630		370		370		23,5		7		30,5		93		130			

Продолжение табл. А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Пауза								0,5	30,5	31	130	130
9	Повернуть револьверную головку								1,5	31	32,5	128	128
17	Точить поверхность $\varnothing 28h7\text{мм}$	11	0,08	57	630	138	138	9		32,5	41,5	129	140
18	Пауза								0,5	41,5	42	140	140
19	Повернуть револьверную головку								3,0	42	45	116,5	116,5
20	Снять фаски $1 \times 45^0$ , $1,5 \times 45^0$	2,5	0,1	47,5	630	25	25	1,5		45	46,5	117,5	120
21	Пауза								0,5	46,5	47	120	120
22	Повернуть револьверную головку								2,0	47	49	115	115
27	Сверлить отверстие $\varnothing 6\text{мм}$	18,5	0,08	23,5	1250	231	116	7,5		49	56,5	115,9	134,4
28	Вывести и ввести сверло								3,5	56,5	60	114,9	133,9
29	Сверлить отверстие $\varnothing 6\text{мм}$	6,1	0,07	23,5	1250	87	44	3		60	63	133,9	140
30	Пауза								0,5	63	63,5	140	140
31	Повернуть револьверную головку								3,0	63,5	66,5	111	111
32	Нарезать резьбу M24x1,5	18	1,5	5,0	63	12	120	7,5		66,5	74	112	127,3
33	Реверсирование шпинделя								0,5	74	74,5	127,3	127,3
34	Свинтить плашку	18	1,5	10,0	125	12	60	3,5		74,5	78	127,3	127,3
35	Повернуть револьверную головку									(78)			
Передний суппорт													
10	Подвести резец									По шабло ну	(7)	35	62
12	Снять фаску $1 \times 45^0$ , выдержав размер $\varnothing 30\text{мм}$	3	0,04	69	630	(75)	(75)	(5)		(7)	(12)	62	65
(13)	Выстой резца									(12)	(27)	65	65
15	Отвод резца									(27)	По шабл.	65	35

Окончание табл. А.3

Передний продольный суппорт														
11	Подвод резца										По шабл.	(12,5)	0	65
13	Точить поверхность Ø30мм	15	0,06	69	630	(250)	(250)	(16)			(12,5)	(26,5)	65	80
14	Пауза								(0,5)		(26,5)	(27)	80	80
16	Отвод резца										(27)	По шабл	80	0
Задний вертикальный суппорт														
23	Подвод резца										По шабл	(42)	35	62,5
24	Снять фаску 2x45°	2,5	0,04	47,5	630	(63)	(63)	(4)			(42)	(46)	62,5	65
25	Пауза								(0,5)		(46)	(46,5)	65	65
26	Отвод резца										(46,5)	По шабл	65	35
Передний вертикальный суппорт														
36	Подвод резца										По шабл	(78)	35	68
37	Отрезать деталь L= 35мм	12	0,04	51,5	630	300	300	19			78	97	68	80
38	Отвод резца								3		97	100	80	35
Итого:								1233	78,5	21,5				

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

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

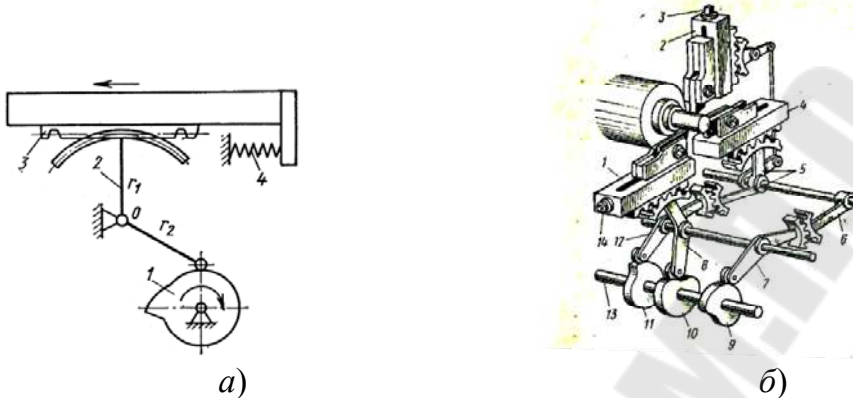


Рис. Б.1. Принципиальная схема управления продольным суппортом (а) и поперечными суппортами (б) токарно-револьверного автомата

Передача движения поперечным суппортам 1, 2 и 4 (рис. Б.1, б) от дисковых кулачков 9, 10 и 11 распределительного вала 13 осуществляется через систему рычагов 5–8 и 12 с зубчатыми секторами и реечными передачами. Регулировку положения суппортов производят регулировочными винтами 3 и 14 при наладке автомата

При установке сменных дисковых кулачков поперечных и вертикальных суппортов, например, на автоматах модели 1Б125 и 1Б140 снимают со станка блок кулачков поперечных суппортов и устанавливают вне станка новые кулачки, для чего ослабляют стопор 3, вывинчивая штребель 1, затем вместе с пустотелым валиком 4 и втулкой 2 вынимают блок кулачков (рис.Б.2,б); сняв с валика 4 втулку 2 и вывернув гайку 5, удаляют кольцо 6, продвинув его вдоль валика, затем снимают кольцо 7 и кулачок а, за ним в том же порядке – остальные детали и кулачки б, в и г.

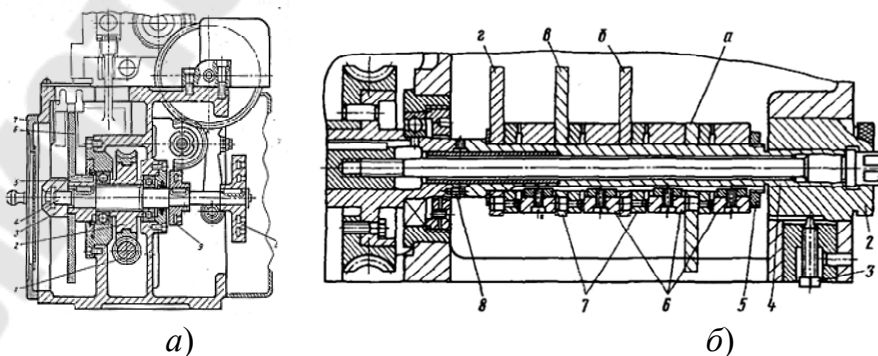


Рис. Б.2. Установка и закрепление кулачков на продольный (а) и поперечный (б) распределительные валы автомата мод.1Б140

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1

**Габаритные размеры рабочего пространства  
токарно-револьверных автоматов, мм**

Параметр	Обозначение	Модель автомата							
		1112, 1118	1А112, 1А118	1Б112, 1Б118	1Д112, 1Д118	1Е110, 1Е110П, 1Е116 1Е116П	1Б124, 1Б136	1Б125, 1Б140	1Е125, 1Е125П, 1Е140, 1Е140П
		Количество вертикальных суппортов:							
		один (см. рис. 1.7,б)				два (см. рис. 1.7,а)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Револьверный суппорт</i>									
Расстояние от торца шпинделя до револьверной головки:									
наименьшее	A	50	65	65	65	50	64	75	75
наибольшее	A <sub>1</sub>	120	135	135	135	130	180	210	235
Величина регулировки положения суппорта	B	20	20	20	20	20	36	35	60
Расстояние от центра револьверной головки до станины	C	150	150	150	-	-	192	-	-
Расстояние от переднего торца револьверной головки до оси отверстия для крепления державки:									
от переднего торца	D	18	18	18	18	18	24	25	25
от заднего торца	E	28	28	28	28	28	36	40	40
Расстояние от стенки револьверного суппорта до оси отверстия для крепления державки	F	38	-	-	-	40	48	50	55
<i>Передний и задний поперечные суппорты</i>									
Расстояние от площадки для крепления державки до оси шпинделя	G	30	30	30	30	30	36	36	36
Наименьшее расстояние от центра паза для крепления державки до оси шпинделя	H	64	65	65	65	65	81	85	80
Величина регулировки положения суппорта	I	±4	±3	±3	±3	±3	±3	±5	±7,5
Расстояние между пазами для крепления державки	J	-	-	-	-	-	-	60	60

Окончание табл. В.1

Расстояние от торца шпинделя до торца переднего суппорта	K	63	58	58	57	82	82	135	200
Длина паза для крепления державки переднего суппорта	L	66	75	72	72	72	97	141	205
Расстояние от торца шпинделя до торца заднего суппорта	M	57	58	58	53	80	82	102	70
Длина паза заднего суппорта для крепления державки	N	64	75	72	72	80	97	113	80
Ширина паза под шпонку державки	O	10	10	10	10	10	14	14	14
Ширина паза для установки болта крепления державки	P	18	18	16	16	18	24	24	24
Глубина паза под шпонку державки	Q	7,5	7,5	9	9	9	10	10	12
Глубина паза для установки крепления державки	R	6,5	6,5	7	7	7	11	10	9
<i>Вертикальный суппорт</i>									
Угол наклона суппорта к вертикальной оси, град	S	-	-	-	-	-	-	45	30
	S	-	-	-	-	-	-	20	30
Наименьшее расстояние от торца шпинделя до отрезного резца	T	5	5	4	4	5	7	7	5
Величина регулировки вдоль оси шпинделя	U	3	5	6	6	6	10	6	15
Расстояние от торца суппорта до оси шпинделя:									
наименьшее	V	15	25	32	20	20	20	22	22
наибольшее	V <sub>1</sub>	41	58	58	46	50	60	67	82
Величина регулировки перпендикулярно оси шпинделя	W	±4	±5	±5	±4	±4	±4	±5	±7.5
Расстояние от торца шпинделя до торца качающегося упора:									
наименьшее	X	-	-	-	-	-	-	30	20
наибольшее	X <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-	100	110
Примечание. Наименьшие и наибольшие расстояния даны для регулировки									



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Расчет конструкции копировальной системы управления

Цель работы: получить навыки в разработке и расчете копировальных систем управления

#### 1. Порядок выполнения работы

1.1. Получить задание у преподавателя (чертеж детали, мод. станка).

1.2. Изучить особенности конструкции копировальных систем управления.

1.3. Изобразить кинематическую (принципиальную) схему механизма управления.

1.4. Рассчитать режимы резания, нарисовать схему обработки и выполнить карту наладки станка.

1.5. Произвести расчет копира.

1.6. Начертить чертеж копира.

#### 2. Методические рекомендации к выполнению работы

При выполнении п. 1.2–1.3 необходимо ознакомиться с устройством и работой копировальных станков и гидрокопировальных суппортов, а также с особенностями копировальных систем управления.

В копировальных системах управления программа управления воплощается в аналоговом виде, в форме копира, представляющего собой прототип детали или ее частей. Копир является программоносителем для этих систем.

В отличие от механических копировальных систем, где копир выполняет две функции — управления перемещением рабочего органа и его подачи, в следящих копировальных системах копир выполняет только функцию управления, а функцию рабочей подачи выполняет силовой следящий привод. Это позволяет изготавливать копии из легкообрабатываемых материалов, снижать их износ и тем самым повышать точность обработки.

На копировальных полуавтоматах основной профиль заготовки 16 (рис. 1), зажатой пинолью 9 гидроцилиндра 10, обрабатывается одним резцом 5 методом копирования. Резец устанавливается на верхней части копировального суппорта, привод которого в продольном и поперечном направлениях осуществляется гидравлической следящей системой, управляемой по специальному копиру 8 или по эталонной детали. В результате этого при продольном и поперечном перемещениях гидросистемой копировального суппорта резец 5 точно воспроизводит на обрабатываемой заготовке форму и размеры копира. Размеры ее рабочего профиля копира точно соответствуют чертежным размерам изготавливаемой детали.

По поверхности копира 8 скользит наконечник щупа 7, закрепленного на рычаге, который перемещает золотник копировальной головки 6. Профиль наконечника щупа точно соответствует профилю резца копировального суппорта. Золотник, управляющий подачей масла в гидроцилиндр 4 поперечной (или следящей) подачи суппорта, свободно перемещается внутри копировальной головки 6 и в процессе обработки заготовки постоянно поджимается пружиной вместе со щупом к поверхности копира. Копировальная головка, в свою очередь, жестко связана с верхней частью 3 копировального суппорта и гидроцилиндра 4.

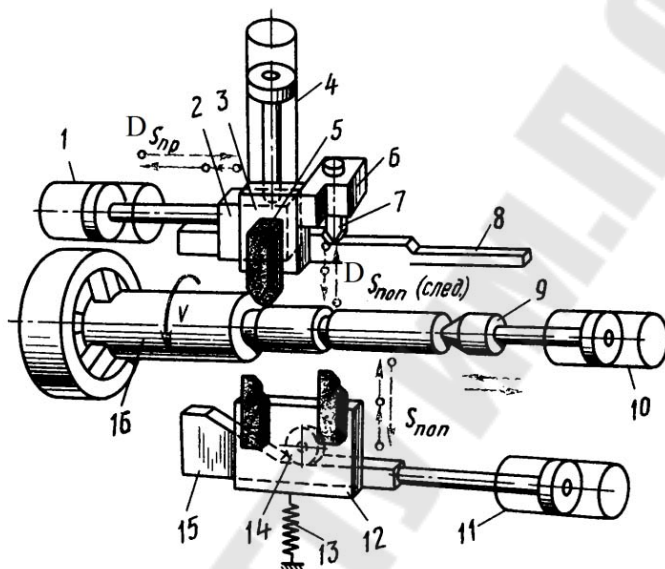


Рис. 1. Схема работы токарного копировального полуавтомата

На горизонтальном участке копира щуп с золотником и копировальная головка находятся в согласованном (нулевом) положении. Давление масла в верхней и нижней полостях гидроцилиндра 4 одинаковое и поэтому поперечная подача суппорта отсутствует. Суппорт в этот момент получает только продольное перемещение с подачей от гидроцилиндра 1, поршень со штоком которого жестко связан с продольной кареткой 2 суппорта.

Как только наконечник щупа 7 подходит к выступу на поверхности копира, он поднимается вместе с золотником относительно копировальной головки 6 вверх. В результате возникает рассогласование в их взаимном положении. Золотник открывает доступ масла в верхнюю полость гидроцилиндра 4, поршень со штоком которого жестко связан с продольной кареткой 2, а сам гидроцилиндр с верхней частью суппорта 3. В результате верхняя часть суппорта с резцом 5 начнут подниматься вверх. Вместе с ними поднимается вверх и копировальная головка 5. Их подъем будет происходить до тех пор, пока щуп с золотником и копировальная головка не займут опять согласованного (нулевого) положения.

При опускании щупа с золотником вниз по профилю копира масло подается в нижнюю полость гидроцилиндра 4 и верхняя часть суппорта вместе с резцом перемещается вниз.

Гидравлическая следящая система привода копировального суппорта с помощью автоматического регулятора обеспечивает взаимную связь его продольной и поперечной подач. Это позволяет настраивать на полуавтомате с помощью дросселей гидравлической системы такое соотношение этих подач, при котором результирующая подача суппорта получается примерно постоянной независимо от углов наклона профиля копира. Обеспечение постоянной результирующей подачи независимо от профиля копира позволяет получать на копировальных полуавтоматах высокую производительность и низкую шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Доделочные операции при обработке заготовок (прорезка канавок, снятие фасок и др.), которые не могут быть выполнены с копировального суппорта, выполняются с поперечного суппорта 12, которых на полуавтомате может быть один или два.

Перемещение поперечного суппорта осуществляется от ползуна 15 с наклонной поверхностью, по которому перекачивается ролик 14, жестко связанный с суппортом 12. При перемещении ползуна, соединенного со штоком и поршнем гидроцилиндра 11 вправо, ролик 14, перекачиваясь по его наклонной поверхности, перемещает суппорт вверх. Перемещение происходит до тех пор, пока ролик не выйдет на верхнюю горизонтальную плоскость ползуна.

При перемещении ползуна влево суппорт под действием пружины 13 отходит вниз в исходное положение.

При обработке заготовок на копировальном полуавтомате можно установить следующие циклы его работы:

- одновременная обработка с копировального и поперечного суппортов;
- последовательная обработка – сначала с копировального суппорта, затем с поперечного;
- обработка только с копировального суппорта.

В станкостроении применяют различные виды следящих копировальных систем: электрические, гидравлические, электрогидравлические, пневмогидравлические и др.

Так, например, гидрокopировальные системы управления позволяют автоматизировать процессы обработки заготовок фасонных деталей.

В гидрокopировальных системах управления токарных станков применяют два принципа копирования: однокоординатное и двухкоординатное.

По принципу однокоординатного копирования копировальная система работает следующим образом. От лопастного насоса 1 (рис. 2)

масло под давлением, устанавливаемым клапаном 2, подается в штоковую полость 3 гидроцилиндра 4, которая через отверстие 5 сообщается с бесштоковой полостью 6. Полость 6 гидроцилиндра соединена с баком через трубопровод 9, золотник 12 и трубопровод 13.

В исходном положении копировальный суппорт 7 с резцом и следящим золотником 12 отведен от обрабатываемой заготовки 8 и копира 10. При включении насоса 1 в полостях 3 и 6 цилиндра 4 устанавливается одинаковое давление. Так как площадь поршня в полости 6 больше площади поршня в полости 3, то суппорт 7 начнет двигаться к заготовке 8, а следящий золотник 12 – к копиру 10. Движение суппорта продолжается до тех пор, пока щуп 11 следящего золотника не встретит на своем пути копир 10 и не переместит золотник 12. С этого момента начинается слежение золотника за профилем копира.

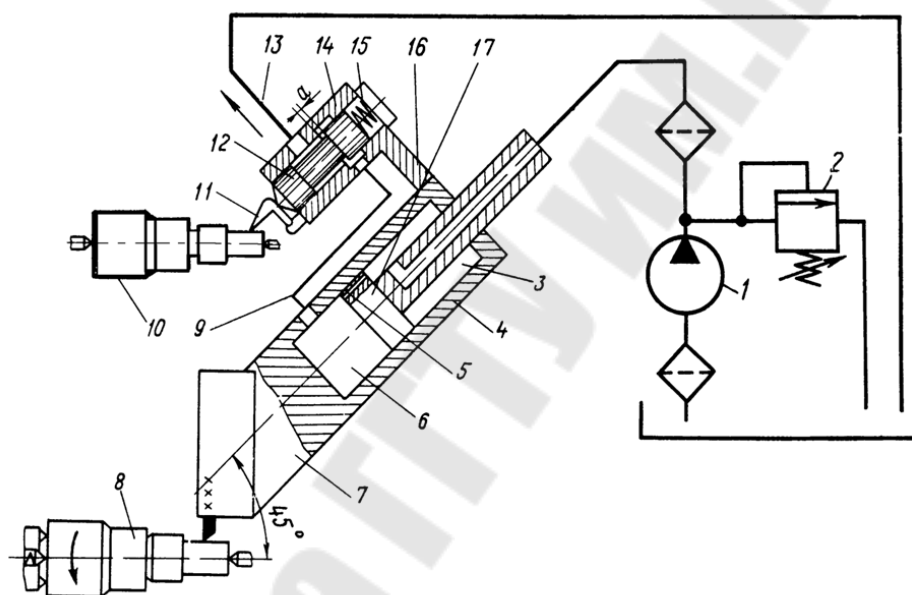


Рис. 2. Схема работы гидроконтрольного суппорта

Если профиль копира 10 параллелен линии центров, то щуп 11, преодолевая усилие пружины 15, смещает золотник 12 и расточкой в корпусе 14 образовалась кольцевая щель *a*, через которую начинается слив масла из полости 6 цилиндра 4 в бак. При этом давление в полости 6 понизится и усилия, действующие на поршень 17, уравновесятся. Копировальный суппорт будет неподвижен. Это будет соответствовать обточке цилиндрической поверхности. При переходе от обточки цилиндра к подрезке торца щуп 11, воздействуя на золотник 12, увеличивает щель *a*, давление в полости 6 цилиндра падает и копировальный суппорт начинает двигаться по своим направляющим от обрабатываемой заготовки.

Каждому перемещению золотника 12 относительно копира 10 соответствует такое же перемещение копировального суппорта 7. Каждому

перемещению копировального суппорта 7 относительно обрабатываемой заготовки 8 благодаря звену 16, жесткому креплению корпуса 14 к цилиндру 4 будет соответствовать такое же перемещение корпуса 14 относительно копира 10.

Установка программносителя (копира или эталонной детали) на токарных копировальных полуавтоматах осуществляется в специальном механизме (рис. 3). Скалка 5 устанавливается на стойках 1 и 9. На скалке расположены две центровые бабки 3 и 8, в центрах 4 и 6 которых устанавливают линейку 14 с копиром или эталонную деталь. Центровые бабки можно перемещать по скалке 5. Левую бабку фиксируют винтом 12 с сухарями, правую – винтом 18 с сухарями 19 и 21. Регулирование положения линейки 14 с копиром по высоте производят маховичком 11, имеющим лимб с ценой деления 0,02мм. Гайка 10, перемещаясь вперед или назад, поворачивает рычаг 2 и через него скалку 5, поднимая или опуская центровые бабки 3 и 8 с копиром.

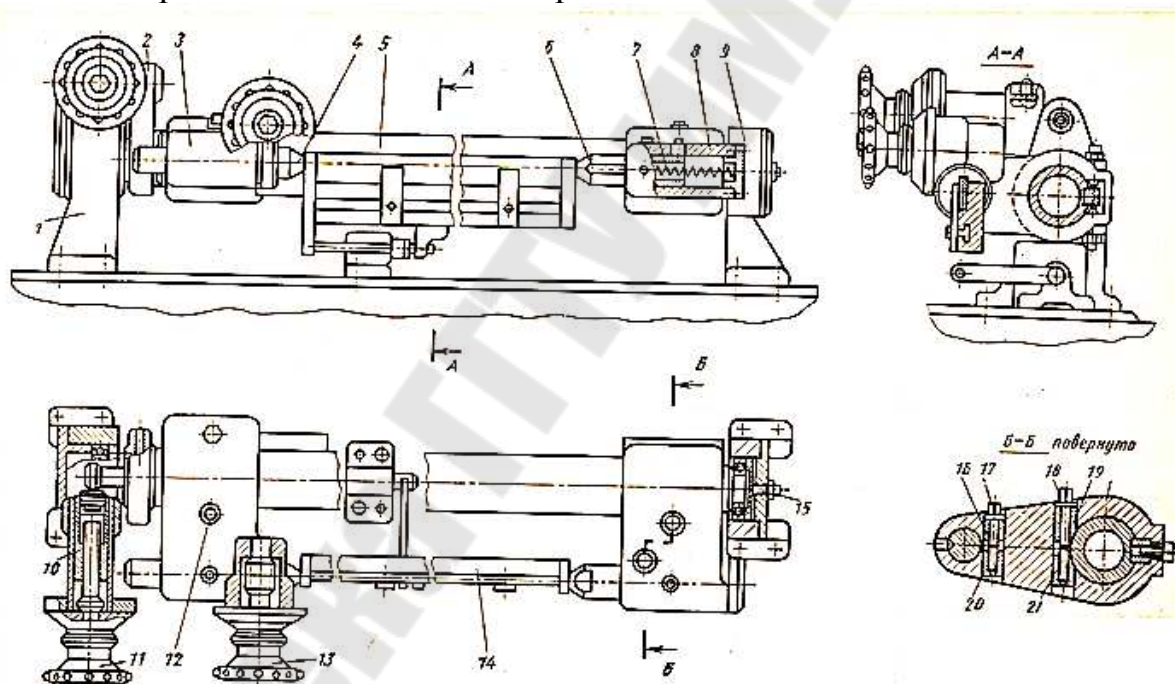


Рис. 3. Механизм установки копира

Маховичком 13 регулируют положение линейки 14 по длине. Цена деления лимба маховичка 0,0075 мм. Центр 4 левой бабки 3 перемещается в продольном направлении. Центр 6 правой бабки 8 поджимается к линейке 14 или к эталонной детали пружиной 7. После установки его фиксируют винтом 17 с сухарями 16 и 20. Винтом 15 с контргайкой производят поджим крышки и регулировку натяга в шарикоподшипниках скалки 5. Величина натяга должна обеспечить поворот скалки 5 под действием собственного веса при повороте маховичка 11 и опускании линейки 14 с копиром.

Устранение отклонений от параллельности прямолинейных участков копира или эталонной детали относительно оси центров полуавтомата производят поворотом левой центральной бабки.

При выполнении п. 1.4 необходимо знать особенности расчета режимов резания, выбора инструментов, возможностей полуавтомата и схем обработки, а также разрабатывать карту наладки полуавтомата.

Расчет режимов резания производится по справочным общемашиностроительным нормативам режимов резания.

Обработка заготовок на копировальных полуавтоматах проводится резцами из быстрорежущей стали и с пластинками из твердого сплава. Отличительная особенность этих резцов по сравнению с обычными токарными резцами заключается практически только в выборе вспомогательного угла в плане  $\varphi_2$ , и в том, что режущая кромка резца должна строго соответствовать форме наконечника шупа копировальной головки. Для обработки заготовок, не имеющих канавок и участков с уклоном в сторону рабочей подачи, а также когда не нужно подрезать наружных торцов, применяются резцы с углом  $\varphi_2 = 10-15^\circ$ , что обеспечивает большой угол при вершине, а следовательно, большую прочность резца и хорошие условия теплоотвода.

При обработке заготовок с профильными канавками, с конусными участками в сторону рабочей подачи и при подрезке торца заготовки со стороны центра задней бабки применяются резцы с углом  $\varphi_2 = 30-45^\circ$ .

К особенностям работ, выполняемых на копировальных станках, следует отнести следующее.

На копировальных полуавтоматах производится обработка в центрах различных деталей типа ступенчатых валов с простым и сложным криволинейным профилем из штучных заготовок, полученных ковкой, штамповкой, литьем и другими способами. На них может проводиться также обработка деталей типа втулок, полумуфт, устанавливаемых на оправках.

Наряду с этим необходимо отметить некоторые ограничения в обработке различных профилей заготовок. На копировальных полуавтоматах нельзя обрабатывать с одной установки те участки профиля, которые имеют наклон в сторону рабочей подачи более  $30-45^\circ$  (рис. 4, а). В этом случае для обработки заготовки необходимо применять резец с малым углом при вершине, что значительно уменьшает его прочность и повышает износ. Нельзя также обрабатывать с одной установки торцовые поверхности, обращенные в сторону рабочей подачи (торец А) и канавок прямоугольного сечения (рис. 4, б). Обработка заготовок с таким профилем производится за две установки, а проточка канавок – с поперечного суппорта.



На копировальных полуавтоматах может осуществляться как черновая обточка заготовок с точностью до 0,1–0,2 мм при подачах до 1 мм/об, так и чистовая с точностью 0,02–0,06 мм при подачах до 0,5 мм/об. Точность обработки зависит также от точности профиля копира, правильности его установки, от чувствительности гидравлической следящей системы. Шероховатость обработанных поверхностей получается выше, чем на многолезцовых полуавтоматах, и может составлять  $Ra\ 2,5-1,25$ .

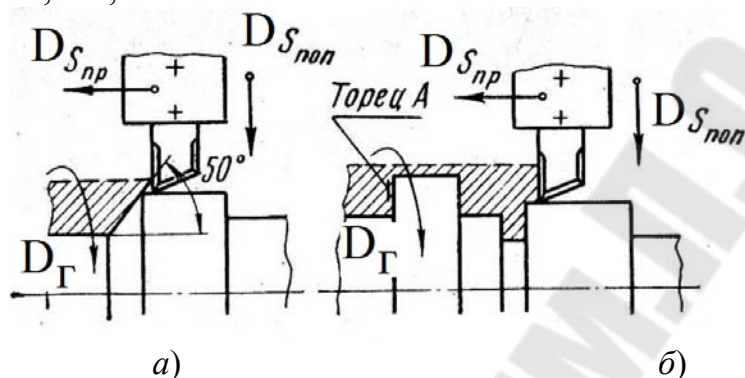


Рис. 4. Заготовки, профили которых ограничивают возможность обработки на гидрокopировальных полуавтоматах

Обработка основного профиля детали на копировальных полуавтоматах одним резцом значительно упрощает наладку и подналадку режущих инструментов, позволяет увеличить режимы обработки при той же мощности привода, точность обработки за счет снижения усилий резания и отжима заготовки и узлов полуавтомата. Последнее делает особенно целесообразным применение этих полуавтоматов для обработки длинных валов с малой жесткостью, а также для точной чистовой обработки длинных шеек ступенчатых валов, которые из-за высоких требований к качеству обрабатываемой поверхности нельзя обрабатывать на многолезцовых полуавтоматах.

При обработке заготовок с большим перепадом диаметров, когда припуск на одном конце получается большой и его нельзя или нерационально с точки зрения точности и шероховатости обработанной поверхности снять за один проход инструмента, обработка должна проводиться за несколько проходов. Копировальный суппорт полуавтоматов 1712 и 1722 имеет упор щупа, который позволяет сначала осуществлять черновую обточку заготовки, получая гладкий цилиндрический вал с диаметром, равным максимальному диаметру детали, плюс припуск на чистовую обточку (рис. 5). При вторичном проходе упор щупа убирается и обточка заданного профиля производится резцом с управлением по копиру. Наличие упора щупа на копировальных полуавтоматах позволяет также обрабатывать на них гладкие цилиндрические валы без применения копиров.

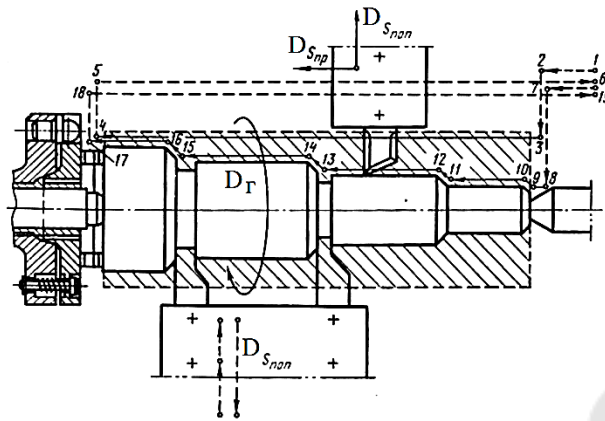


Рис. 5. Схема обработки заготовки в два прохода

Однако обработка заготовок с большим припуском, а также заготовок, обрабатываемых с двух установок, более успешно проводится с применением механизма для многопроходной обработки. В этом случае обработка производится за несколько проходов копировального суппорта (до четырех) с управлением его на каждом проходе от своего копира (рис. 6). На верхней части станины в этом случае вместо кронштейна с копиром устанавливаются две бабки с вращающимися центрами, в которых закрепляется барабан с четырьмя копирами. После каждого прохода копировального суппорта барабан с копирами поворачивается на  $90^\circ$ . Применение механизма для многопроходной обработки заготовок с большим припуском позволяет получать любую наиболее выгодную промежуточную форму обрабатываемой заготовки и наиболее рационально разбивать общий припуск между проходами, независимо от профиля изготавливаемой детали. При обработке заготовок с двух установок сокращается время на переналадку полуавтомата.

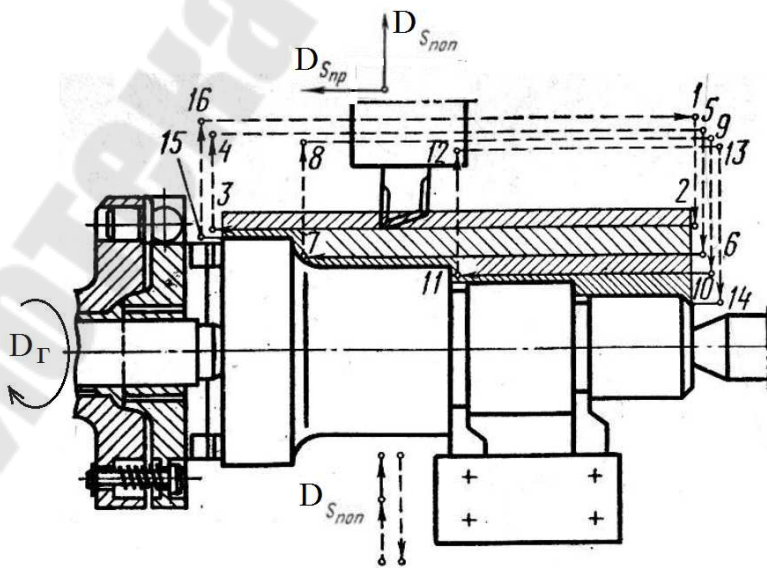


Рис. 6. Схема обработки заготовки за несколько проходов



Основным техническим документом для наладки полуавтомата является карта наладки. В качестве примера на рис. 7 показана карта наладки на обработку вала на копировальном полуавтомате 1722.

Установочными базами обрабатываемой детали являются предварительно торцованные и зацентрованные концы вала. При обработке заготовка устанавливается в центрах с поджимом центром задней бабки. Крутящий момент на заготовку передается поводковым центром, установленным в шпинделе.

Обработка основного профиля заготовки производится резцом, устанавливаемым в резцедержавке копировального суппорта, а проточка канавки шириной 3 мм до диаметра 24 мм – канавочным резцом, устанавливаемым в резцедержавке поперечного суппорта. Резцы выбираем с пластинками из твердого сплава Т15К6.

Определение величин хода инструментов  $I_{p.x}$  и режимов обработки  $s$  и  $v$  практически производится так же, как и в рассмотренных в лабораторной работе №3 токарно-револьверных автоматов.

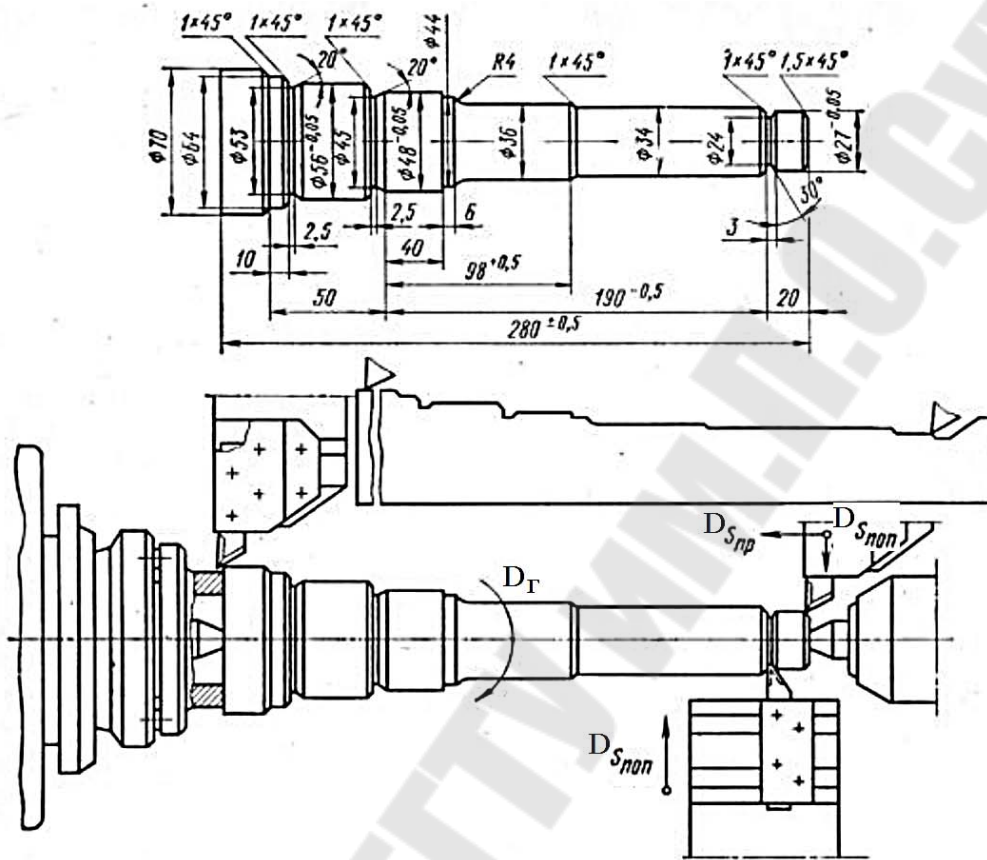
Полное время обработки одной заготовки (детали)  $T_{дет}$  определяется по формуле:  $T_{дет} = t_{p.x} + t_b$ , где  $t_{p.x} = n_p/n_{шп} = 644/703 = 0,92$  мин – полное время рабочих несомкнутых ходов;  $t_b$  – вспомогательное время на отвод суппортов, съем, установку и зажим заготовки. Учитывая, что для средних токарных горизонтальных одношпиндельных полуавтоматов соотношение времени рабочих ходов к полному времени обработки детали составляет  $t_{p.x}/T_{дет} = 0,6$ , получаем  $t_b = 0,7t_{p.x} = 0,7 \cdot 0,92 = 0,65$  мин. Таким образом, полное время обработки детали  $T_{дет} = 0,92 + 0,65 = 1,57$  мин.

Наладка копировального полуавтомата проводится при его работе в наладочном режиме в строгом соответствии с картой наладки и заключается в основном в согласованной установке копира, резцов и упоров, управляющих включением конечных выключателей суппортов и золотников гидросистемы.

Можно рекомендовать такую последовательность наладки копировального полуавтомата:

- подготовка к наладке полуавтомата;
- настройка заданной частоты вращения шпинделя с установкой сменных зубчатых колес А и Б и блоков зубчатых колес коробки скоростей;
- установка и регулировка положения задней бабки;
- регулировка давлений в гидросистеме полуавтомата;
- установка и регулировка скоростей перемещения суппортов и пиноли задней бабки;
- наладка копировального суппорта;
- наладка поперечного суппорта;
- установка упоров (см. рис. 8);

– обработка пробных заготовок при работе в полуавтоматическом режиме, проведение необходимой подналадки, инструктаж токаря-автоматчика и сдача в эксплуатацию полуавтомата.



Наименование детали		Вал	Вид заготовки		Поковка	Материал	Сталь 18ХГТ		
Наименование суппорта	Наименование переходов	Ход инструментов $l$ , мм	Подача инструментов		Количество оборотов шпинделя на данный переход $n_p$	Расчетная скорость резания $v_p$	Скорость резания, уточненная по станину $v_{ст}$	Подразделение оборотов	
			мм/об	мм/мин				от	до
Копировальный	Обточить профиль заготовки (детали) по копиру	290	0,45	316,5	644	151	154,5	0	644
Поперечный	Прорезать канавку шириной 3 мм	7	0,2	140,6	35	101	59,6	(609)	(644)
Сменные зубчатые колеса	А 31 Б 50 Положение блоков зубчатых колес коробки скоростей	Левого	Правого	II	Скорость быстрого перемещения суппортов, м/мин			Подвод	1,5
				I				Отвод	2,0
Частота вращения шпинделя		703	Время обработки одной заготовки (детали), мин				1,57		

Рис. 7. Карта наладки токарного копировального полуавтомата мод. 1722

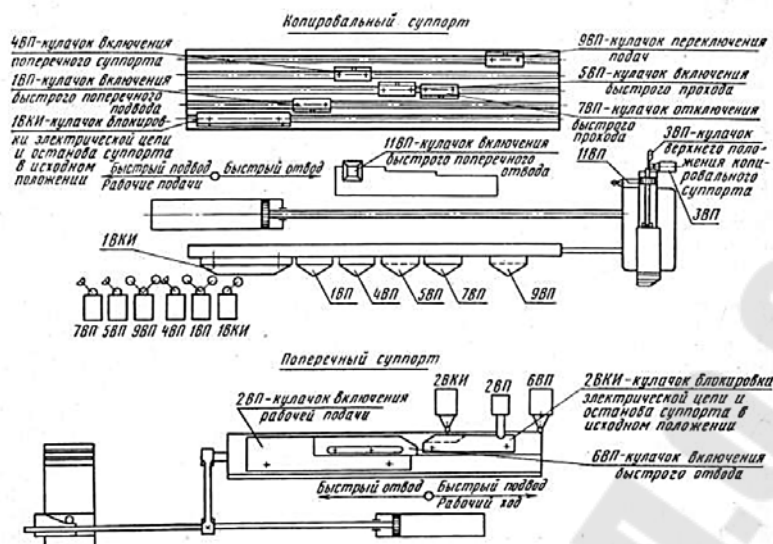


Рис. 8. Схема расположения упоров копирующего и поперечного суппортов

При выполнении п. 1.5–1.6 необходимо произвести расчет и выполнить чертеж копира (см. рис. 9).

В зависимости от конструкции механизма установки на копируемых полуавтоматах могут применяться плоские копиры, которые называют также шаблонами, и круглые копиры – эталонные детали. Размеры рабочего профиля копира по длине и высоте (или по диаметру) должны точно соответствовать профилю изготавливаемой детали. При проектировании копира необходимо провести определение некоторых величин, которые должны учитываться при расчете его размеров. Так, например, на полуавтомате 1722 при минимально возможном расстоянии от торца копирующего суппорта до линии центров, равном 55 мм, возможна обработка заготовок с минимальным радиусом, равным

$$R_{\max} = 55 - L,$$

где  $L$  – величина вылета резца, мм.

При этом соответствующая минимально возможная высота копира при расстоянии от рычага щупа до опорной поверхности на кронштейне для крепления копира, равном 42,5 мм (при среднем положении каретки щупа), будет равна:

$$h_{\min} = 42,5 - m,$$

где  $m = (10...12)$  мм — величина вылета наконечника щупа.

Минимальную высоту копира для обрабатываемой детали  $H_{\min}$  определяют путем прибавления к минимально возможной высоте копира  $h_{\min}$  разницы между минимальным радиусом обрабатываемой заготовки детали и минимально возможным вообще радиусом обработки на полуавтомате  $r_{\min}$  по формуле:

$$H_{\min} = h_{\min} + (R_{\min} - r_{\min}).$$



### Структура отчета

1. Название работы, цель и порядок выполнения.
2. Исходные данные к расчету.
3. Расчет режимов резания, выбор инструмента, схем обработки.
4. Принципиальная схема копировальной системы управления.
5. Карта наладки копировального станка с поясняющими расчетами.
6. Чертеж копира.

### Контрольные вопросы

1. Укажите последовательность проектирования копировальных систем управления.
2. Какими конструктивными особенностями обладают копировальные системы управления.
3. Расскажите принцип работы копировального полуавтомата и гидрокопировального суппорта.
4. Какие особенности необходимо учесть при разработке технологического процесса обработки заготовки?
5. Как производится расчет копира?
6. Что указывается на карте наладки копировального полуавтомата?
7. Укажите последовательность наладки копировального полуавтомата.

### Литература

1. Батов В.П. Токарные автоматы и полуавтоматы. – М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.
2. Камышный Н.И., Стародубов В.С. Конструкции и наладка токарных автоматов и полуавтоматов: Уч. Пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа. 1988. – 256 с.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т.1/А.Д.Локтев, И.Ф.Гущин, В.А.Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640с.

# **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМАМИ**

**Практикум  
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 05.10.20.

Рег. № 58Е.  
<http://www.gstu.by>