

ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

*Н. А. Нефёдов,*  
*засл. учитель школы РСФСР,*  
*К. А. Осипов*

СБОРНИК ЗАДАЧ  
И ПРИМЕРОВ  
ПО РЕЗАНИЮ  
МЕТАЛЛОВ  
И РЕЖУЩЕМУ  
ИНСТРУМЕНТУ

**Проект**



**"Знание"**

5-е издание, переработанное и дополненное

Допущено Министерством автомобильного  
и сельскохозяйственного машиностроения СССР  
в качестве учебного пособия  
для учащихся средних специальных заведений



МОСКВА  
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
1990

ББК 34.63я723  
Н58  
УДК 621.9.02 (075.32:076-1)

Рецензент инж. Д. Ф. Капчиц

Нефедов Н. А., Осипов К. А.

Н58 Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: «Машиностроение», 1990. — 448 с.: ил.

ISBN 5-217-01018-5

Пятое издание (4-е изд. 1984 г.) переработано и дополнено примерами составления схем алгоритмов и программ расчетов режимов резания с помощью ЭВМ.

Н 2704040000—245  
038(01)—90 245—90

ББК 34.63я723

ISBN 5-217-01018-5 © Издательство «Машиностроение», 1984  
© Издательство «Машиностроение», 1990, с изменениями

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	6
<i>Глава 1</i>	
Методические указания . . . . .	8
§ 1. О терминах, определениях и обозначениях, относящихся к обработке резанием и режущим инструментам . . . . .	8
§ 2. О применении Международной системы единиц физических величин (СИ) при изучении предмета «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент» . . . . .	19
§ 3. О применении Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) при выполнении чертежей режущего инструмента . . . . .	25
§ 4. О применении Единой системы допусков и посадок при выполнении чертежей режущего инструмента . . . . .	38
§ 5. О применении ЭВМ при изучении курса «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент» . . . . .	49
<i>Глава 2</i>	
Точение . . . . .	53
§ 1. Инструментальный материал . . . . .	53
§ 2. Геометрические элементы лезвия токарных резцов . . . . .	54
§ 3. Элементы режимов резания. Основное (технологическое) время . . . . .	56
§ 4. Силы резания и мощность, затрачиваемая на резание . . . . .	61
§ 5. Скорость главного движения резания, допускаемая режущими свойствами резцов . . . . .	68
§ 6. Режим резания . . . . .	75
§ 7. Расчет и конструирование токарных резцов . . . . .	97
§ 8. Расчет и конструирование сборных резцов с механическим креплением пластин . . . . .	108
§ 9. Расчет и конструирование составных и сборных алмазных резцов . . . . .	114
§ 10. Инструмент из эльбора-Р (кубического нитрида бора) . . . . .	123
§ 11. Расчет и конструирование фасонных резцов . . . . .	132
§ 12. Профилирование фасонных резцов . . . . .	137



<b>Глава 3</b>		157
<b>Строгание</b>		157
§ 1. Режим резания при работе на поперечно-строгальных станках		157
§ 2. Режим резания при работе на продольно-строгальных станках		160
<b>Глава 4</b>		166
<b>Сверление, зенкерование и развертывание</b>		166
§ 1. Режим работы		187
§ 2. Расчет и конструирование сверл		199
§ 3. Расчет и конструирование зенкеров		211
§ 4. Расчет и конструирование разверток		
<b>Глава 5</b>		224
<b>Фрезерование</b>		224
§ 1. Режим резания		243
§ 2. Расчет и конструирование фрез		
<b>Глава 6</b>		262
<b>Протягивание</b>		262
§ 1. Режим резания		268
§ 2. Расчет и конструирование протяжек		
<b>Глава 7</b>		295
<b>Зубонарезание</b>		295
§ 1. Режим резания		304
§ 2. Расчет и конструирование зуборезного инструмента		
<b>Глава 8</b>		320
<b>Резьбонарезание</b>		320
§ 1. Режим резания		327
§ 2. Расчет и конструирование резьбонарезного инструмента		
<b>Глава 9</b>		346
<b>Шлифование</b>		346
§ 1. Абразивный инструмент		350
§ 2. Режим резания при круглом наружном шлифовании в центрах		356
§ 3. Режим резания при внутреннем шлифовании		361
§ 4. Режим резания при шлифовании плоских поверхностей периферией круга		
<b>Глава 10</b>		367
<b>Заточка режущего инструмента</b>		

## Глава 11

<b>Многоинструментная обработка</b>	385
§ 1. Режим резания при обработке на токарных много-резцовых станках	385
§ 2. Режим резания при работе на агрегатных сверлильных станках	392

## Глава 12

<b>Инструмент для станков с числовым программным управлением</b>	399
<b>Приложения</b>	421
1. Паспортные данные металлорежущих станков	421
2. Схемы алгоритмов и программы расчета режимов резания на ЭВМ	428
<b>Список литературы</b>	444

Сборник задач и примеров по резанию металлов и конструированию режущего инструмента предназначен для учащихся машиностроительных техникумов, изучающих предмет «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент».

В задачах даны десять вариантов условий, что позволяет учащимся работать самостоятельно и исключает параллельное решение одной и той же задачи. Для облегчения решения задач приведены примеры с решениями. Это дает возможность изучить методику, определить последовательность и объем выполняемой работы.

При решении типовых примеров и задач наряду с единицами физических величин, предусмотренными Международной системой (СИ) (ГОСТ 8.417—81\*), используются единицы (об/мин), которые временно допускаются к применению. При решении примеров использованы материалы справочников, а также общемашиностроительные нормы режимов резания и времени для технического нормирования 1972—1978 гг. издания, которые имеются в библиотеках учебных заведений. В них приведены единицы физических величин в старых системах, классы точности и знаки чистоты поверхности соответственно вместо квалитетов, полей допусков и параметров шероховатости поверхности, предусмотренных действующими ГОСТами. При отсутствии у учащихся этих нормативов можно пользоваться справочной литературой, рекомендуемой учебной программой и преподавателями техникума.

В список литературы, рекомендуемой для использования при решении примеров и задач, включены некоторые книги, изданные до 1975 г., содержащие ценные сведения, методики расчета и другие данные. Однако следует учи-

тывать, что за период, истекший с момента их выпуска, введены новые стандарты на термины, определения и обозначения, единицы физических величин, шероховатость поверхности, допуски и посадки, режущий инструмент, появились новые инструментальные материалы и т. д.

В сборнике использованы термины и обозначения, относящиеся к режущему инструменту (ГОСТ 25751—83) и обработке резанием (ГОСТ 25762—83).

Авторы учли замечания по первым четырем изданиям сборника, переработали и дополнили отдельные главы. Ряд условий задач заменен новыми.

В пятое издание сборника включены примеры по расчету режимов резания с использованием ЭВМ.

Гл. 1 (§ 1—4), 10, 12 и параграфы по расчету и конструированию режущего инструмента в остальных главах написаны Н. А. Нефедовым, гл. 3, 9, 11, § 5 гл. 1 и параграфы по резанию металлов и назначению режимов резания в остальных главах — К. А. Осиповым.

Авторы выражают признательность инженеру А. Н. Кабыченко за помощь, оказанную в разработке программ расчетов режимов резания на ЭВМ.



§ 1. О ТЕРМИНАХ, ОПРЕДЕЛЕНИЯХ И ОБОЗНАЧЕНИЯХ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ И РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТАМ

С 1984 г. введены в действие термины, определения общих понятий, относящихся ко всем видам обработки резанием, а также буквенные обозначения величин кинематических элементов резания, координатных плоскостей и элементов лезвия для всех режущих элементов. Термины и обозначения обязательны для применения в народном хозяйстве, научно-технической, учебной и справочной литературе и в учебном процессе. Применение терминов-синонимов вместо стандартизованных элементов запрещено.

ГОСТ 25751—83 и ГОСТ 25762—83 предусматривают ряд терминов и понятий.

Различают инструмент *лезвийный*, т. е. с заданным числом лезвий установленной формы, и *абразивный*, рабочая часть которого состоит из абразивных зерен. В зависимости от числа лезвий лезвийный инструмент подразделяют на однолезвийный и многолезвийный инструмент, а в зависимости от расположения лезвий — на периферийный, торцовый и периферийно-торцовый инструмент.

По направлению вращения инструмент классифицируют на праворежущий и леворежущий; например, праворежущий лезвийный инструмент предназначен для обработки с вращательным главным движением резания, направленным по ходу часовой стрелки, если смотреть со стороны крепежной части (для насадных фрез — со стороны шпинделя).

По форме режущий инструмент разделяют на *дисковый* (осевая длина меньше его диаметра), *цилиндрический* (режущие кромки расположены на цилиндрической поверхности), *конический* (режущие кромки расположены на конической поверхности) и др.

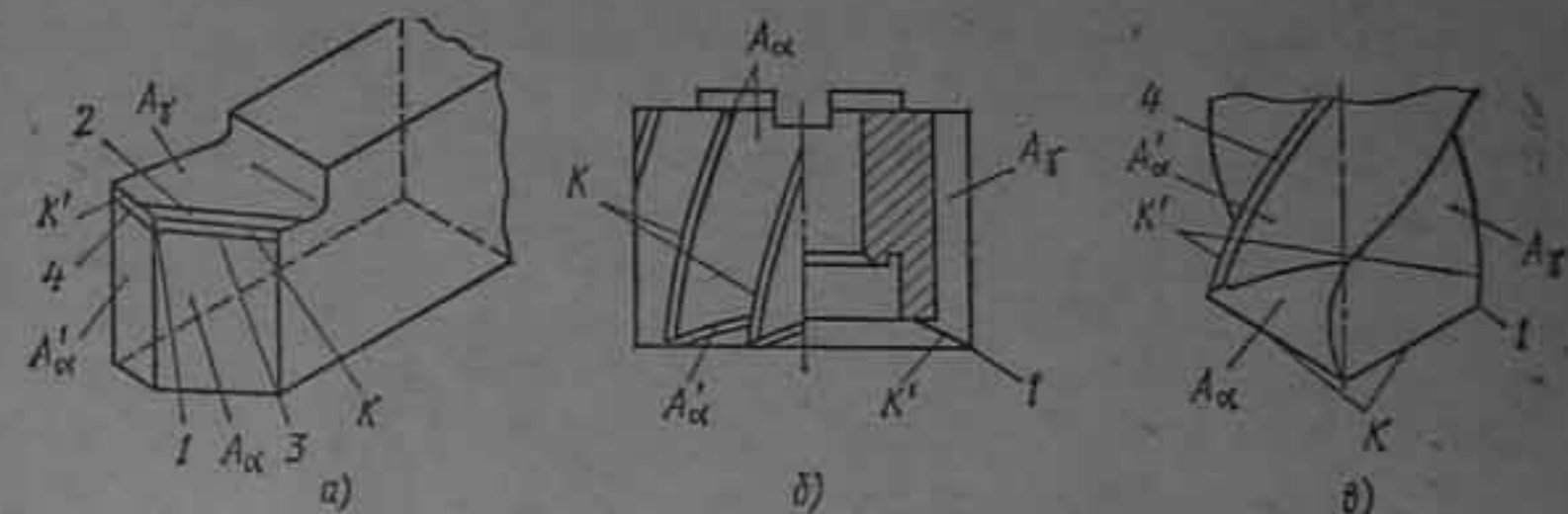


Рис. 1. Геометрические элементы лезвия инструмента: а — токарный резец; б — торцовая фреза; в — сверло.  $A_v$  — передняя поверхность лезвия;  $K$  — главная режущая кромка;  $K'$  — вспомогательная режущая кромка;  $A_\alpha$  — главная задняя поверхность лезвия;  $A'_\alpha$  — вспомогательная задняя поверхность лезвия;  $I$  — вершина лезвия; 2 — фаска по передней поверхности; 3 — ленточка по главной задней поверхности; 4 — ленточка по вспомогательной задней поверхности

В зависимости от конструкции различают *цельный* режущий инструмент (изготовлен из одной заготовки), *составной* (с неразъемным соединением его частей и элементов, может быть сварным, клееным, паяным), *сборный* (с разъемным соединением его частей и элементов) и *комбинированный*. Инструмент с наплавленным лезвием — составной инструмент, лезвия его изготовлены путем наплавки инструментального материала. Инструментальные головки — сборный режущий инструмент, в нем предусмотрено регулирование размера рабочей части путем перемещения ножей или абразивных брусков. Комбинированный режущий инструмент — лезвийный инструмент, представляющий собой сочетание инструментов разных видов при общей крепежной части.

По методу крепления режущий инструмент делят на *насадной* (с посадочным отверстием) и *хвостовой* (со стержнем конической или цилиндрической формы).

*Лезвие* представляет собой клинообразный элемент режущего инструмента для проникновения в материал заготовки и отделения слоя материала (рис. 1). *Передняя поверхность лезвия* ( $A_v$ ) — поверхность, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой.

*Задняя поверхность лезвия* ( $A_\alpha$ ) — поверхность, контактирующая в процессе резания с поверхностями обрабатываемой заготовки.

*Режущая кромка* ( $K$ ) — кромка лезвия инструмента, образуемая пересечением передней и задней поверхностей лезвия.



**Ленточка лезвия** — сравнительно узкий участок задней поверхности лезвия вдоль режущей кромки с меньшими значениями заднего угла по сравнению с задним углом основной части задней поверхности.

**Фаска лезвия** — сравнительно узкий участок передней поверхности лезвия вдоль режущей кромки с меньшими значениями переднего угла по сравнению с основной частью передней поверхности.

**Вершина лезвия** — участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей. У проходного токарного резца вершиной является участок лезвия в месте пересечения главной и вспомогательной режущих кромок; у резьбового резца — участок лезвия, формирующий внутреннюю поверхность резьбы; у сверла — точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок (наиболее удаленная от оси сверла точка главной режущей кромки).

**Зуб лезвийного инструмента** — выступ на многолезвийном инструменте, содержащий лезвие.

**Затылованный зуб лезвийного инструмента** — зуб, форма задней поверхности лезвия которого обеспечивает постоянство профиля режущей кромки при повторных заточках по передней поверхности.

**Незатылованный зуб лезвийного инструмента** — зуб с задней поверхностью, форма которой не обеспечивает постоянство профиля режущей кромки при повторных заточках по передней поверхности.

**Пож лезвийного инструмента** — зуб, изготовленный отдельно и образующий с корпусом лезвийного инструмента разъемное соединение.

**Стружечная канавка** — канавка между соседними лезвиями для размещения и отвода стружки.

ГОСТ 25751—83 устанавливает определения большинства видов лезвийного режущего инструмента, как то: резцов, фрез, плашек, протяжек, шеверов и др.

ГОСТ 25761—83 предусматривает термины и определения, относящиеся к различным видам лезвийной обработки на металлорежущих станках: обтачивание, растачивание, подрезание, долбление, сверление, зенкерование, зенкование, цекование, шевингование и др.

Этот ГОСТ 25761—83 предусматривает также ряд новых терминов и понятий, относящихся к кинематическим элементам, характеристикам резания, различным системным координатных плоскостей, элементам срезаемого слоя

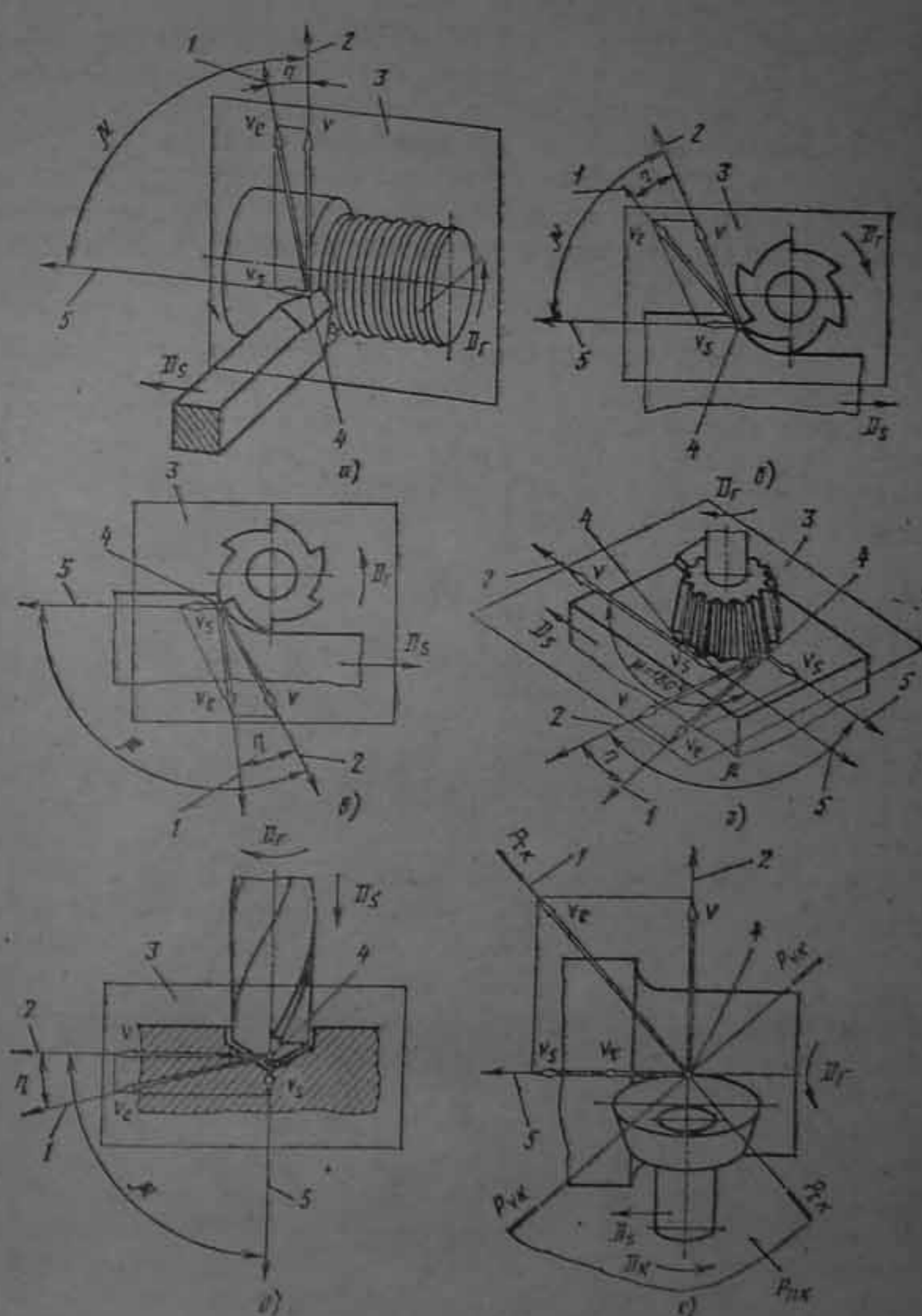


Рис. 2. Элементы движения в процессе резания:  
 а — обтачивание; б — фрезерование встречное; в — фрезерование попутное;  
 г — фрезерование концевой угловой фрезой; д — сверление; е — ротационное точение; 1 — направление скорости результирующего движения резания; 2 — направление скорости главного движения резания; 3 — рабочая плоскость  $P_s$ ; 4 — рассматриваемая точка режущей кромки; 5 — направление скорости движения подачи



и стружки, углам и элементам лезвия, силам резания. Ниже приведены некоторые понятия и сокращенные обозначения, принятые данным стандартом.

Элементы движений в процессе резания. Снятие стружки и образование обработанной поверхности происходит в процессе движения лезвия относительно заготовки. Различают главное движение резания  $D_r$  и движения подачи  $D_s$  (рис. 2), а при ротационном точении также касательное движение  $D_k$ .

Главное движение резания  $D_r$ , осуществляемое с наибольшей скоростью, может сообщаться лезвию или заготовке и быть поступательным или вращательным. Скорость  $v$  рассматриваемой точки режущего лезвия относительно заготовки при главном движении резания называют скоростью главного движения резания.

Движение подачи  $D_s$  предназначено для перемещения лезвия или заготовки, обеспечивающего отделение стружки на всей обрабатываемой поверхности.

Векторы  $v$  при обтачивании, периферийном фрезеровании концевой угловой фрезой, сверлении, фасонном и ротационном точении показаны на рис. 2, а—е.

В зависимости от направления различают продольное, поперечное, вертикальное и другие движения подачи. Оно может быть также непрерывным или прерывистым (дискретным), осуществляемым в перерывах процесса резания, прямолинейным поступательным, вращательным или криволинейным. Скорость движения подачи обозначают  $v_s$ . Направления скоростей результирующего движения  $v_r$  и движения подачи  $v_s$  в рабочей плоскости относительно скорости главного движения резания  $v$  определяют углом скорости резания  $\eta$  и углом подачи  $\mu$ . Расстояние  $S$ , пройденное рассматриваемой точкой лезвия вдоль траектории движения подачи  $D_s$  за определенный цикл движения, называют *подачей*. Подачу, соответствующую одному обороту инструмента или заготовки, называют *подачей на оборот*  $S_o$ . Подачу, соответствующую одному ходу или одному двойному ходу, называют *подачей на ход*  $S_x$  или *подачей на двойной ход*  $S_{2x}$ . При использовании многолезвийных инструментов подачу, соответствующую повороту инструмента на один угловой шаг зубьев, называют *подачей на зуб*  $S_z$ .

Поверхности, образуемые режущей кромкой лезвия в процессе различных видов обработки резанием, приведены на рис. 3. Поверхность, образуемая режущей

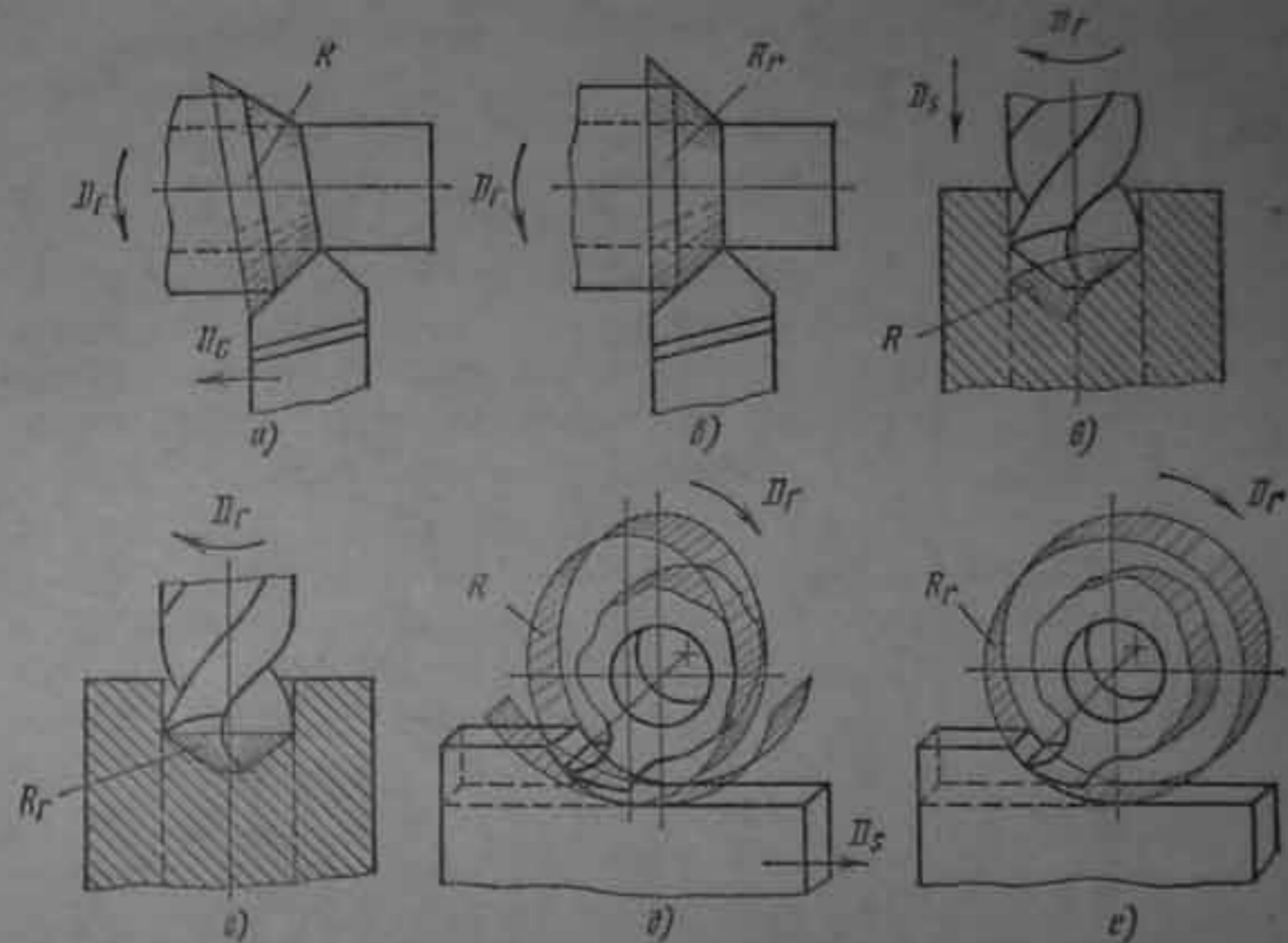


Рис. 3. Поверхности, образуемые режущей кромкой лезвия, в процессе резания:

а, б — обтачивание; в, е — сверление; д, е — фрезерование периферийное;  $R$  — поверхность резания;  $R_r$  — поверхность главного движения

кромкой в результирующем движении резания, называется *поверхностью резания*  $R$ , а поверхность, образуемая режущей кромкой в главном движении резания, *поверхностью главного движения*  $R_r$ .

Элементы срезаемого слоя материала и стружки. Слой материала, срезанный за один цикл главного движения резания, характеризуется сечением слоя, его толщиной  $a$ , шириной  $b$  и площадью  $f = ab$  (рис. 4). Отношения толщины стружки к толщине срезаемого слоя называют *коэффициентом утолщения стружки*  $K_a$ , ширины стружки к ширине срезаемого слоя — *коэффициентом уширения стружки*  $K_b$  и длины срезаемого слоя к длине стружки — *коэффициентом укорочения стружки*  $K_l$ .

Углы и элементы лезвия. Для определения числовых значений угловых параметров элементов лезвия используют прямоугольную систему координат, в которой три взаимно перпендикулярные координатные плоскости образуют три взаимно перпендикулярные координатные оси, пересекающиеся в начале координат, которые совпадают с рассматриваемой точкой режущей кромки, чаще



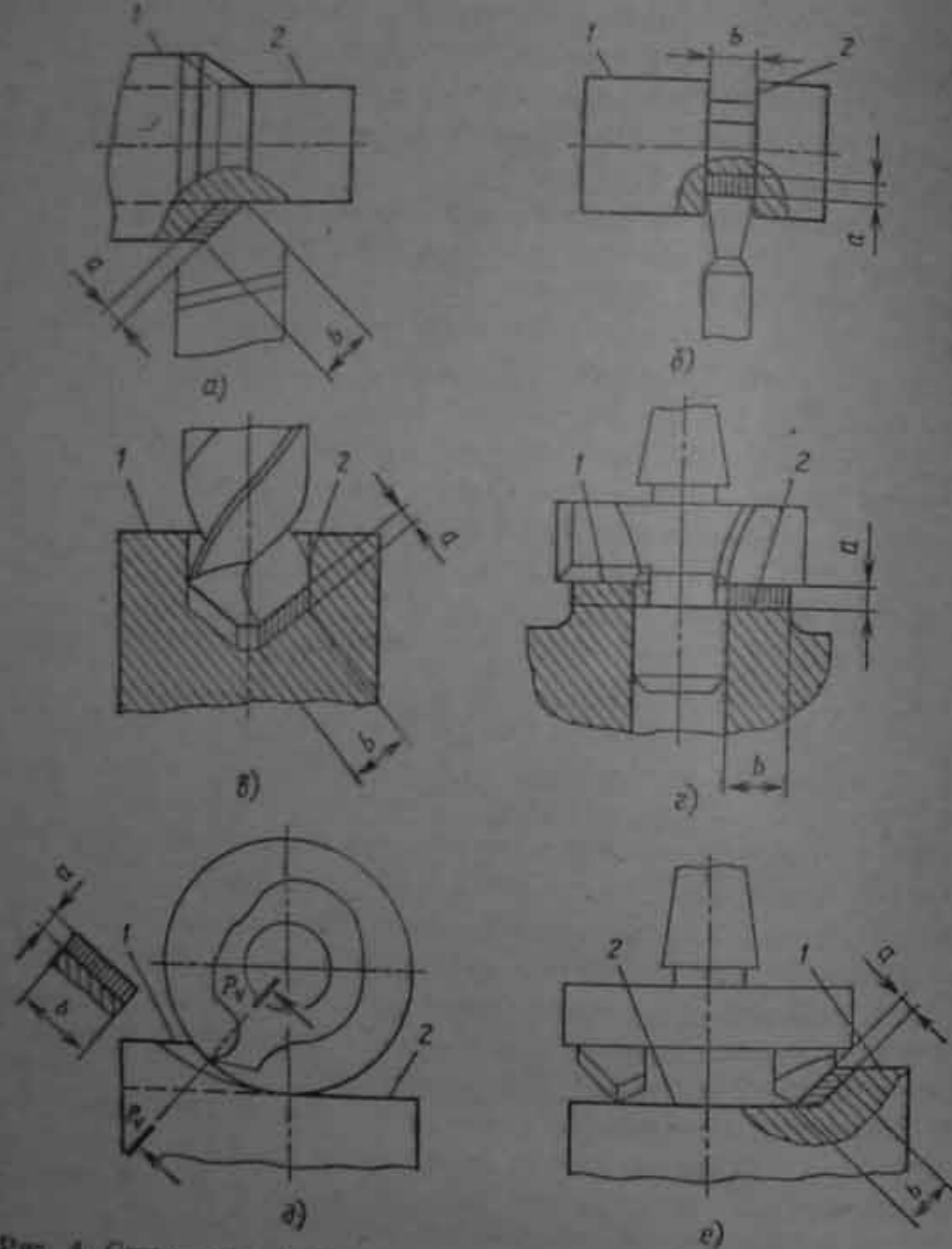


Рис. 4. Сечение слоя, срезаемого в процессе резания:  
 а — обтачивание; б — отрезание; в — сверление; г — цекование; д — фрезерование цилиндрической фрезой; е — фрезерование торцовой фрезой; 1 — обрабатываемая поверхность; 2 — обработанная поверхность

с вершиной лезвия. Координатные оси ориентируют либо относительно конструкторских установочных базовых элементов режущего инструмента (инструментальная система координат ИСК), либо относительно вектора скорости главного движения резания (статическая система координат ССК), либо относительно вектора скорости результирующего движения резания (кинематическая система координат КСК).

При изготовлении и контроле инструмента линейные и угловые параметры целесообразно применять в инструментальной системе координат и в обозначениях параметров дополнительно использовать индекс «и», например,  $\alpha_{и}$ ,  $\gamma_{и}$ ,  $\beta_{и}$  и т. д.

После установки режущего инструмента на станок целесообразно пользоваться статической системой координат, которая позволяет производить приближенный расчет углов лезвия в процессе резания. В этом случае в обозначениях параметров используют индекс «с», например,  $\alpha_{с}$ ,  $\gamma_{с}$ ,  $\beta_{с}$  и т. д.

При детальном анализе параметров элементов лезвия в процессе резания, особенно при работе с большими подачами, целесообразно пользоваться кинематической системой координат, а параметры лезвия отмечать индексом «к», например,  $\alpha_{к}$ ,  $\gamma_{к}$ ,  $\beta_{к}$  и т. д.

Выбор системы координат зависит от поставленной цели.

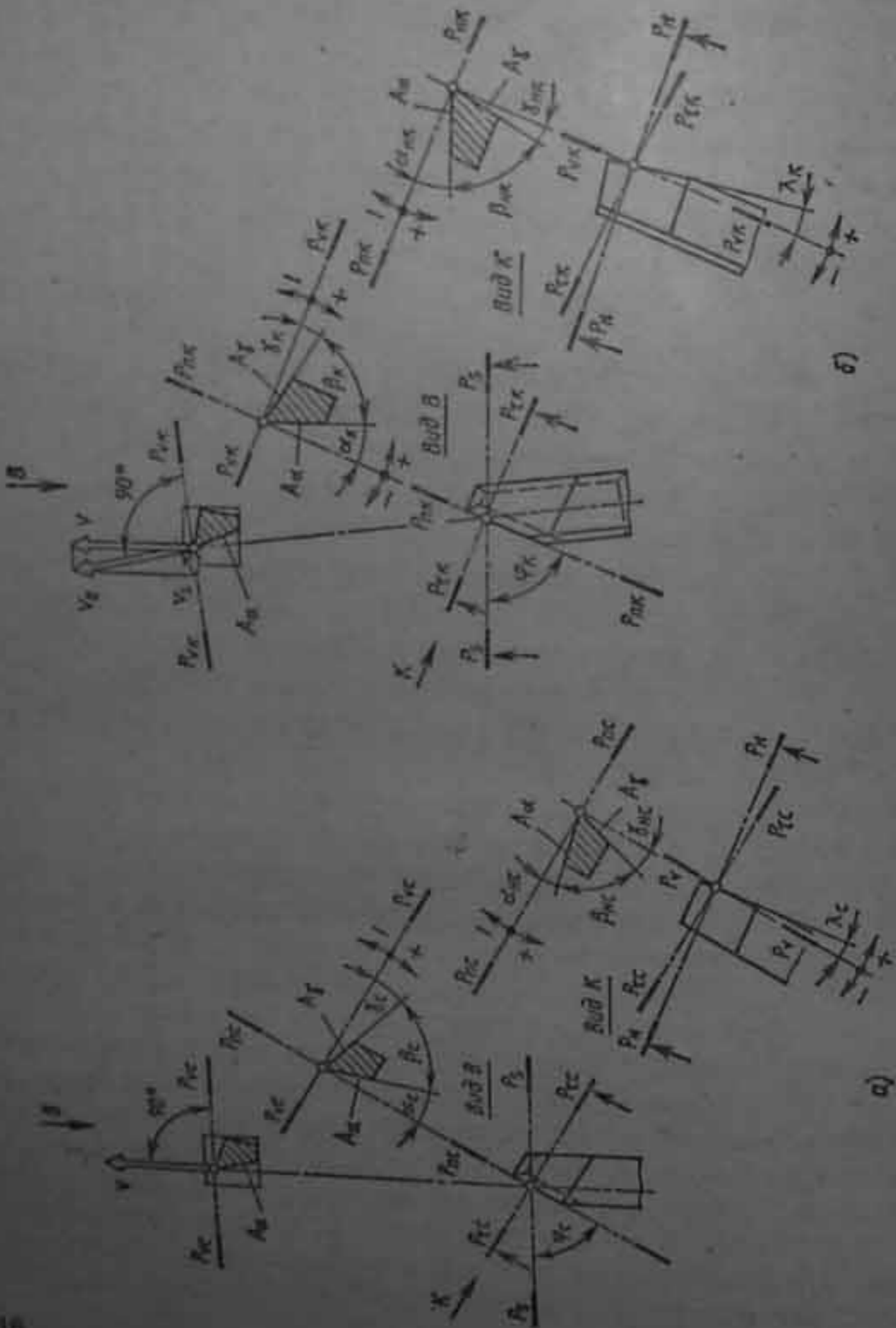
В учебной, технической, справочной и методической литературе по технологии изготовления и проектированию режущего инструмента, изданной в последнее время, углы лезвия режущего инструмента предусматривают в статической системе координат (ССК), но для упрощения записи и простановки на чертежах инструментов обозначают без дополнительных индексов, указывающих принятую систему координат.

На рис. 5 показаны координатные плоскости, углы лезвия и векторы скорости главного движения резания и движения подачи.

Координатные плоскости, применяемые для измерения или назначения числовых значений угловых параметров лезвия, проводятся через рассматриваемую точку режущей кромки; так плоскость, перпендикулярная вектору скорости главного или результирующего движения в этой точке, называется *основной плоскостью*  $P_0$  и обозначается в различных системах координат соответственно  $P_{0и}$ ,  $P_{0с}$ ,  $P_{0к}$ . Координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости, называется *плоскостью резания*  $P_n$  и обозначается  $P_{ни}$ ,  $P_{нс}$ ,  $P_{нк}$ . Координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания, называется *главной секущей плоскостью*  $P_\tau$  и обозначается в разных системах координат  $P_{\tauи}$ ,  $P_{\tauс}$ ,  $P_{\tauк}$ . Плоскость, перпендикулярная



Рис. 5. Координатные плоскости, направление скорости главного движения резания и подачи, углы и элементы лезвия инструмента при точении в статической (а) и кинематической (б) системах координат



режущей кромке в рассматриваемой точке, называется *нормальной секущей плоскостью*  $P_{nc}$ . Плоскость, проходящая через направление схода стружки и скорости резания, называется *секущей плоскостью схода стружки*.

Для обозначений углов лезвия используют соответствующие индексы, как это было указано выше. Передний угол в главной секущей плоскости называют *главным передним углом*  $\gamma$ , в нормальной секущей плоскости — *нормальным передним углом*  $\gamma_{nc}$ , в инструментальной, статической и кинематической системах координат — соответственно — *инструментальным главным передним углом*  $\gamma_{nc}$ , *статическим главным передним углом*  $\gamma_c$ , *кинематическим главным передним углом*  $\gamma_k$ , *рабочим кинематическим передним углом*  $\gamma_p$  (в секущей плоскости схода стружки). Такие же индексы используют для заднего угла ( $\alpha, \alpha_{nc}, \alpha_{nc}, \alpha_c, \alpha_k, \alpha_p$ ), угла заострения ( $\beta, \beta_{nc}, \beta_{nc}, \beta_c, \beta_k$ ), угла наклона кромки ( $\lambda, \lambda_{nc}, \lambda_c, \lambda_k$ ) и угла в плане ( $\phi, \phi_{nc}, \phi_c, \phi_k, \phi_p$ ). Угол резания и угол при вершине в плане стандартом не предусмотрены.

В ГОСТах не регламентированы и не упоминаются применяющиеся в настоящее время углы лезвийного режущего инструмента, образуемые на вспомогательной режущей кромке и в сечении вспомогательного лезвия плоскостью, перпендикулярной к нему:  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \phi_1$ .

Радиус кривизны режущей кромки в сечении ее нормальной секущей плоскостью называют *радиусом скругления режущей кромки*  $r$ , радиус кривизны вершины лезвия — *радиусом вершины*  $r_v$ .

**Сила резания.** Равнодействующую сил, действующих на режущий инструмент при обработке резанием, называют *силой резания*  $P$ . Составляющую силы резания, совпадающую по направлению со скоростью главного движения резания в вершине лезвия, называют *главной составляющей силы резания*  $P_z$ . Составляющую силы резания, параллельную оси главного вращательного движения резания, называют *осевой составляющей силы резания*  $P_x$ . Составляющую силы резания, направленную по радиусу главного вращательного движения резания в вершине лезвия, называют *радиальной составляющей силы резания*  $P_y$ .

ГОСТ 25751—83 устанавливает новые термины и определения *надежности режущих инструментов*, некоторые из которых приведены ниже.



*Работоспособное состояние режущего инструмента* — состояние, при котором он способен выполнять обработку резанием при установленных режимах резания, обрабатываемом материале, требуемых допусках, параметрах шероховатости, заданной производительности и других условиях.

*Отказ режущего инструмента, внезапный отказ режущего инструмента, постепенный отказ режущего инструмента* характеризуются нарушением работоспособного состояния инструмента хотя бы по одному из параметров инструмента, требований или характеристик обработки, например, увеличением силы резания, температуры резания, уровня вибраций и др. *Внезапный отказ инструмента*, как правило, наступает вследствие его разрушения. *Постепенный отказ инструмента* происходит после достижения постепенно изменяющегося значения хотя бы одного из его установленных параметров, требований и характеристик критерия отказа. *Стойкостной отказ режущего инструмента* — постепенный отказ инструмента, наступающий после достижения им критерия затупления. *Точностной отказ режущего инструмента* — постепенный отказ инструмента, наступающий после достижения предельно допустимого размера, формы, расположения обработанной поверхности или предела поля допуска.

*Критерий отказа режущего инструмента* определяется в зависимости от требований к обработке при выполнении конкретной технологической операции. Например, на операциях предварительной обработки с невысокими требованиями к шероховатости поверхности и точности размеров критериями отказа могут быть приняты предельно допустимые значения износа инструмента по задней поверхности лезвия. На операциях окончательной обработки, где основными требованиями к обработке являются допуски размеров, формы и расположения обработанных поверхностей, критерием отказа может быть принято их предельно допустимое значение. *Критерий затупления режущего инструмента* — частный случай критерия отказа, характеризующийся значением износа инструмента, преимущественно по задней поверхности лезвия.

*Наработка режущего инструмента, наработка между отказами режущего инструмента, наработка до отказа режущего инструмента* выражаются объемом работы ин-

струмента, интервалом времени, массой или объемом снятого материала, длиной пути резания, площадью обработанной поверхности или числом обработанных заготовок. В зависимости от величин, выражающих наработку инструмента, различают следующие наработки: временную, массовую, объемную, путевую, поверхностную и штучную. Временная наработка между отказами инструмента может выражаться временем резания, машинным временем, продолжительностью цикла работы автоматического оборудования (автоматической линии) и т. д. Частным случаем временной наработки новым или восстановленным инструментом от начала резания до отказа и между отказами является *период стойкости режущего инструмента*, когда наработка выражена временем резания. Существует связь между периодом стойкости и наработкой между отказами, например, временная наработка между отказами, выраженная машинным временем  $T_m$ , и период стойкости  $T$  связаны зависимостью

$$T_m = T \frac{l_{p.x}}{l_p} = T \frac{l_{p.x}}{l_p},$$

где  $l_{p.x}$  и  $l_{p.x}$  — соответственно длина и время рабочего хода инструмента;  $l_p$  и  $l_p$  — соответственно длина и время резания.

Путевая наработка между отказами  $l$  и период стойкости  $T$  связаны зависимостью  $l = Tv$ , где  $v$  — скорость резания, м/мин.

*Надежность режущего инструмента* — совокупность свойств, обуславливающих его качество, может включать безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность как в отдельности, так и в определенном сочетании этих свойств.

*Ресурс режущего инструмента* — мера, равная или пропорциональная суммарному количеству годной продукции, обработанной режущим инструментом за срок его эксплуатации.

## § 2. О ПРИМЕНЕНИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН (СИ) ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРЕДМЕТА «ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»

ГОСТ 8.417—81\* «Единицы физических величин» устанавливает единицы физических величин, применяемые в СССР, их наименования, обозначения и правила



1. Основные и производные единицы СИ (выборочно)

Величина	Единица		Обозначение рекомендуемых кратных и дольных единиц
	Наименование	Обозначение	
Длина	Метр	м	км; см; мм; мкм; нм
Масса	Килограмм	кг	Мг; г; мг; мкг
Время	Секунда	с	кс; мс; мкс; нс
Плоский угол	Радян	рад	мрад; мкрад
Площадь	Квадратный метр	м <sup>2</sup>	км <sup>2</sup> ; дм <sup>2</sup> ; см <sup>2</sup> ; мм <sup>2</sup>
Объем, вместимость	Кубический метр	м <sup>3</sup>	дм <sup>3</sup> ; см <sup>3</sup> ; мм <sup>3</sup>
Скорость (линейная)	Метр в секунду	м/с	—
Ускорение	Метр в секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>	—
Угловая скорость	Радян в секунду	рад/с	—
Частота вращения	Секунда в минус первой степени	с <sup>-1</sup>	—
	Минута в минус первой степени	мин <sup>-1</sup>	—
Плотность	Килограмм на кубический метр	кг/м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup> ; кг/дм <sup>3</sup> ; г/см <sup>3</sup>
Вес	Ньютон	Н	МН; кН; мН; мкН

Продолжение табл. 1

Величина	Единица		Обозначение рекомендуемых кратных и дольных единиц
	Наименование	Обозначение	
Удельный вес	Ньютон на кубический метр	Н/м <sup>3</sup>	кН/м <sup>3</sup>
Удельный объем	Кубический метр на килограмм	м <sup>3</sup> /кг	—
Момент инерции (динамический момент инерции)	Килограмм-метр в квадрате	кг·м <sup>2</sup>	—
Момент инерции площади плоской фигуры, осевой	Метр в четвертой степени	м <sup>4</sup>	мм <sup>4</sup>
Сила	Ньютон	Н	МН; кН; мН; мкН
Момент силы, момент пары сил	Ньютон-метр	Н·м	МН·м; кН·м; мН·м; мкН·м
Давление	Паскаль	Па	ГПа; МПа; кПа; мПа; мкПа
Напряжение механическое	Паскаль	Па	ГПа; МПа; кПа
Работа	Джоуль	Дж	ТДж; ГДж; МДж; кДж; мДж
Мощность	Ватт	Вт	ГВт; МВт; кВт; мВт; мкВт
Изгибающий момент, крутящий момент	Ньютон-метр	Н·м	—

применения и соответствует СТ СЭВ 1052—78 — единицам Международной системы (СИ) \*.

Международная система единиц состоит из основных, дополнительных и производных единиц, образованных из основных и дополнительных единиц, имеющих специальные наименования. В табл. 1 приведены единицы СИ, используемые при изучении предмета «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент».

Десятичные кратные и дольные единицы, а также их наименования и обозначения следует образовывать из множителей и приставок, приведенных в табл. 2.

Приставку или ее обозначение следует писать слитно с наименованием физической единицы, к которой она присоединяется, например, мегапаскаль (МПа), микрометр (мкм), киловатт (кВт).

Для снижения вероятности ошибок при расчетах десятичные кратные и дольные единицы рекомендуется подставлять только в конечный результат, а в процессе вычислений все величины выражать в единицах СИ, заменяя приставки степенями числа 10.

2. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Множитель	Наименование приставки	Обозначение приставки
1 000 000 000 000 000 000 = 10 <sup>18</sup>	Экса	Э
1 000 000 000 000 000 = 10 <sup>15</sup>	Пета	П
1 000 000 000 000 = 10 <sup>12</sup>	Тера	Т
1 000 000 000 = 10 <sup>9</sup>	Гига	Г
1 000 000 = 10 <sup>6</sup>	Мега	М
1 000 = 10 <sup>3</sup>	Кило	к
100 = 10 <sup>2</sup>	Гекто	г
10 = 10 <sup>1</sup>	Дека	да
0,1 = 10 <sup>-1</sup>	Деци	д
0,01 = 10 <sup>-2</sup>	Санти	с
0,001 = 10 <sup>-3</sup>	Милли	м
0,000 001 = 10 <sup>-6</sup>	Микро	мк
0,000 000 001 = 10 <sup>-9</sup>	Нано	н
0,000 000 000 001 = 10 <sup>-12</sup>	Пико	п
0,000 000 000 000 001 = 10 <sup>-15</sup>	Фемто	ф
	Атто	а

\* СИ (SI) — сокращенное наименование Международной (интернациональной) системы единиц физических величин, поэтому следует произносить «Эс—Иэ» или «единицы Эс—Иэ», а не единицы системы СИ.

При использовании устаревшей справочной и технической литературы для перевода единиц физических величин, ранее применявшихся при изучении предмета «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент» и других технических предметов по машиностроительным специальностям, рекомендуется применять соотношения, приведенные в табл. 3.

ГОСТ 8.417—81 предусматривает группу единиц, которые не во всех случаях можно заменить единицами СИ и которые допущены к применению наравне с единицами СИ без ограничения срока. Однако стандарт допускает их применение лишь в обоснованных случаях, когда замена их единицами СИ при современном состоянии соответствующих областей техники и народного хозяйства вызвала бы затруднения (замена табличек, лимбов, шкал на большинстве машин и измерительных приборов и т. п.). К таким единицам относятся единицы времени (минута, час, сутки), плоского угла (градус, минута, секунда), массы (тонна) и объема (литр).

Стандартом предусмотрено временное применение (до изъятия в срок, который будет установлен в соответствии с международными соглашениями) некоторых единиц, которые ранее использовались в технике и народном хозяйстве, например оборот в секунду, оборот в минуту, карат и др.

В обозначениях единиц точка как знак сокращения не ставится (с, мин, кг, Па, а не с., мин., кг., Па.).

Между цифрами и обозначениями единиц следует оставлять пробел: 10 кВт, 270 МПа, 80 °С, а не 10 кВт, 270 МПа, 80 °С.

Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, нужно отделять точками на средней линии как знаками умножения (Н·м, Н·с/м, кг·м, а не Нм, Нс/м, кгм).

В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна горизонтальная (косая) черта. Допускается применять обозначения единиц в виде произведения обозначений единиц, возведенных в степени (положительные или отрицательные).

Если для одной из единиц, входящих в отношение, установлено обозначение в виде отрицательной степени (например, с<sup>-1</sup>, м<sup>-1</sup>, мин<sup>-1</sup>), применять косую или горизонтальную черту не допускается.



### 3. Соотношение некоторых внесистемных единиц с единицами СИ

Наименование величины	Наименование единицы	Перевод в единицы СИ
Сила, вес	Килограмм-сила Тонна-сила	$1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ Н} \approx 10 \text{ Н}$ $1 \text{ тс} = 9806,65 \text{ Н} \approx 10 \text{ кН}$
Масса	Карат	$1 \text{ кар} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$
Момент силы	Килограмм-сила-метр Тонна-сила-метр Килограмм-сила-сантиметр	$1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,80665 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 10 \text{ Н} \cdot \text{м}$ $1 \text{ тс} \cdot \text{м} = 9806,65 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 10 \text{ кН} \cdot \text{м}$ $1 \text{ кгс} \cdot \text{см} = 0,098065 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$
Давление	Килограмм-сила на квадратный сантиметр Техническая атмосфера	$1 \text{ кгс/см}^2 = 98066,5 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}$ $1 \text{ ат} = 98066,6 \text{ Па} = 98 \text{ кПа}$
Механическое напряжение	Килограмм-сила на квадратный миллиметр	$1 \text{ кгс/мм}^2 = 9\,806\,650 \text{ Па} \approx 10 \text{ МПа}$
Частота вращения	Оборот в секунду Оборот в минуту	$1 \text{ об/с} = 2\pi \text{ рад/с} = 1 \text{ с}^{-1}$ $1 \text{ об/мин} = \pi/30 \text{ рад/с} = 1 \text{ мин}^{-1}$
Угол поворота	Оборот	$1 \text{ об} = 2\pi \text{ рад} = 6,28 \text{ рад}$
Скорость	Метр в минуту	$1 \text{ м/мин} = 1/60 \text{ м/с}$
Плоский угол	Градус Минута Секунда	$1^\circ = \pi/180 \text{ рад}$ $1' = \pi/10\,800 \text{ рад}$ $1'' = \pi/648\,000 \text{ рад}$
Мощность	Лошадиная сила	$1 \text{ л. с.} = 0,736 \text{ кВт}$
Длина	Микрон	$1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$

Следует писать  $\text{Н} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  или  $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ , а не  $\text{Н/м}^2/\text{с}$  или

$$\frac{\text{Н}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

При применении косой черты обозначение произведения единиц в знаменателе обязательно заключать в скобки:  $\text{Н}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , а не  $\text{Н/м}^2 \cdot \text{с}$ .

Если единица длины (метр) во второй или третьей степени служит для измерения не площади или вместимости, а момента инерции, то в наименовании единицы вместо слов «квадратный» или «кубический» следует применять выражение «в квадрате» или «во второй степени», «в кубе» или «в третьей степени».

Наименования единиц, помещаемых в знаменателе, произносятся с предлогом «на», например (ускорение) «метр на секунду в квадрате» ( $\text{м/с}^2$ ). Исключение составляют единицы скорости — «метр в секунду» ( $\text{м/с}$ ) и угловой скорости — «радиан в секунду» ( $\text{рад/с}$ ).

При решении задач по резанию металлов с использованием учебной, справочной литературы прошлых лет издания во все формулы, куда входят или из которых определяют силы резания  $P_z$ ,  $P_x$  и  $P_y$ , надо коэффициент резания  $C_p$  умножать на коэффициент перевода килограмм-сил в ньютон  $K_{\text{СИ}} = 9,81 (\approx 10)$ . Затем результаты расчетов нужно представить в мм, м/мин,  $\text{мин}^{-1}$ , помещая их в скобки.

### § 3. О ПРИМЕНЕНИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД) ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЧЕРТЕЖЕЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

При решении задач по расчету и конструированию лезвийного режущего инструмента помимо разработки или выбора его конструкции должны быть выполнены необходимые расчеты или обоснованный выбор из справочной литературы геометрических параметров лезвия, посадочных и крепежных размеров режущего инструмента, например сечения державки резца, диаметра отверстия фрезы, размера конусного хвостовика сверла или зенкера, числа зубьев, размера затылования зуба фрезы, шага винтовой канавки и др. После расчетов выполняют чертеж режущего инструмента.

Чертежи режущего инструмента необходимо выполнять в строгом соответствии с Единой системой констру-



торской документации (ЕСКД). Необходимо учитывать, что во многие стандарты ЕСКД периодически, по мере утверждения новых стандартов Совета экономической взаимопомощи (СТ СЭВ), вносятся изменения. В конце номера такого ГОСТа ставится звездочка (например, ГОСТ 2.311—68\*). При ссылке в пояснительной записке, расчете или другой учебной работе на такой ГОСТ в его обозначении номер СТ СЭВ не указывается. Особое внимание должно быть обращено на группу стандартов «Общие правила выполнения чертежей», так как они претерпели значительные изменения, из которых наиболее важные указаны ниже.

ГОСТ 2.301—68\* «Форматы» рекомендует проводить внешнюю рамку тонкой линией и выполнять ее по размеру формата, а рамку чертежа проводить внутри этого габарита сплошной основной линией, отступив слева на 20 мм, и с остальных трех сторон — на 5 мм от внешней рамки.

ГОСТ 2.302—68\* «Масштабы» предусматривает ряд новых масштабов уменьшения: 1 : 25; 1 : 15; 1 : 4; 1 : 2,5 и масштабов увеличения: 2,5 : 1; 4 : 1; 20 : 1.

ГОСТ 2.303—68 «Линии» отменяет применявшуюся ранее штрихпунктирную линию с двумя точками. Полки линий-выносов для нанесения позиций на сборочных чертежах должны проводиться тонкой линией вместо сплошной основной линии или окружности; линии воображаемых переходов криволинейных поверхностей проводятся сплошной тонкой линией. Толщина сплошной основной линии  $s$  должна быть от 0,6 до 1,55 мм, а сплошной тонкой линии — соответственно от  $s/2$  до  $s/3$ .

ГОСТ 2.304—81 «Шрифты чертежные» изменяет конфигурацию цифры 3 с тем, чтобы отличить ее от аналогичной по форме буквы З. В стандарте предусмотрено написание знаков дуги, угла, уклона, конусности, интеграла, радикала, бесконечности, подобия и др.

ГОСТ 2.305—68\*\* «Изображения — виды, разрезы, сечения» устанавливает положение стрелок на начальном и конечном штрихах линий, показывающих положение секущих плоскостей при обозначении разрезов и сечений. Стрелки, указывающие направление взгляда, должны быть направлены острием к разомкнутой линии — линии сечения. Стрелки нужно наносить на расстоянии 2—3 мм от внешнего конца штриха. Для обозначения сечений следует применять прописные буквы русского алфавита

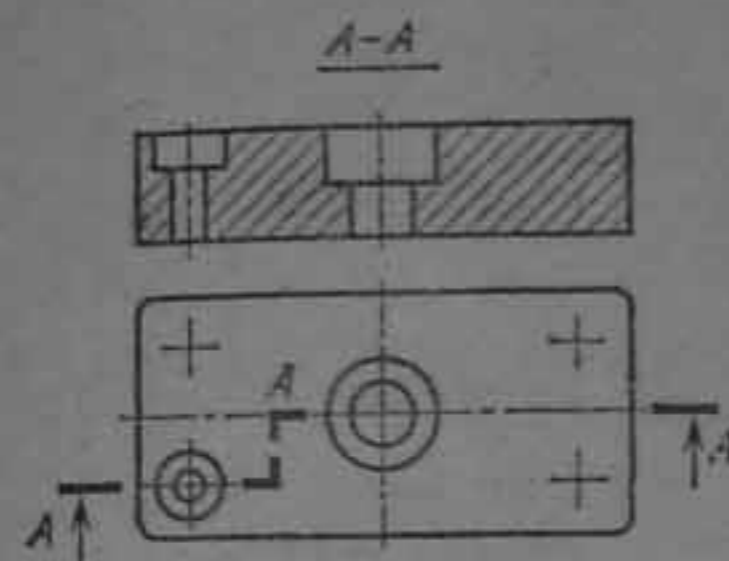
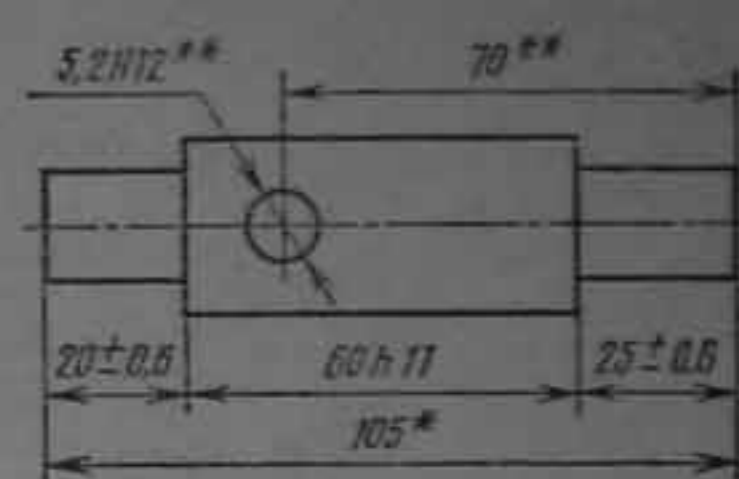


Рис. 6. Пример изображения линии сечения



\* Размер для справок  
\*\* Обработать по сопрягаемой детали

Рис. 7. Пример нанесения справочных размеров

и наносить их около стрелок, указывающих направление взгляда, горизонтально (рис. 6). Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве или наложенных, линию сечений следует проводить со стрелками, но буквами не обозначать. Запрещено показывать сечения, когда изображения детали в сечении получаются состоящими как бы из отдельных самостоятельных частей. Над разрезами должны быть сделаны надписи А—А, Б—Б и т. д.

ГОСТ 2.306—68\* «Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах» предусматривает некоторую унификацию типов штриховок в разрезе для условного графического обозначения различных материалов. Введены единый тип штриховки для металлов и твердых сплавов и другие изменения. Линии штриховки должны проводиться под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа. Если линии штриховки совпадают с линиями контура или осевыми линиями, то их следует наносить под углами  $30^\circ$  или  $60^\circ$ .

ГОСТ 2.307—68\* «Нанесение размеров и предельных отклонений» предусматривает нанесение на чертежах не только тех размеров, которые необходимы для изготовления, но и справочных размеров, указываемых на чертежах для удобства пользования ими (рис. 7). Справочные размеры, кроме замыкающих цепочку, можно наносить с предельными отклонениями и без них. Справочные размеры на чертежах отмечаются звездочками ( $\varnothing 5,2H12^*$  или  $125^{**}$ ), а в технических требованиях приводятся соответствующие пояснения: \*Размер обеспечивается технологией или \*\* Обработать по сопрягаемой детали. ГОСТ



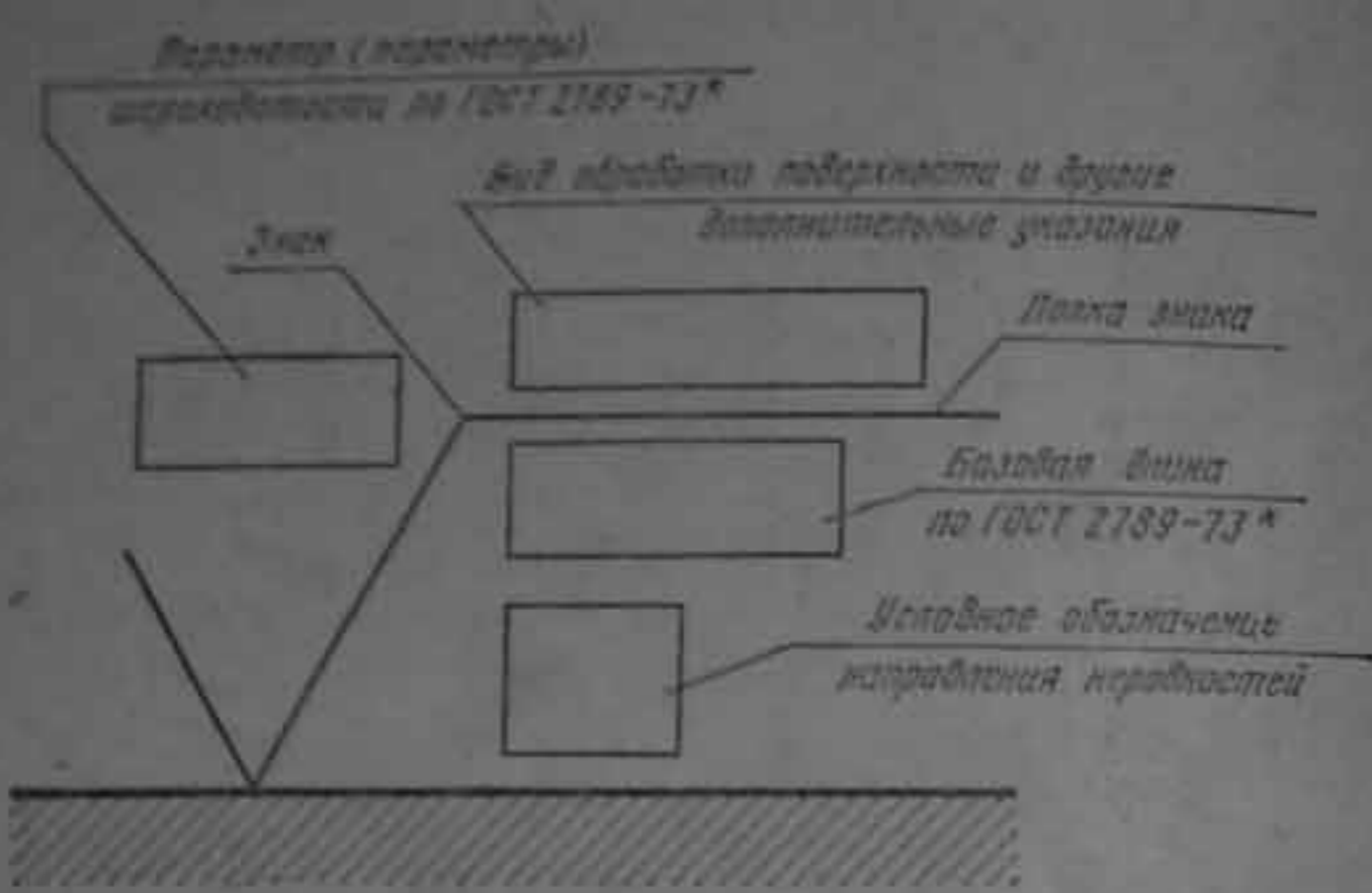


Рис. 8. Структура обозначения шероховатости поверхности

запрещает повторение размеров одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и в спецификации.

ГОСТ 2.309—73\* «Обозначения шероховатости поверхностей» вместо применявшихся знаков  $\nabla$  и  $\sim$  вводит на чертежах новое обозначение параметров шероховатости поверхности путем указания значения одного или нескольких параметров, характеризующих шероховатость. Структура обозначения шероховатостей поверхности приведена на рис. 8.

ГОСТ 2789—73\* (издание 1978 г.) «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики» устанавливает числовые значения параметров шероховатости поверхности:  $Ra = 100 \dots 0,008$  мкм — среднее арифметическое отклонение профиля;  $Rz = 1600 \dots 0,025$  мкм — высота неровностей профиля по десяти точкам;  $R_{max} = 1600 \dots 0,025$  мкм — наибольшая высота неровностей профиля;  $S_m = 12,5 \dots 0,02$  мм — средний шаг неровностей;  $S = 12,5 \dots 0,002$  мм — средний шаг неровностей по вершинам;  $t_p = 10 \dots 90$  % — относительная опорная длина профиля, т. е. отношение опорной длины профиля к базовой длине, используемой для контроля поверхности.

Обозначения — шероховатость поверхности по ГОСТ 2.309—73\* приведены в табл. 4. Значение параметра шероховатости поверхности по ГОСТ 2789—73\* указывается в обозначении: для параметра  $Ra$  — без символа,

4. Параметры шероховатости поверхности и соответствующие им классы шероховатости

Класс шероховатости по ГОСТ 2.309—73*	Параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73*, мкм		Обозначение шероховатости по ГОСТ 2.309—73*	
	$Ra$	$Rz$	$Ra$	$Rz$
1	От 80 до 50	От 320 до 200	$60/\nabla$ $63/\nabla$ $50/\nabla$	$Rz320/\nabla$ $Rz250/\nabla$ $Rz200/\nabla$
2	» 40 » 25	» 160 » 100	$40/\nabla$ $32/\nabla$ $25/\nabla$	$Rz160/\nabla$ $Rz125/\nabla$ $Rz100/\nabla$
3	» 20 » 12,5	» 80 » 50	$20/\nabla$ $16/\nabla$ $12,5/\nabla$	$Rz80/\nabla$ $Rz63/\nabla$ $Rz50/\nabla$
4	» 10 » 6,3	» 40 » 25	$10/\nabla$ $8/\nabla$ $6,3/\nabla$	$Rz40/\nabla$ $Rz32/\nabla$ $Rz25/\nabla$
5	» 5 » 3,2	» 20 » 12,5	$5/\nabla$ $4/\nabla$ $3,2/\nabla$	$Rz20/\nabla$ $Rz16/\nabla$ $Rz12,5/\nabla$

Класс шероховатости по ГОСТ 2789—73*	Параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73*, мкм		Обозначение шероховатости по ГОСТ 2.309—73*	
	Ra	Rz	Ra	Rz
6	От 2,5 до 1,6	От 10 до 8,0	2,5 △ 2,0 △ 1,6 △	Ra Rz
7	» 1,25 » 0,8	» 6,3 » 4,0	1,25 △ 1,0 △ 0,8 △	Rz 6,3 △ Rz 5,0 △ Rz 4,0 △
8	» 0,63 » 0,4	» 3,2 » 2,0	0,63 △ 0,50 △ 0,40 △	Rz 3,2 △ Rz 2,5 △ Rz 2,0 △
9	» 0,32 » 0,20	» 1,6 » 1,0	0,32 △ 0,25 △ 0,20 △	Rz 1,6 △ Rz 1,25 △ Rz 1,0 △
10	» 0,16 » 0,10	» 0,8 » 0,5	0,16 △ 0,125 △ 0,10 △	Rz 0,8 △ Rz 0,63 △ Rz 0,5 △

Продолжение табл. 4

Класс шерохова- тости по верхности	Параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73*, мкм		Обозначение шероховатости по ГОСТ 2.309—73*	
	Ra	Rz	Ra	Rz
11	От 0,08 до 0,05	От 0,4 до 0,25	0,08 △ 0,053 △ 0,05 △	Rz 0,4 △ Rz 0,32 △ Rz 0,25 △
12	» 0,040 » 0,025	» 0,2 » 0,125	0,04 △ 0,032 △ 0,025 △	Rz 0,2 △ Rz 0,16 △ Rz 0,125 △
13	» 0,020 » 0,0125	» 0,10 » 0,063	0,02 △ 0,016 △ 0,0125 △	Rz 0,10 △ Rz 0,08 △ Rz 0,063 △
14	» 0,010 » 0,008	» 0,05 » 0,025	0,010 △ 0,008 △	Rz 0,05 △ Rz 0,04 △ Rz 0,025 △

Примечание. Предпочтительные значения параметров на эскизах подчеркнуты.



5. Условные обозначения направления неровностей поверхности

Направление неровностей	Схематическое изображение	Обозначение на чертеже
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающиеся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		

например, 0,63; для остальных параметров — после соответствующего символа, например,  $Rz\ 1,0$ ;  $R_{\max}\ 6,3$ ;  $St\ 0,25$ ;  $t_{50}\ 80\ \%$ ;  $S\ 1,60$ .

В случае необходимости, например при заточке и доводке режущей части инструмента, на чертеже приводят обозначение направления неровностей поверхности (табл. 5).

Если к поверхности предъявляются особые требования, то на знаке могут быть записаны другие значения параметров шероховатости, например, максимальное значение высоты неровности профиля  $Rz = 0,04$  (рис. 9, а), минимальное значение  $Rz = 0,02$  (рис. 9, б) с указанием пределов значений  $Rz$  (рис. 9, в), с допустимым отклонением параметра шероховатости в процентах от номиналь-

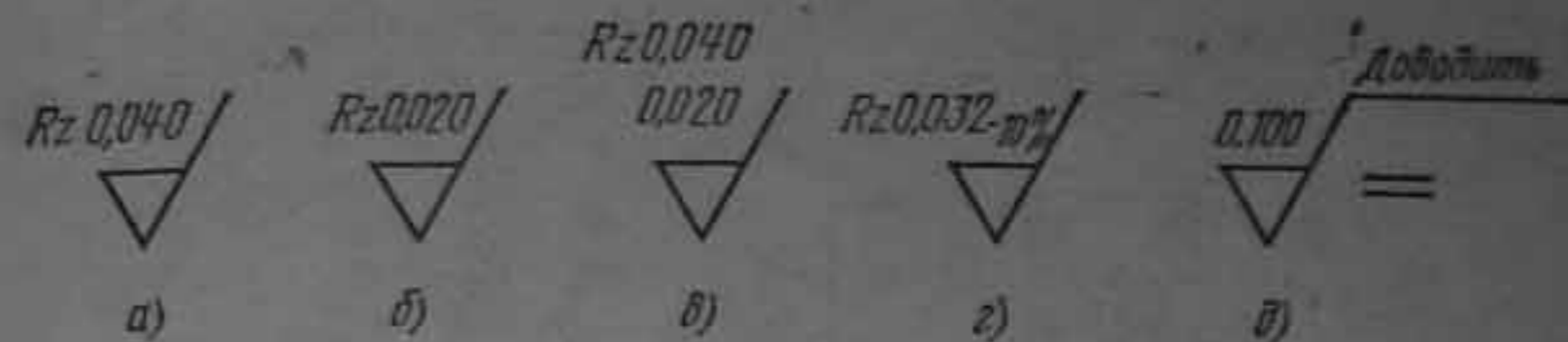


Рис. 9. Примеры обозначения параметров шероховатости поверхности

ного значения (рис. 9, з), с указанием направления неровностей поверхности и вида обработки (рис. 9, д).

Обозначения параметров шероховатости поверхностей на изображении детали располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. При недостатке места обозначения параметра шероховатости можно располагать на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию. Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа (рис. 10). Обозначение одинаковой шероховатости поверхности сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности.

ГОСТ 2.310—68\* «Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки» устанавливает правила нанесения на чертежи изделий обозначений покрытий, а также показателей свойств материалов, получаемых в результате термической и других видов обработки. ГОСТ 8.064—79 (издание 1984 г.) регламентирует требования к твердости материалов и изделий из них только по шкале С Роквелла, воспроизводимой

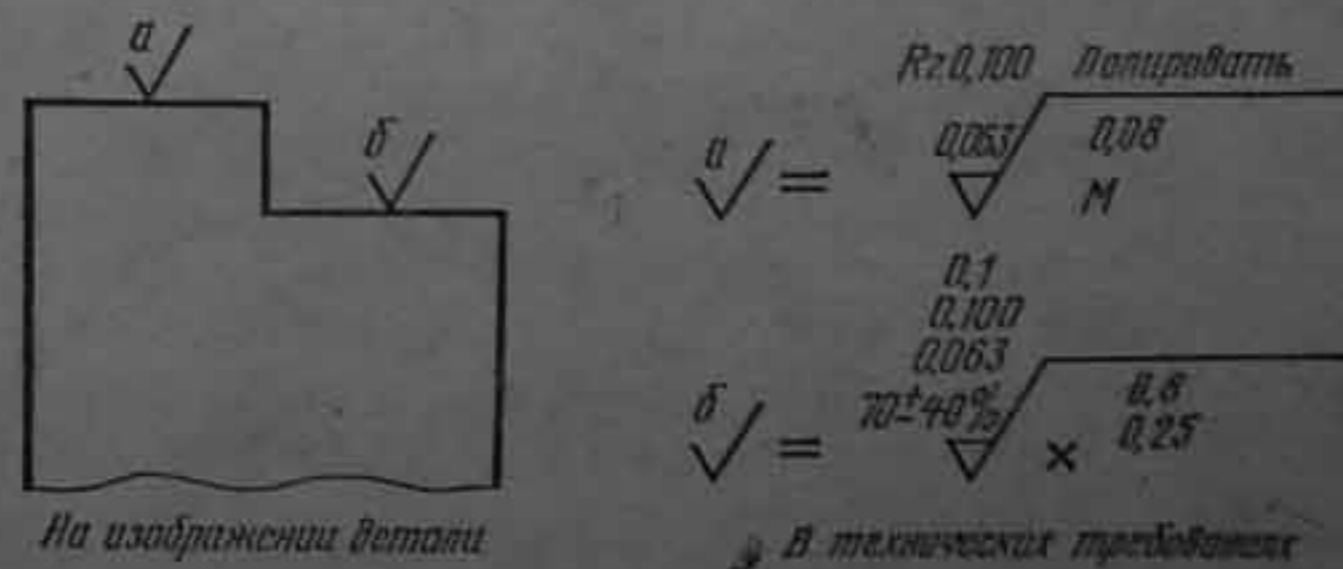


Рис. 10. Примеры упрощенного обозначения шероховатости поверхности на чертежах



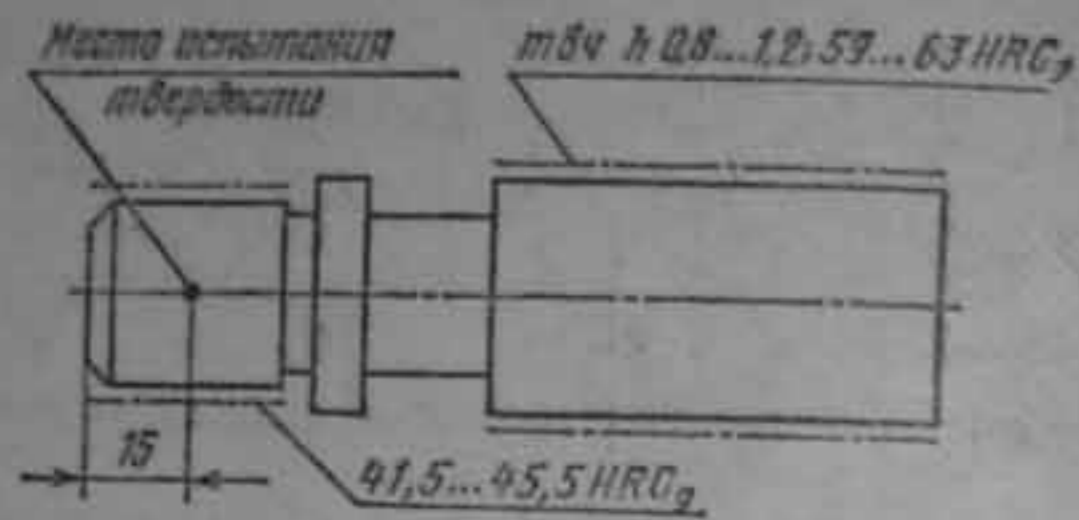


Рис. 11. Пример нанесения обозначений термической обработки

государственным специальным эталоном (HRC<sub>с</sub>). Перевод чисел твердости HRC, применявшихся ранее в промышленности СССР, в твердость, воспроизводимую государственным специальным эталоном HRC<sub>с</sub>, производится по таблице, приведенной в приложении к ГОСТ 8.064—79. Для назначения и обозначения твердости закаленного режущего инструмента в пределах 55—67 единиц твердости достаточно точно будет указать ее значение на одну единицу твердости выше ранее применявшейся. Например, если в чертеже или справочной литературе было указано «HRC 58 ... 60», то для получения изделия той же твердости в новом чертеже или в технологической документации надо указать «59 ... 61 HRC<sub>с</sub>». Зоны термической обработки допускается приводить на дополнительном упрощенном изображении в уменьшенном масштабе. При необходимости в зоне требуемой твердости указывают место испытания твердости (рис. 11).

ГОСТ 2.311—68\* «Изображение резьбы» устанавливает только один способ изображения резьбы: в отверстиях — сплошной тонкой линией по наружному диаметру, а на стержнях — по внутреннему диаметру; в проекции на плоскости, перпендикулярной оси стержня или отверстия, проводят дугу сплошной тонкой линией, равную приблизительно  $\frac{3}{4}$  окружности, разомкнутой в любом месте (рис. 12). Граница резьбы не включает ее сбег: при необходимости указания резьбы со сбегом или длины сбega ее наносят сплошной тонкой линией. Допуски и степени точности резьбы, а также их обозначения регламентируются ГОСТ 16093—81 «Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором».

ГОСТ 2.314—68\* «Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий» указывает, что место нанесения маркировки или клейма на изображении изделия

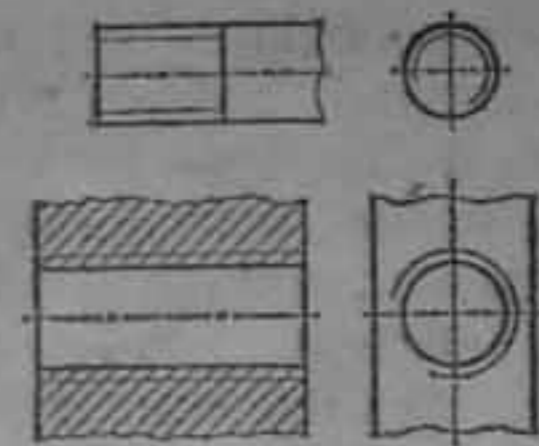


Рис. 12. Пример изображения резьбы

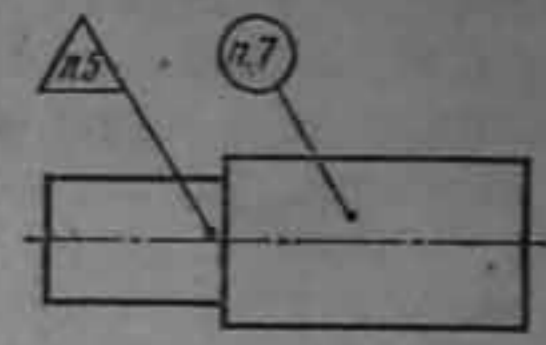


Рис. 13. Пример нанесения указаний о маркировке и клеймении

должно быть отмечено точкой и соединено линией-выносной со знаками маркирования или клеймения, которые располагают вне изображения. Знак маркирования — окружность диаметром 10—15 мм, знак клеймения — равносторонний треугольник высотой 10—15 мм. Внутри знака помещают номер соответствующего пункта технических требований, в котором дают указания о маркировании или клеймении (рис. 13). Под маркированием понимают нанесение на изделие знаков, характеризующих это изделие; например: обозначения шифра, размера, номера партии (изделия), года изготовления, марки материала, товарного знака предприятия-изготовителя и т. п. Под клеймением понимают нанесение на изделие знаков, удостоверяющих их качество, например: клеймо ОТК, сорт и т. п.

ГОСТ 2.316—69\* «Правила нанесения на чертежах надписей технических требований и таблиц» устанавливает, что текстовую часть включают в чертеж только в тех случаях, когда содержащиеся в нем данные невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями. Текст и надписи с обозначением изображений, как правило, располагают параллельно основной надписи чертежа. Текст располагают над основной надписью. При расположении текста в две колонки и более их ширина должна быть не более 180—185 мм.

Таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его. При нанесении на чертежи надписей, спецификаций и технических требований необходимо руководствоваться требованиями, устанавливаемыми ГОСТ 2.104—68\*, ГОСТ 2.108—68\*, ГОСТ 2.109—73\* и ГОСТ 2.316—68\*.

Технические требования на чертеже излагают в следующей последовательности: требования к материалу,



заготовке, термической обработке, требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии; размеры, их предельные отклонения, формы взаимного расположения поверхностей и т. п.; другие требования к качеству изделий; условия и методы испытаний; указания о маркировании и клеймении; правила упаковки, транспортирования и хранения. Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт технических требований записывают с красной строки. Заголовок «Технические требования» не пишут.

Чертежи на сборный режущий инструмент должны сопровождаться спецификацией (ГОСТ 2.108—68\*), составленной на отдельных листах. Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии их размещения на листе формата А4 (ГОСТ 2.301—68\*). При этом спецификацию располагают ниже графического изображения изделия.

В учебных (курсовых и дипломных) работах спецификацию на сборочных чертежах и чертежах общего вида изделий можно совмещать на одном листе с чертежом, дополняя графой «Материал».

На чертежах допускаются следующие упрощения: у многолезвийного инструмента вычерчивают только 2—3 зуба; винтовые линии, например у фрез, заменяют прямыми линиями; канавки у разверток, метчиков и фрез можно не показывать; сечения с обозначениями геометрических параметров вычерчивают неполными; профиль фасонного инструмента вычерчивают в большом масштабе или заменяют чертежом шаблона и контршаблона: на чертежах зенкеров, метчиков, сверл помещают профиль канавочной фрезы, используемой при изготовлении инструмента этих видов.

Чертежи режущего инструмента должны удовлетворять требованиям к сборочным чертежам (ГОСТ 2.109—73\*) и содержать изображение изделия с его видами, разрезами, сечениями, а также текст и надписи, необходимые для понимания конструкции изделия, взаимодействия его основных составных частей (деталей) и принципа работы. На сборочном чертеже допускается помещать в техническую характеристику и другие сведения о сконструированном инструменте. Основные детали сборного инструмента также изображают на данном чертеже.

Решение задач по резанию металлов и расчеты режущих инструментов, а также другие практические работы по

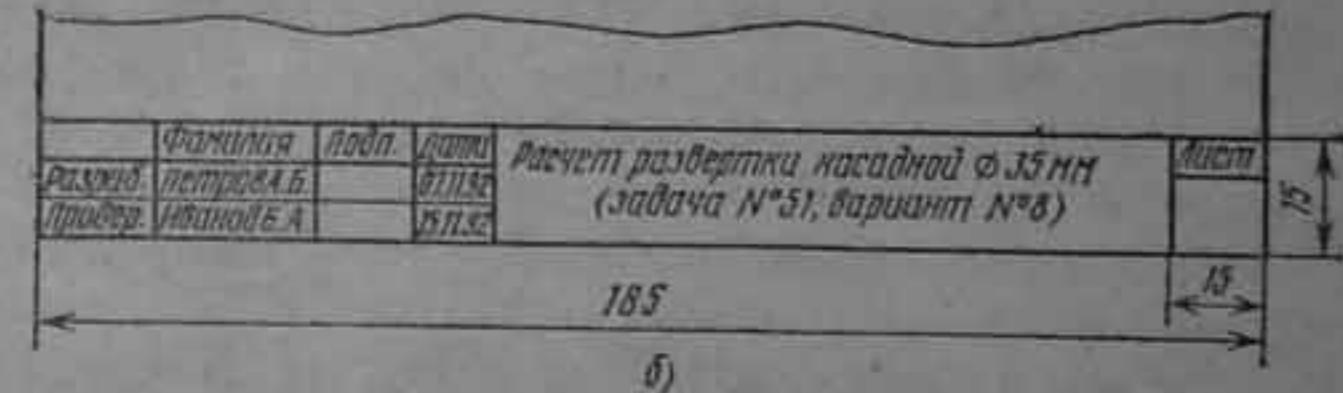


Рис. 14. Форма и пример заполнения основной надписи первого (а) и последующих листов (б) пояснительной записки

предмету, например протоколы выполнения лабораторных работ, должны быть выполнены аккуратно, все должно быть написано разборчивым почерком, черными чернилами (пастой) с одной стороны листов формата А4. Форма и основная надпись первого и последующего листов должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.104—68\*.

На рис. 14 показан пример основной надписи для первого и последующих листов. Листы должны быть пронумерованы.

При оформлении содержания записки надо соблюдать ГОСТ 2.106—68\* «Текстовые документы». На первой странице записки указывают номер и полное содержание задачи (свой вариант условий). В конце расчета приводят пронумерованный список литературы, использованной при решении задачи (учебник, справочники, стандарты и т. п.), ставят дату окончания работы и личную подпись.

Титульный (заглавный) лист оформляют на чертежной или другой плотной бумаге в виде папки, в которую вкладывают все расчеты и чертежи, выполненные за время изучения предмета (или за семестр). Форма, оформление и текстовое содержание титульного листа должны быть такими же, как для курсовых работ и проектов по другим предметам данного учебного заведения.



**§ 4. О ПРИМЕНЕНИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЧЕРТЕЖЕЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

При выполнении курсовых работ по конструированию режущих инструментов учащиеся иногда вынуждены использовать устаревшую учебную или техническую литературу и заводские чертежи, которые содержат предельные отклонения и посадки в старой системе ОСТ, и переводить их в значения квалитетов по ЕСДП.

ГОСТ 25346—82 «Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» и ГОСТ 25347—82 «Поля допусков и рекомендуемые посадки» предусматривают 19 рядов основных допусков, обозначаемых цифрами порядкового номера квалитета (01, 0, 1, 2, ..., 17), и 28 рядов или типов отклонений, обозначаемых латинскими буквами (для отверстий прописными — A, B, C, ..., X, Y, ZA, ZB, ZC и для валов строчными — a, b, c, ..., x, y, za, zb, zc).

Для перевода полей допусков из системы ОСТ в квалитеты, применяемые в Единой системе допусков и посадок, в диапазоне размеров 1—500 мм рекомендуется пользоваться табл. 6.

Предельные отклонения линейных размеров по ЕСДП на чертежах могут быть указаны одним из трех способов (рис. 15):

условными обозначениями полей допусков, например 12H7; 18e8 (рис. 15, а);

числовыми значениями предельных отклонений, например  $12^{+0,018}$ ;  $18_{-0,032}^{-0,059}$  (рис. 15, б);

условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений, например 12H7(+0,018); 18e8(-0,032/-0,059) (рис. 15, в).

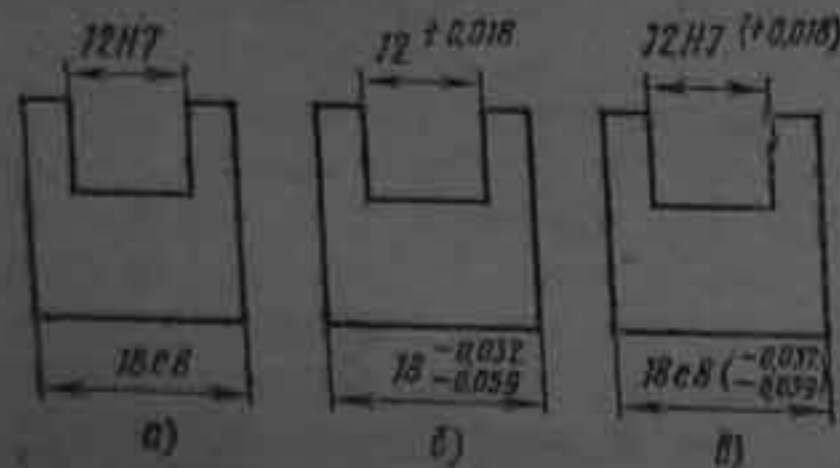


Рис. 15. Примеры нанесения предельных отклонений

В учебных целях предпочтительнее третий способ.

Для неотвественных и несопрягаемых размеров инструментов, приборов и других деталей машин,

**6. Рекомендуемые замены полей допусков по системе ОСТ полями по ГОСТ 25347—82 для размеров 1—500 мм**

Поля допусков отверстий			Поля допусков валов		
Класс точности по системе ОСТ	Поле допуска по системе ОСТ	Поле допуска по системе ГОСТ	Класс точности по системе ОСТ	Поле допуска по системе ОСТ	Поле допуска по системе ГОСТ
1	$\begin{matrix} H_1 \\ П_1 \\ C_1 = A_1 \\ Д_1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} K6 \\ J_{s6} \\ H6 \\ G6 \end{matrix}$	1	$\begin{matrix} T_1 \\ H_1 \\ П_1 \\ C_1 = B_1 \\ Д_1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} m5 \\ k5 \\ i_{s5} \\ h5 \\ g5 \end{matrix}$
2	$\begin{matrix} Г \\ Н \\ П \\ С = А \\ Д \\ Х \end{matrix}$	$\begin{matrix} N7 \\ K7 \\ J_{s7} \\ H7 \\ G7 \\ F8 \end{matrix}$	2	$\begin{matrix} Пр \\ Пр \\ Г \\ Т \\ Н \\ П \\ С = В \\ Д \\ Х \\ Л \end{matrix}$	$\begin{matrix} r6, s6 \\ p6, r6 \\ n6 \\ m6 \\ k6 \\ j_{s6} \\ h6 \\ g6 \\ f7 \\ e8 \end{matrix}$
2a	$C_{2a} = A_{2a}$	H8			
3	$\begin{matrix} C_3 = A_3 \\ X_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} H8 H9 \\ E9 F9 \end{matrix}$	2a	$\begin{matrix} Пр1_{2a} \\ C_{2a} = B_{2a} \end{matrix}$	$\begin{matrix} s7 \\ h7 \end{matrix}$
4	$\begin{matrix} C_4 = A_4 \\ X_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} H11 \\ D11 \end{matrix}$	3	$\begin{matrix} Пр1_3 \\ C_3 = B_3 \\ Ш_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} u8 \\ h9 \\ d9, d10 \end{matrix}$
5	$\begin{matrix} C_5 = A_5 \\ X_5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} H12 \\ B12 \end{matrix}$	4	$\begin{matrix} C_4 = B_4 \\ X_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} h11 \\ d11 \end{matrix}$
7	$\begin{matrix} A_7 \\ CM_7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} H14 \\ J_{s14} \end{matrix}$	5	$\begin{matrix} C_5 = B_5 \\ X_5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} h12 \\ b12 \end{matrix}$
8	$\begin{matrix} A_8 \\ CM_8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} H15 \\ J_{s15} \end{matrix}$	7	$\begin{matrix} CM_7 \\ B_7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} i_{s14} \\ h14 \end{matrix}$
9	$\begin{matrix} A_9 \\ CM_9 \end{matrix}$	$\begin{matrix} H16 \\ J_{s16} \end{matrix}$	8	$\begin{matrix} CM_8 \\ B_8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} i_{s15} \\ h15 \end{matrix}$
10	$\begin{matrix} A_{10} \\ CM_{10} \end{matrix}$	$\begin{matrix} H17 \\ J_{s17} \end{matrix}$	9	$B_9$	h16
			10	$B_{10}$	h17



обрабатываемых резанием, предельные отклонения назначаются по квалитетам 12, 14, 16 и 17.

Предпочтительными являются допуски по квалитету 14.

Поля допусков размеров деталей с большими предельными отклонениями следует располагать относительно нулевой линии: для валов и других наружных сопрягаемых и несопрягаемых элементов — «в минус», например  $h12$ ,  $h14$ ,  $h16$ ; для отверстий и других внутренних сопрягаемых и несопрягаемых элементов — «в плюс», например  $H12$ ,  $H14$ ,  $H16$ ; для размеров, не относящихся к валам и отверстиям, — симметрично, например  $\pm \frac{IT12}{2}$ ,  $\pm \frac{IT14}{2}$ ,  $\pm \frac{IT16}{2}$ .

В технически обоснованных случаях допускается иное расположение полей допусков, например симметричное, для отверстий  $J_s12$ ,  $J_s15$ ,  $J_s16$ , для валов  $j_s12$ ,  $j_s14$ ,  $j_s16$ .

Примеры простановки размеров валов, отверстий и размеров, не относящихся к валам и отверстиям, приведены на рис. 16.

При многократном повторении предельных отклонений в одном и том же квалитете вместо указания их непосредственно на рассматриваемом размере детали допускается общая запись о неуказанных предельных отклонениях в «Технических требованиях» следующим способом: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий  $H14$ , валов  $h14$ , остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ » или «Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметром  $H12$ ,  $h12$ , остальных  $\pm \frac{IT12}{2}$ ».

В первом случае отклонения  $H14$  относятся к размерам всех внутренних (в соединениях — охватываемых) элементов, а отклонения  $h14$  — к размерам всех наружных (в соединениях — охватываемых) элементов. Во втором случае отклонения  $H12$  относятся только к диаметрам круглых отверстий, отклонения  $h12$  — к диаметрам круглых валов.

Все предельные отклонения для размеров различных элементов детали, оговариваемые в одной общей записи, должны быть одного квалитета.

Единая система допусков и посадок СЭВ предусматривает также замену посадок в системе ОСТ посадками по ЕСДП.

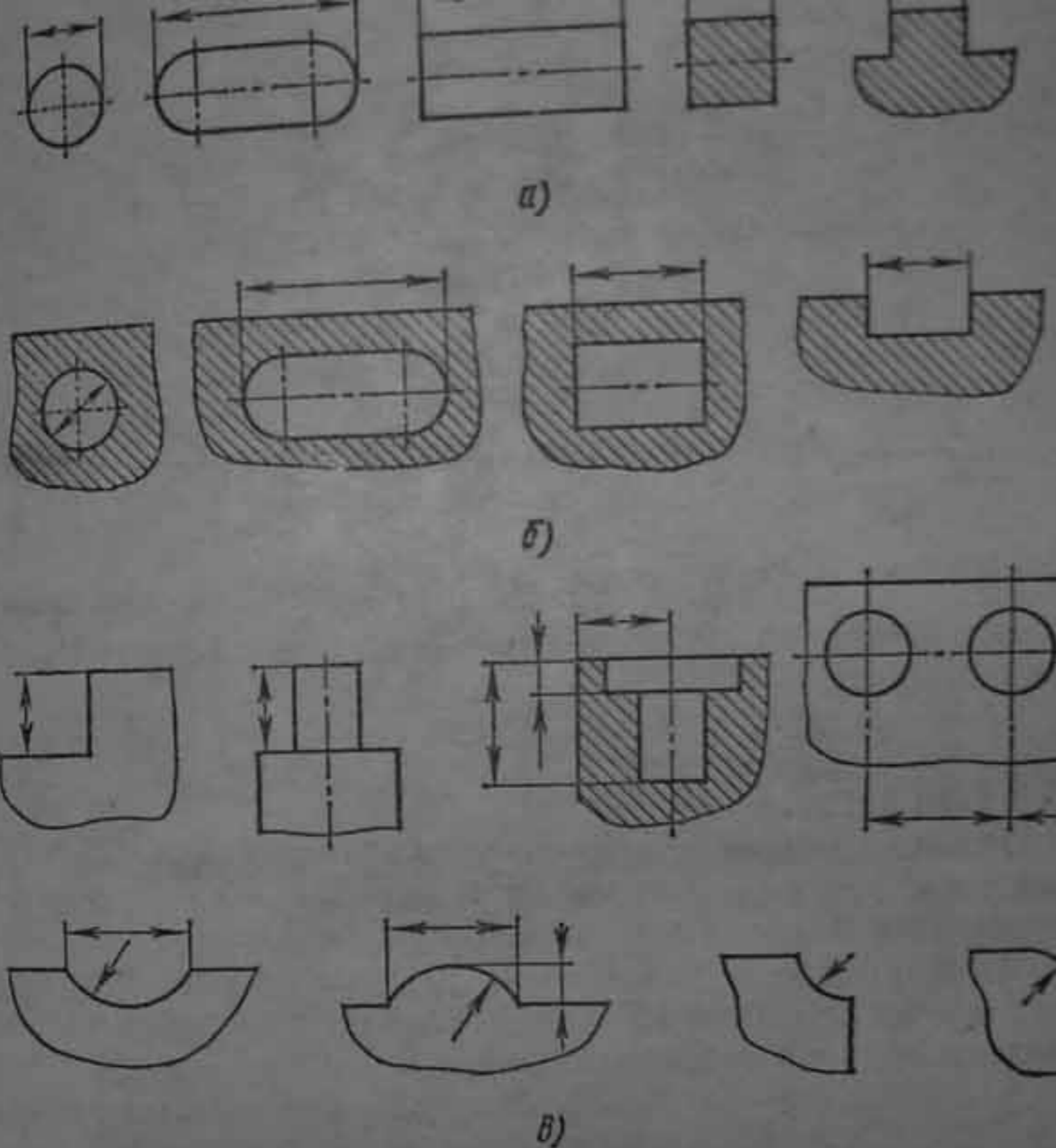


Рис. 16. Примеры простановки размеров валов, отверстий и размеров, не относящихся к валам и отверстиям:

а — размеры валов с полем допуска  $j_s12$ ; б — размеры отверстий с полем допуска  $J_s12$ ; в — размеры, не относящиеся к валам и отверстиям с полем допуска  $\pm IT12$

В соответствии с ЕСДП предпочтительнее применять посадки в системе отверстий, так как при этом сокращается номенклатура размерного инструмента и калибров для отверстий. Посадки в системе вала имеют преимущества при использовании некоторых стандартных деталей типа валов.

Предельные отклонения размеров деталей, изображаемых на чертежах в собранном состоянии (рис. 17), указывают условными обозначениями полей допусков и посадок (а), числовыми значениями предельных отклонений

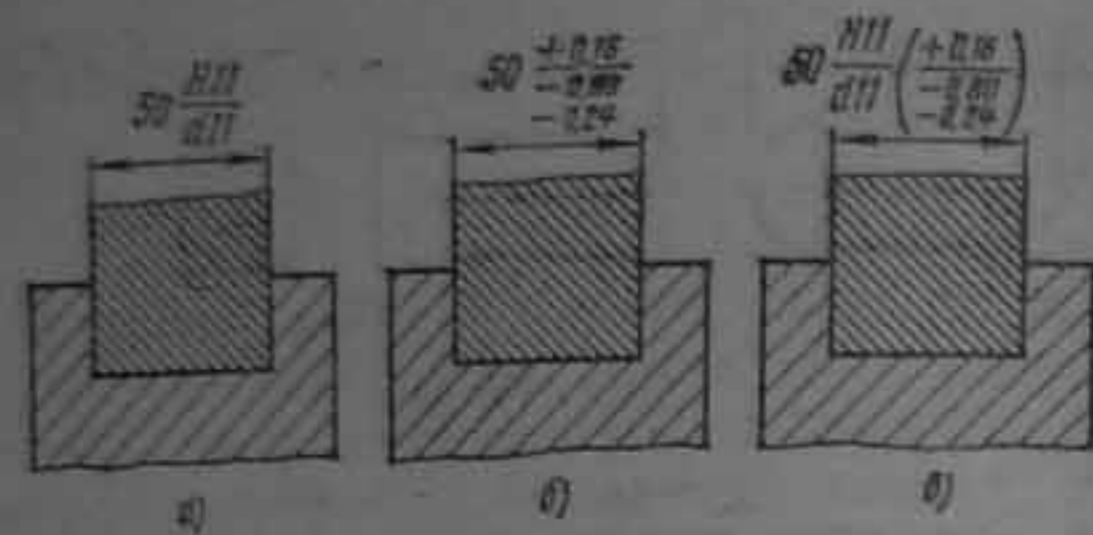


Рис. 17. Примеры нанесения предельных отклонений размеров деталей в собранном состоянии

и условными обозначениями полей допусков, причем в скобках — числовыми значениями предельных отклонений (в).

Предпочтительней записать размер посадки так: в системе отверстия  $\varnothing 12 \frac{H7}{f8} \left( \begin{matrix} +0,018 \\ -0,016 \\ -0,034 \end{matrix} \right)$ ; в системе вала

$$\varnothing 20 \frac{k6}{h6} \left( \begin{matrix} +0,002 \\ -0,011 \\ -0,009 \end{matrix} \right)$$

Рекомендуемые для замены поля допусков по ЕСДП вместо посадок по системе ОСТ для размеров 1—500 мм приведены в табл. 7.

При выборе и назначении посадок по ЕСДП при выполнении заданий по предмету в процессе проектирования следует пользоваться примечаниями к табл. 7.

ГОСТ 2.308—79\* «Допуски формы и расположения поверхностей». Указание на чертежах устанавливает правила указания допусков формы и расположения геометрических элементов в технических чертежах. Предпочтительнее применять условные обозначения по сравнению с текстовыми записями в технических требованиях. Стандарт предусматривает 16 условных знаков (табл. 8).

Знак (графический символ) и числовое значение допуска, а также обозначение базы вписывают в прямоугольную рамку допуска, разделенную на два или три поля, в следующем порядке: в первом поле указывают знак допуска, во втором поле — значение допуска в миллиметрах, в третьем (при необходимости) — буквенное обозначение базы или другой поверхности, к которой относится данный допуск.

Рамки допуска вычерчивают сплошными тонкими линиями или линиями одинаковой толщины с цифрами.

7. Рекомендуемые замены посадок ОСТ посадками по ЕСДП для размеров 1—500 мм

Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка	Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка
Система отверстия					
1	$\frac{A_1}{T_1}$	$\frac{H6}{m5}$	2	$\frac{Г}{B}$	$\frac{N7}{h6}$
	$\frac{A_1}{П_1}$	$\frac{H6}{js5}$		$\frac{H}{B}$	$\frac{K7}{h6}$
	$\frac{A_1}{C_1}$	$\frac{H6}{h5}$		$\frac{П}{B}$	$\frac{J_s7}{h6}$
	$\frac{A_1}{D_1}$	$\frac{H6}{g5}$		$\frac{C}{B}$	$\frac{H7}{h6}$
				$\frac{Д}{B}$	$\frac{G7}{h6}$
2	$\frac{A}{П}$	$\frac{H7}{r6} \frac{H7}{s6}$	2a	$\frac{C_{2a}}{B_{2a}}$	$\frac{H8}{h7}$
	$\frac{A}{Пл}$	$\frac{H7}{p6} \frac{H7}{r6}$		$\frac{A_{2a}}{C_{2a}}$	$\frac{H8}{h7}$
	$\frac{A}{Г}$	$\frac{H7}{h6}$		$\frac{A_{2a}}{Pr2_{2a}}$	$\frac{H8}{h8}$
	$\frac{A}{Т}$	$\frac{H7}{m6}$			
	$\frac{A}{Н}$	$\frac{H7}{k6}$	3	$\frac{A_3}{C_3}$	$\frac{H8}{h8} \frac{H9}{h8} \frac{H8}{h9} \frac{H9}{h9}$
	$\frac{A}{П}$	$\frac{H7}{js6}$		$\frac{A_3}{X_3}$	$\frac{H8}{f9} \frac{H9}{e8}$
	$\frac{A}{С}$	$\frac{H7}{h6}$			
	$\frac{A}{Д}$	$\frac{H7}{g6}$	4	$\frac{A_4}{C_4}$	$\frac{H11}{h11}$
	$\frac{A}{X}$	$\frac{H7}{j7}$		$\frac{A_4}{X_4}$	$\frac{H11}{d11}$
			5	$\frac{A_5}{C_5}$	$\frac{H12}{h12}$
$\frac{A}{Л}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{A_5}{X_5}$		$\frac{H12}{b12}$	



Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка	Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка
Система вала					
1	$\frac{H_1}{B_1}$	$\frac{K6}{h5}$	3	$\frac{C_3}{B_3}$	$\frac{H8}{h8}$ $\frac{H9}{h8}$ $\frac{H8}{h9}$ $\frac{H9}{h9}$
	$\frac{P_1}{B_1}$	$\frac{J_s6}{h5}$		$\frac{X_3}{B_3}$	$\frac{E8}{h9}$ $\frac{E9}{h8}$ $\frac{E8}{h9}$ $\frac{E9}{h9}$
	$\frac{C_1}{B_1}$	$\frac{H6}{h5}$		$\frac{Ш_3}{B_3}$	$\frac{D9}{h8}$
	$\frac{D_1}{B_1}$	$\frac{G6}{h5}$		4	$\frac{C_4}{B_4}$
		$\frac{X_4}{B_4}$	$\frac{D11}{d11}$		
2	$\frac{Gr}{B}$	$\frac{T7}{h6}$	5	$\frac{C_5}{B_5}$	$\frac{H12}{h12}$
	$\frac{Pr}{B}$	$\frac{S7}{h6}$ $\frac{R7}{h6}$		$\frac{X_5}{B_5}$	$\frac{B12}{h12}$

Примечания: 1. Для системы отверстия посадки с зазором создаются при сочетании поля допуска отверстия *H* с полями допусков вала *b, d, e, f, g, h*; переходные посадки — при сочетании поля допуска отверстия *H* с полями допуска вала *j, k, m, n*; посадки с натягом — при сочетании поля допусков отверстия *H* с полями допуска вала *p, r, s, u*.

2. Для системы вала посадки с зазором создаются при сочетании полей допусков: вала *h* и отверстий *B, D, E, F, G, H*; переходные посадки при сочетании полей допусков вала *h* и отверстий *J\_s, K, N, T*; посадки с натягом — при сочетании полей допусков вала *h* и отверстий *P, R, S, T*.

8. Знаки допусков формы и расположения поверхностей (ГОСТ 2.308 — 79\*)

Группа допусков	Допуск	Знак
Допуски формы	Прямолинейности	

Группа допусков	Допуск	Знак
Допуски формы	Плоскостности	
	Круглости	
	Цилиндричности	
	Профиля продольного сечения	
Допуски расположения	Параллельности	
	Перпендикулярности	
	Наклона	
	Соосности	
	Симметричности	
	Позиционный	
Суммарные допуски формы и расположения	Пересечение осей	
	Радиального биения	
	Торцового биения	
	Биения в заданном направлении	

Группа допусков	Допуск	Знак
Суммарные допуски формы и расположения	Полного радиального биения	
	Полного торцового биения	
	Формы заданного профиля	
	Формы заданной поверхности	

Высота цифр и букв, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел. Рамку допуска выполняют предпочтительно в горизонтальном положении. Пересекать рамку допуска какими-либо линиями не допускается. Рамку допуска соединяют линией, оканчивающейся стрелкой с контурной линией или выносной линией, которая продолжает контурную линию элемента, ограниченного допуском (рис. 18, а). При необходимости рамку допуска соединяют с базой (базовой поверхностью), по отношению к которой задается допуск (рис. 18, б). Базы обозначают зачерченным треугольником. Если треугольник сложно соединить с рамкой допуска, то базу обозначают прописной буквой в специальной квадратной рамке и эту же букву вписывают в третье поле рамки допуска (рис. 18, в).

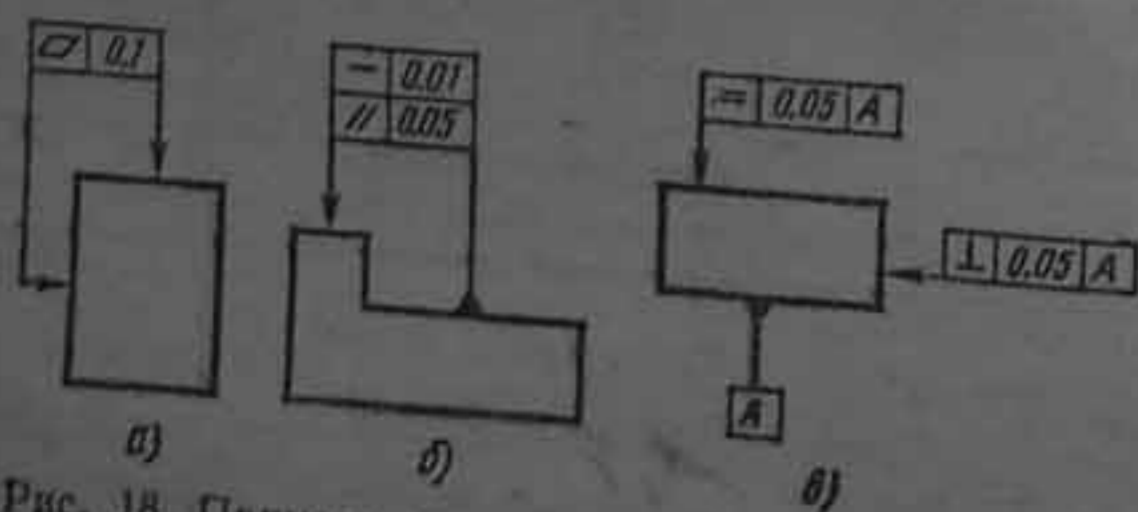


Рис. 18. Примеры выполнения рамок допуска формы и расположения поверхностей

9. Примеры указания на чертежах предельных отклонений формы и расположения поверхностей

Примеры записи в технических требованиях	Указание предельных отклонений на чертежах деталей
Допуск плоскостности опорной поверхности не более 0,25 мм на всей длине и не более 0,1 мм на длине 100 мм	
Допуск прямолинейности направляющей поверхности не более 0,2 мм на всей длине и не более 0,05 мм на длине 50 мм	
Допуск цилиндричности режущей части не более 0,05 мм на длине 50 мм, допуск прямолинейности не более 0,1 мм на всей длине	
Допуск круглости конуса не более 0,01 мм, допуск радиального биения поверхности конуса относительно оси A не более 0,05 мм	
Допуск перпендикулярности боковой поверхности относительно основания A не более 0,2 мм	
Допуск параллельности прижимной поверхности относительно опорной не более 0,1 мм, допуск отклонения профиля продольного сечения реза не более 0,05 мм	



Примеры записи в технических требованиях	Указание предельных отклонений на чертежах деталей
Допуск соосности поверхности конуса в рабочей части относительно общей оси не более 0,01 мм, допуск симметричности заточки не более 0,02 мм	
Допуск плоскостности внутренней опорной поверхности не более 0,025 мм, допуск перпендикулярности ее к оси не более 0,03 мм и допуск торцового биения не более 0,05 мм	
Допуск соосности поверхностей буртика и отверстия не более 0,02	
Допуск соосности отверстий относительно общей оси не более 0,01 мм, допуск перпендикулярности боковой стенки к оси не более 0,1 мм	
Допуск пересечения осей отверстий не более 0,05 мм	
Позиционный допуск смещения осей отверстий от номинального расположения не более 0,1 мм. База — отверстие A	

Примеры записи в технических требованиях	Указание предельных отклонений на чертежах деталей
Допуск симметричности паза относительно боковой поверхности A не более 0,2 мм, допуск перпендикулярности общей прилегающей верхней поверхности к поверхности A не более 0,1 мм. Допуск прямолинейности верхней поверхности не более 0,1 мм на длине 100 мм	
Допуск плоскостности верхней поверхности не более 0,05 мм, допуск параллельности профиля реза относительно поверхностей A и B не более 0,02 мм. Допуск прямолинейности поверхностей A и B не более 0,2 мм	

Допуск формы и расположения поверхностей в отдельных случаях допускается указывать текстом в технических требованиях.

В тексте должны быть указаны: наименование допуска (см. табл. 8); поверхность или другой элемент, для которого задается допуск (для этого используют буквенное обозначение поверхности или ее конструктивное наименование); числовое значение допуска в миллиметрах; база, относительно которой задается допуск.

Обозначения знаков допусков формы и расположения поверхностей приведены в табл. 8, а примеры указания их на чертежах режущего инструмента и записи текста в технических требованиях — в табл. 9.

**§ 5. О ПРИМЕНЕНИИ ЭВМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»**

Применительно к курсу «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент» ЭВМ могут быть использованы в первую очередь там, где сейчас учащимся приходится выполнять большой объем трудоемких расчетов. При проектировании режущих инструментов это



можно отнести к расчетам и расчетам зуборезных и другого фасонного инструмента. В области резания металлов также целесообразно применять ЭВМ там, где расчеты режимов резания трудоемки. В настоящее время широко применяют два традиционных метода расчетов режимов резания:

1) с использованием содержащихся в нормативах (справочниках) эмпирических формул для определения скорости главного движения резания, составляющих силы резания и мощности, затрачиваемой на резание;

2) с использованием таблиц нормативов режимов резания, в которых приведены рассчитанные по эмпирическим формулам значения указанных выше параметров.

Первый метод является более трудоемким. Но если говорить об одноинструментной обработке на универсальном оборудовании, то объем расчетов режимов резания, выполненный даже по первому методу, будет сравнительно невелик и значительно ниже, чем объем расчетов режима резания при многоинструментной обработке (на агрегатных станках, полуавтоматах и автоматах, автоматических станочных линиях). При многоинструментной обработке и обработке на станках с ЧПУ, особенно многоцелевых, объем расчетов режимов резания резко возрастает. Поэтому актуальным становится применение ЭВМ для расчетов режимов резания. Применение ЭВМ резко повышает производительность труда специалистов при выполнении этих расчетов и освобождает их от утомительной и малопродуктивной работы.

При решении вопроса о применении ЭВМ для расчетов режимов резания в машиностроительном техникуме нужно учитывать следующее. Технологические наладки при многоинструментной обработке, а также станков с ЧПУ и связанные с этим расчеты режимов резания рассматриваются в курсе «Технология машиностроения», т. е. на год позже изучения курса «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». Поэтому в качестве первого этапа подготовки учащихся к предстоящему выполнению сложных расчетов режимов резания при многоинструментной обработке с использованием ЭВМ целесообразно в курсе «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент» наряду с традиционными методами расчета режимов резания при одноинструментной об-

работке знакомить их с расчетом на ЭВМ. Необходимо учитывать также, что в ближайшие годы технологические службы машиностроительных заводов будут оснащены ЭВМ, дисплеями и будут располагать пакетами прикладных программ по расчетам режимов резания для различных видов обработки на металлорежущих станках. Без этого невозможно реализовать системы автоматизированного проектирования (САПР) в области технологической подготовки производства. Поэтому ознакомление будущих техников-технологов с вопросами расчета режимов резания на ЭВМ отвечает требованиям современного производства с учетом перспектив его развития.

Этапы решения практической задачи с помощью ЭВМ. Решение практических задач с использованием ЭВМ разбивают обычно на пять этапов.

1. Описание объекта исследования в математических терминах, т. е. построение его математической модели, позволяющей свести исследование конкретного объекта к решению математической задачи. Для выполнения расчета режима резания на ЭВМ такой моделью может являться расчет этого режима резания по эмпирическим формулам.

2. Составление алгоритма расчета. Под алгоритмом понимают предписание, однозначно определяющее содержание и последовательность операций, направленных на достижение конкретной цели или на решение поставленной задачи.

3. Запись алгоритма в виде, доступном для использования на ЭВМ, т. е. на специальном языке программирования или алгоритмическом языке. Под алгоритмическим языком понимают систему обозначений и правил для единообразной и точной записи алгоритмов и их исполнения. Программа, составленная на алгоритмическом языке, переводится на машинные команды автоматически самой ЭВМ с помощью программы-транслятора (от англ. слова translation — перевод, преобразование).

Для разработки программ, связанных с научно-техническими расчетами, получил применение алгоритмический язык ФОРТРАН (FORTRAN от английских слов FORMula TRANslation, что в переводе означает «преобразование формул»). Программа на языке ФОРТРАН состоит не из простых машинных команд, а из более крупных частей, называемых операторами. Оператор — это или математическая формула, написанная в соответствии



с правилами алгоритмического языка, или обозначение какого-нибудь действия ЭВМ. ФОРТРАН является одним из наиболее распространенных алгоритмических языков.

4. Ввод в ЭВМ конкретных исходных данных и получение результата расчета, т. е. исполнение алгоритма с помощью ЭВМ.

5. Анализ полученных результатов с целью определения их реальности.

В данном учебном пособии приведены расчеты режимов резания с использованием ЭВМ при точении (пример 21) и сверлении (пример 34).

## ГЛАВА 2 ТОЧЕНИЕ

### § 1. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

**Пример 1.** Выбрать материал режущей пластины токарного проходного резца, предназначенного для черновой обработки отливки из серого чугуна твердостью 220 НВ по корке при неравномерном припуске и прерывистом резании.

**Решение.** Для обработки заготовок из чугуна рекомендуется твердый сплав вольфрамовой группы (ВК). Важнейшим требованием к материалу режущей части резца для черновой обработки, т. е. для работы с большими нагрузками на инструмент, является обеспечение прочности. Для черновой обработки по корке при неравномерном припуске и прерывистом резании в справочнике [16] рекомендуется твердый сплав ВК8 (табл. 3, с. 116). Сплав этой марки содержит 8 % Со и является достаточно прочным.

**Пример 2.** Выбрать материал режущей пластины резца, предназначенного для предварительного нарезания резьбы на заготовке из стали 40Х.

**Решение.** Для обработки заготовок из сталей рекомендуется твердый сплав титановольфрамовой группы (ТК). Для предварительного нарезания резьбы в справочнике [16] рекомендуются твердые сплавы Т15К6 и Т14К8 (табл. 3, с. 117), так как в этом случае осуществляется резание по предварительно обработанной поверхности без ударных нагрузок. Принимаем сплав Т15К6.

**Задача 1.** Выбрать материал режущей пластины резца для заданных условий обработки. Обосновать выбор материала (табл. 10).

При решении задач кроме справочника [16] можно пользоваться также источниками [1, 2, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 18].

№ варианта	Материал заготовки	Вид обработки	Характер обработки
1	Сталь 20Х, $\sigma_B = 580$ МПа ( $\approx 58$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Нарезание резьбы	Черновая
2	Серый чугун, 170 НВ	Растачивание	Черновая без ударных нагрузок
3	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Обтачивание	Черновая после автогенной резки
4	Серый чугун, 200 НВ	Подрезка торца	Чистовая
5	Ковкий чугун, 150 НВ	Обтачивание	Черновая с ударными нагрузками
6	Сталь 45, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Обработка фасонным резцом	Чистовая
7	Бронза Бр АЖ9-4, 120 НВ	Растачивание	Черновая
8	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Обтачивание	Чистовая с малым сечением среза (тонкая)
9	Сталь коррозионно-стойкая 40Х13, 200 НВ	Прорезка паза	Чистовая
10	Латунь ЛК80-3, 110 НВ	Растачивание	»

## § 2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕЗВИЯ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Пример 3. Выбрать геометрические элементы лезвия токарного проходного прямого резца с пластиной из твердого сплава, предназначенного для предварительного обтачивания напроход без ударных нагрузок заготовки из стали 45 с  $\sigma_B = 700$  МПа ( $\approx 70$  кгс/мм<sup>2</sup>). Размеры поперечного сечения корпуса резца  $16 \times 25$  мм. Система станок—инструмент—заготовка жесткая.

Решение. 1. По справочнику [18] выбираем радиусную форму передней поверхности резца с фаской III6 (табл. 29, с. 187). Фаску с отрицательным передним углом делают для упрочнения наименее прочного и наиболее нагруженного участка режущей кромки резцов с пластиной из твердого сплава, предназначенных для обработки заготовок из конструкционных сталей средней прочности.

Т. Данные к задаче 2

№ варианта	Материал заготовки	Вид обработки	Материал инструмента	Поперечное сечение державки резца, мм	Система станок—инструмент—заготовка
1	Сталь 38ХА, $\sigma_B = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Растачивание в упор черновое	Твердый сплав Т14К8	25×25	Нежесткая
2	Серый чугун, 220 НВ	Обтачивание напроход чистовое	Керамика ЦМ-332	16×25	Жесткая
3	Сталь коррозионно-стойкая 12Х18Н9, 160 НВ	Подрезание сплошного торца чистовое с малым сечением среза (тонкая)	Твердый сплав ВК6М	25×40	Недостаточно жесткая
4	Ковкий чугун, 150 НВ	Обтачивание напроход черновое	Твердый сплав ВК8	20×30	Нежесткая
5	Бронза Бр.АЖН 10-4-4, 170 НВ	Растачивание напроход чистовое	Быстрорежущая сталь Р18	25×25	Жесткая
6	Сталь 40ХН, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Обтачивание напроход чистовое с малым сечением среза (тонкое)	Твердый сплав Т30К4	16×25	Жесткая
7	Серый чугун, 170 НВ	Подрезание торца втулки чистовое	Твердый сплав ВК3	25×40	Недостаточно жесткая
8	Сталь 40ХНМА, $\sigma_B = 850$ МПа ( $\approx 85$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Растачивание напроход черновое	Твердый сплав Т5К10	30×30	Нежесткая
9	Латунь ЛКС 80-3-3, 90 НВ	Обтачивание в упор чистовое	Быстрорежущая сталь Р6М5	20×30	Жесткая
10	Серый чугун, 190 НВ	Прорезание паза черновое	Твердый сплав ВК8	12×20	Недостаточно жесткая



Радиусная лунка обеспечивает завивание сходящей стружки.

2. Главный передний угол  $\gamma = 15^\circ$  (табл. 30, с. 188); для конструкционной стали  $\sigma_B \leq 100 \text{ кгс/мм}^2$ .

3. Главный передний угол на упрочняющей фаске  $\gamma_\phi = -3 \dots -5^\circ$  (табл. 30, с. 188); принимаем  $\gamma_\phi = -5^\circ$ .

4. Главный задний угол на пластине из твердого сплава  $\alpha = 12^\circ$  (табл. 31, с. 190); на державке  $\alpha + 3^\circ = 12^\circ + 3^\circ = 15^\circ$ .

5. Угол наклона кромки  $\lambda = 0$ , так как осуществляется точение без ударных нагрузок (в табл. 30 значение угла не приведено).

6. Главный угол в плане  $\varphi = 30 \dots 60^\circ$  (табл. 31, с. 190), так как по условию задачи точение производится напроход при жесткой системе станок—инструмент—заготовка; принимаем  $\varphi = 45^\circ$ .

7. Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 15^\circ$  (табл. 31, с. 190), так как обработка осуществляется проходным резцом с пластиной из твердого сплава без врезания.

8. Радиус вершины лезвия  $r = 1 \text{ мм}$ , так как резец проходной с пластиной из твердого сплава, с корпусом сечением  $16 \times 25 \text{ мм}$  (табл. 32, с. 190 и табл. 4, примеч. 3, с. 420).

9. Размеры радиусной (стружкоотводящей) лунки (табл. 29, с. 187): ширина лунки  $B = 2 \dots 2,5 \text{ мм}$ ; радиус лунки  $R = 4 \dots 6 \text{ мм}$ ; глубина лунки  $h = 0,1 \dots 0,15 \text{ мм}$ . Так как при черновой обработке снимается стружка большего сечения, чем при чистовой, принимаем наибольшие значения размеров лунки:  $B = 2,5 \text{ мм}$ ;  $R = 6 \text{ мм}$ ;  $h = 0,15 \text{ мм}$ .

**Задача 2.** Выбрать значения геометрических элементов лезвия резца для заданных условий обработки (табл. 11).

При решении задач кроме справочника [18] можно пользоваться также источниками [1, 2, 4, 7, 10, 11, 12].

### § 3. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ. ОСНОВНОЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ) ВРЕМЯ

**Пример 4.** Определить скорость главного движения резания при обработке заготовки диаметром  $D = 120 \text{ мм}$  на токарном станке с частотой вращения шпинделя  $n = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

**Решение.** Скорость главного движения резания при точении

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 500}{1000} = 189 \text{ м/мин} (\approx 3,2 \text{ м/с}).$$

12. Данные к задаче 3

№ варианта	D, мм	n, мин <sup>-1</sup>	№ варианта	D, мм	n, мин <sup>-1</sup>	№ варианта	D, мм	n, мин <sup>-1</sup>
1	80	860	5	220	250	8	95	630
2	150	315	6	180	315	9	110	400
3	45	1600	7	30	2000	10	60	1000
4	70	1250						

13. Данные к задаче 4

№ варианта	D, мм	v		№ варианта	D, мм	v	
		м/мин	м/с			м/мин	м/с
1	140	88	1,47	6	64	200	3,33
2	37	233	3,89	7	160	80	1,33
3	90	177	2,95	8	54	170	2,84
4	120	119	1,98	9	43	216	3,6
5	72	280	4,67	10	210	133	2,22

**Задача 3.** Определить скорость главного движения резания при обтачивании заготовки диаметром  $D$  на токарном станке с частотой вращения шпинделя  $n$  (табл. 12).

**Пример 5.** Определить частоту вращения шпинделя станка при обтачивании заготовки диаметром  $D = 80 \text{ мм}$  на токарном станке со скоростью главного движения резания  $v = 215 \text{ м/мин} (\approx 3,6 \text{ м/с})$ .

**Решение.** Частота вращения шпинделя токарного станка

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 215}{3,14 \cdot 80} = 860 \text{ мин}^{-1}.$$

**Задача 4.** Определить частоту вращения (мин<sup>-1</sup>) шпинделя станка (табл. 13) при обтачивании заготовки диаметром  $D$  (мм) на токарном станке со скоростью главного движения резания  $v$  (м/мин).

**Пример 6.** Определить скорость движения подачи  $v_s$  при обтачивании заготовки на токарном станке с частотой вращения шпинделя  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ ; подача резца за один оборот шпинделя  $S_0 = 0,26 \text{ мм/об}$ .

**Решение.** Скорость движения подачи резца

$$v_s = S_0 n = 0,26 \cdot 1000 = 260 \text{ мм/мин}.$$

14. Данные к задаче 5

№ варианта	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$S_0$ , мм/об	№ варианта	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$S_0$ , мм/об	№ варианта	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$S_0$ , мм/об
1	400	0,61	5	250	0,78	8	160	0,95
2	630	0,43	6	1600	0,17	9	1250	0,23
3	200	0,87	7	860	0,3	10	500	0,52
4	315	0,7						

15. Данные к задаче 6

№ варианта	$D$	$D_0$	$d$	№ варианта	$D$	$D_0$	$d$
	мм				мм		
1	188	182	180	6	87	81,5	80
2	67	61,5	60	7	216	208	206
3	56	51	50	8	50	43,5	42
4	120	114	112	9	140	132	130
5	95	88,5	87	10	73	66,5	65

**Задача 5.** Определить скорость движения подачи  $v_s$  при обтачивании заготовки на токарном станке с частотой вращения шпинделя  $n$ ; подача резца за один оборот шпинделя  $S_0$  приведена в табл. 14.

**Пример 7.** Определить глубину резания  $t$  при обтачивании заготовки диаметром  $D = 150$  мм на токарном станке в два перехода.

При предварительной обработке заготовка обтачивается до  $D_0 = 142$  мм, а при окончательной обработке — до  $d = 140$  мм.

**Решение.** При предварительном обтачивании глубина резания

$$t = \frac{D - D_0}{2} = \frac{150 - 142}{2} = 4 \text{ мм.}$$

При окончательном обтачивании

$$t = \frac{D_0 - d}{2} = \frac{142 - 140}{2} = 1 \text{ мм.}$$

**Задача 6.** Определить глубину резания  $t$  при обтачивании заготовки диаметром  $D$  на токарном станке в два перехода. При переходе предварительной обработки заготовка обтачивается до  $D_0$ , а при окончательной обработке — до  $d$  (табл. 15).

16. Данные к задаче 7

№ варианта	$D$	$d$	$l$	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$S_0$ , мм/об	$\varphi$ , °	№ варианта	$D$	$d$	$l$	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$S_0$ , мм/об	$\varphi$ , °
	мм							мм					
1	54	50	200	1000	0,32	45	6	43	40	55	1600	0,26	45
2	118	110	350	315	0,52	60	7	64	60	80	1000	0,34	90
3	80	75	130	800	0,43	90	8	37	35	45	2000	0,17	45
4	72	71	60	1250	0,21	30	9	158	150	480	250	0,61	60
5	90	82	150	630	0,57	60	10	142	140	75	500	0,28	30

**Пример 8.** Определить основное время при продольном обтачивании напроход шейки вала от  $D = 70$  мм до  $d = 64$  мм на длине  $l = 200$  мм. Частота вращения шпинделя станка  $n = 600$  мин<sup>-1</sup>; подача резца  $S_0 = 0,4$  мм/об. Обработка производится за один рабочий ход. Резец проходной с главным углом в плане  $\varphi = 45^\circ$ .

**Решение.** Основное время при точении

$$T_0 = \frac{Ll}{nS_0}$$

По условию известны все величины, входящие в формулу, кроме длины рабочего хода резца  $L = l + y + \Delta$ , где врезание резца  $y = t \operatorname{ctg} \varphi$ ; перебеж резца  $\Delta = 1 \dots 3$  мм.

При числе рабочих ходов  $i = 1$  глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{70 - 64}{2} = 3 \text{ мм;}$$

тогда  $y = 3 \operatorname{ctg} 45^\circ = 3 \times 1 = 3$  мм.

Принимаем перебеж резца  $\Delta = 2$  мм. Таким образом,

$$L = 200 + 3 + 2 = 205 \text{ мм;}$$

$$T_0 = \frac{205 \cdot 1}{600 \cdot 0,4} = 0,85 \text{ мин.}$$

**Задача 7.** Определить основное время при продольном обтачивании напроход заготовки диаметром  $D$  (мм) до диаметра  $d$  (мм) на длине  $l$  (мм). Частота вращения шпинделя  $n$ ; подача резца  $S_0$ . Обтачивание производится за один рабочий ход. Резец проходной с главным углом в плане  $\varphi$  (табл. 16).

**Пример 9.** Определить основное время при подрезании сплошного торца заготовки диаметром  $D = 165$  мм на токарном станке за один проход. Частота вращения шпин-



17. Данные к задаче 8

№ вари-анта	D	h	n, мин <sup>-1</sup>	S <sub>0</sub> , мм/об	№ вари-анта	D	h	n, мин <sup>-1</sup>	S <sub>0</sub> , мм/об
	мм					мм			
1	60	2,5	1000	0,43	6	150	4	500	0,78
2	85	3	800	0,52	7	45	2,5	1250	0,39
3	30	2	2000	0,30	8	100	3,5	400	0,5
4	120	4	315	0,7	9	90	3,5	630	0,57
5	70	3	800	0,47	10	40	2,5	1250	0,34

деля  $n = 480 \text{ мин}^{-1}$ ; подача резца  $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$ . Припуск на обработку (на сторону)  $h = 3,5 \text{ мм}$ . Резец проходной отогнутый с углом  $\varphi = 45^\circ$ .

**Решение.** Основное время при точении  $T_0 = \frac{Ll}{nS_0}$ .

Длина прохода резца при подрезке сплошного торца

$L = \frac{D}{2} + y + \Delta$ . Врезание резца  $y = t \operatorname{ctg} \varphi$ . При числе

рабочих ходов  $i = 1$  глубина резания  $t = h = 3,5 \text{ мм}$ .

Тогда  $y = 3,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 3,5 \text{ мм}$ . Перебег резца  $\Delta = 1 \dots 3 \text{ мм}$ ; принимаем  $\Delta = 2 \text{ мм}$ .

Таким образом,

$$L = \frac{165}{2} + 3,5 + 2 = 88 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{88 \cdot 1}{480 \cdot 0,3} = 0,61 \text{ мин.}$$

**Задача 8.** Определить основное время при подрезании сплошного торца заготовки диаметром  $D$  (мм) на токарном станке за один рабочий ход. Припуск на обработку (на сторону)  $h$ ; частота вращения шпинделя  $n$ ; подача резца  $S_0$ . Резец проходной отогнутый с углом  $\varphi = 45^\circ$  (табл. 17).

**Пример 10.** Определить основное время при отрезании кольца от заготовки, имеющей форму трубы, на токарном станке резцом с пластиной из твердого сплава. Наружный диаметр заготовки  $D = 100 \text{ мм}$ ; внутренний диаметр  $d = 84 \text{ мм}$ . Частота вращения шпинделя  $n = 250 \text{ мин}^{-1}$ ; подача резца  $S_0 = 0,14 \text{ мм/об}$ .

**Решение.** Основное время

$$T_0 = \frac{l}{nS_0}$$

18. Данные к задаче 9

№ вари-анта	D	d	n, мин <sup>-1</sup>	S <sub>0</sub> , мм/об	№ вари-анта	D	d	n, мин <sup>-1</sup>	S <sub>0</sub> , мм/об
	мм					мм			
1	90	60	315	0,15	6	80	65	400	0,14
2	120	100	200	0,17	7	65	50	500	0,12
3	75	50	400	0,13	8	50	40	630	0,10
4	60	50	500	0,12	9	70	50	400	0,13
5	150	120	160	0,18	10	85	70	315	0,14

Длина рабочего хода резца при отрезании кольца

$$L = \frac{D-d}{2} + (1 \dots 2).$$

Второе слагаемое учитывает врезание и перебег резца; принимаем его равным 2 мм. Тогда

$$L = \frac{100 - 84}{2} + 2 = 10 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{10^1}{250 \cdot 0,14} = 0,29 \text{ мин.}$$

**Задача 9.** Определить основное время при отрезании кольца от заготовки, имеющей форму трубы, на токарном станке резцом с пластиной из твердого сплава. Наружный диаметр заготовки  $D$ ; внутренний диаметр  $d$ . Частота вращения шпинделя  $n$ ; подача резца  $S_0$  (табл. 18).

§ 4. СИЛЫ РЕЗАНИЯ И МОЩНОСТЬ, ЗАТРАЧИВАЕМАЯ НА РЕЗАНИЕ

**Пример 11.** По эмпирическим формулам теории резания определить составляющие силы резания  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$  при продольном точении заготовки из стали 40 с  $\sigma_b = 650 \text{ МПа}$  ( $\approx 65 \text{ кгс/мм}^2$ ) резцом с пластиной из твердого сплава Т5К10. Глубина резания  $t = 4 \text{ мм}$ ; подача резца  $S_0 = 0,6 \text{ мм/об}$ ; скорость главного движения резания  $v = 110 \text{ м/мин}$  ( $\approx 1,8 \text{ м/с}$ ). Геометрические элементы резца: форма передней поверхности — радиусная с фаской;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 10^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\gamma = 10^\circ$ ;  $\lambda = +5^\circ$ ;  $r = 1 \text{ мм}$ .

Решение. 1. Составляющие силы резания (Н) при точении определяют по справочнику [16], где на с. 271 приведена формула в общем виде:

$$P_{z, y, x} = 10C_{Pz} t^{x_{Pz}} S_0^{y_{Pz}} v^{n_{Pz}} K_{Pz}$$

Эмпирические формулы для определения каждой из составляющих могут быть представлены в следующем виде: главной составляющей силы резания (старое название — тангенциальная сила резания)

$$P_z = 10C_{Pz} t^{x_{Pz}} S_0^{y_{Pz}} v^{n_{Pz}} K_{Pz};$$

радиальной составляющей силы резания

$$P_y = 10C_{Py} t^{x_{Py}} S_0^{y_{Py}} v^{n_{Py}} K_{Py};$$

осевой составляющей силы резания

$$P_x = 10C_{Px} t^{x_{Px}} S_0^{y_{Px}} v^{n_{Px}} K_{Px}.$$

2. Из табл. 22 (с. 273) выписываем значения коэффициентов и показателей степеней формул, возможно более близкие к условиям данного примера, т. е. для наружного продольного точения стали с пределом прочности  $\sigma_B = 750$  МПа резцом из твердого сплава:

$$\begin{array}{llll} C_{Pz} = 300; & x_{Pz} = 1; & y_{Pz} = 0,75; & n_{Pz} = -0,15; \\ C_{Py} = 243; & x_{Py} = 0,9; & y_{Py} = 0,6; & n_{Py} = -0,3; \\ C_{Px} = 339; & x_{Px} = 1; & y_{Px} = 0,5; & n_{Px} = -0,4. \end{array}$$

3. Отличие заданных условий обработки от нормативных должно быть учтено при подсчетах сил резания путем введения соответствующих поправочных коэффициентов. Поправочные коэффициенты на характеристики механических свойств обрабатываемого материала находим в табл. 9 и 10, с. 264—265. В табл. 23 на с. 275 даны поправочные коэффициенты в зависимости от геометрических элементов реза. Приведенные выше значения коэффициентов  $C_P$  и показателей степеней  $x_P$ ,  $y_P$  и  $n_P$  действительны лишь для точения стали с  $\sigma_B = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>) резцом из твердого сплава с углами  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0$ , так как только для этих условий обработки каждый поправочный коэффициент равен единице. Поэтому вводим следующие поправочные коэффициенты для заданных условий обработки:

на характеристику механических свойств обрабатываемой стали с  $\sigma_B = 65$  кгс/мм<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} K_{m_{Pz}} &= \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_{Pz}}; \quad n_{Pz} = 0,75; \quad K_{m_{Pz}} = \left(\frac{65}{75}\right)^{0,75} = \\ &= 0,87^{0,75} = 0,9; \quad K_{m_{Py}} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_{Py}}; \quad n_{Py} = 1,35; \\ K_{m_{Py}} &= \left(\frac{65}{75}\right)^{1,35} = 0,8^{1,35} = 0,83; \quad K_{m_{Px}} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_{Px}}; \\ n_{Px} &= 1; \quad K_{m_{Px}} = \left(\frac{65}{75}\right) = 0,87; \end{aligned}$$

на главный угол в плане  $\varphi = 60^\circ$

$$K_{\varphi_{Pz}} = 0,94; \quad K_{\varphi_{Py}} = 0,77; \quad K_{\varphi_{Px}} = 1,11;$$

на угол наклона режущей кромки  $\lambda = +5^\circ$

$$K_{\lambda_{Pz}} = 1; \quad K_{\lambda_{Py}} = 1,25; \quad K_{\lambda_{Px}} = 0,85.$$

4. Определяем составляющую силу  $P_z$ , имея в виду, что общий поправочный коэффициент  $K_{Pz} = K_{m_{Pz}} K_{\varphi_{Pz}} K_{\lambda_{Pz}}$ :

$$\begin{aligned} P_z &= 10C_{Pz} t^{x_{Pz}} S_0^{y_{Pz}} v^{n_{Pz}} K_{m_{Pz}} K_{\varphi_{Pz}} K_{\lambda_{Pz}} = 10 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 0,6^{0,75} \times \\ &\times 110^{-0,15} \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 = 10 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 0,6^{0,75} \frac{1}{110^{0,15}} 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 0,68 \frac{1}{2,02} 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 = 3417 \text{ Н } (\approx 342 \text{ кгс}). \end{aligned}$$

5. Определяем составляющую силу  $P_y$ :

$$\begin{aligned} P_y &= 10C_{Py} t^{x_{Py}} S_0^{y_{Py}} v^{n_{Py}} K_{m_{Py}} K_{\varphi_{Py}} K_{\lambda_{Py}} = 10 \cdot 243 \cdot 3,48 \cdot 0,74 \times \\ &\times \frac{1}{4,1} 0,83 \cdot 0,77 \cdot 1,25 = 1220 \text{ Н } (\approx 122 \text{ кгс}). \end{aligned}$$

6. Определяем составляющую силу  $P_x$ :

$$\begin{aligned} P_x &= 10C_{Px} t^{x_{Px}} S_0^{y_{Px}} v^{n_{Px}} K_{m_{Px}} K_{\varphi_{Px}} K_{\lambda_{Px}} = 10 \cdot 339 \cdot 4 \cdot 0,6^{0,5} \times \\ &\times 110^{-0,4} \cdot 0,87 \cdot 1,11 \cdot 0,85 = 10 \cdot 339 \cdot 4 \cdot 0,77 \frac{1}{6,55} 0,87 \times \\ &\times 1,11 \cdot 0,85 = 1308 \text{ Н } (\approx 131 \text{ кгс}). \end{aligned}$$

\* Эти показатели степени в используемом справочнике [16] не приводятся. Их определяют по справочнику [18], табл. 21, 22, с. 430.



Пример 12. Для условий примера 11 определить составляющие силы резания  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$  по нормативным таблицам режимов резания [7], не прибегая к эмпирическим формулам теории резания.

Решение. 1. Определяем главную составляющую силы резания  $P_z$  по прил. 5, с. 380 в следующем порядке. По условию примера обрабатываем сталь с  $\sigma_b = 65$  кгс/мм<sup>2</sup>. Поэтому по вертикальному столбцу таблицы « $\sigma_b \leq 65$ » находим подачу, ближайшую большую по отношению к заданной: 0,65 мм/об. Затем вправо от нее по горизонтали находим глубину резания, ближайшую большую по отношению к заданной: 4,9 мм. Следуя от нее по вертикальному столбцу, находим в нижней части таблицы тангенциальную силу резания  $P_{z_{табл}} = 390$  кгс (тангенциальная сила — старое название главной составляющей силы резания  $P_z$ ). Учитываем поправочный коэффициент на силу резания в зависимости от скорости главного движения резания  $K_{vP_z}$ . Для заданной по условию скорости  $v = 110$  м/мин  $K_{vP_z} = 0,95$  (найден интерполированием значений  $K_{vP_z} = 1$  для  $v = 70$  м/мин и  $K_{vP_z} = 0,83$  для  $v = 240$  м/мин).

Тогда  $P_z = P_{z_{табл}} K_{vP_z} = 390 \cdot 0,95 = 370,5$  кгс. В СИ  $P_z \approx 10 \cdot 370,5 = 3705$  Н.

2. Определяем осевую составляющую силы резания  $P_x$  по прил. 7 (с. 382, 383). Для стали  $\sigma_b = 57 \dots 67$  кгс/мм<sup>2</sup>;  $t$  до 4 мм;  $S_0$  до 0,75 мм/об;  $\varphi = 60^\circ$  и  $v \approx 110$  м/мин находим  $P_{x_{табл}} = 145$  кгс. Учитываем поправочные коэффициенты на  $P_x$  (там же):  $K_{\gamma P_x} = 1$ , так как по условию  $\gamma = +10^\circ$ ;  $K_{\lambda P_x} = 0,85$ , так как по условию  $\lambda = +5^\circ$ ;

$$P_x = P_{x_{табл}} K_{\gamma P_x} K_{\lambda P_x} = 145 \cdot 1 \cdot 0,85 = 123 \text{ кгс.}$$

В СИ  $P_x \approx 10 \cdot 123 = 1230$  Н.

В используемых нормативах нет таблицы для определения радиальной составляющей силы резания  $P_y$ , поэтому ее значение не устанавливаем.

Сравнивая значения составляющих силы резания, подсчитанные для заданных условий обработки по эмпирическим формулам теории резания (см. пример 11), и значения этих же сил, найденные упрощенным путем

19. Данные к задаче 10

№ варианта	Материал заготовки	Режим резания			Геометрические элементы реза						
		$t$ , мм	$S_0$ , мм	$v$ , м/мин	$\varphi$	$\Phi_A$	$\alpha$	$\gamma$	$\lambda$	$r_f$ , мм	Форма передней поверхности реза
1	Сталь 20, $\sigma_b = 500$ МПа ( $\approx 50$ кгс/мм <sup>2</sup> )	4	0,7	140	45	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
2	Серый чугун, 160 НВ	5	0,78	60	60	10	8	+5	+10	1	Плоская
3	Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т, 180 НВ	1	0,21	265	90	10	12	+10	0	2	Радиусная с фаской
4	Серый чугун, 220 НВ	1,5	0,26	150	45	10	10	+5	-5	2	Плоская
5	Сталь 38ХА, $\sigma_b = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )	3	0,61	120	60	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
6	Серый чугун, 170 НВ	4,5	0,7	65	90	10	8	+5	0	1	Плоская
7	Сталь 40ХН, $\sigma_b = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	1,5	0,3	240	60	10	12	+10	-5	2	Радиусная с фаской
8	Серый чугун, 210 НВ	1	0,23	180	45	10	10	+5	-5	2	Плоская
9	Сталь Ст5, $\sigma_b = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	3,5	0,52	130	45	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
10	Серый чугун, 180 НВ	4	0,87	75	60	10	8	+5	+10	1	Плоская

(по таблицам нормативов), можно установить, что они различаются незначительно.

**Задача 10.** Определить составляющие силы резания  $P_z, P_y, P_x$  при продольном точении заготовки резцом из твердого сплава с глубиной резания  $t$ , подачей  $S_0$  и скоростью резания  $v$  (табл. 19).

При решении задачи кроме справочника [16] и нормативов [7] можно пользоваться также источниками [10, 12, 18].

**Пример 13.** Определить мощность  $N_{рез}$ , затрачиваемую на резание, и момент сопротивления резанию  $M_{с.р}$  если при продольном точении заготовки диаметром  $D = 70$  мм со скоростью главного движения резания  $v = 140$  м/мин ( $\approx 2,3$  м/с) главная составляющая силы резания  $P_z = 3100$  Н ( $\approx 310$  кгс).

**Решение.** Мощность, затрачиваемая на резание

$$N_{рез} = \frac{P_z v}{60 \cdot 102} = \frac{310 \cdot 140}{60 \cdot 102} = 7,12 \text{ кВт},$$

$$(P_z - \text{в кгс}; v - \text{в м/мин}).$$

Момент сопротивления резанию

$$M_{с.р} = P_z \frac{D}{2} = 310 \frac{70}{2} = 10850 \text{ кгс} \cdot \text{мм}.$$

В единицах СИ

$$N_{рез} = P_z v = 3100 \cdot 2,3 = 7120 \text{ Вт} = 7,12 \text{ кВт}$$

$$(P_z - \text{в Н}; v - \text{в м/с});$$

$$M_{с.р} = P_z \frac{D}{2} = 3100 \frac{70}{2} 10^{-3} = 108,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

20. Данные к задаче 11

№ варианта	D, мм	v		P <sub>z</sub>		№ варианта	D, мм	v		P <sub>z</sub>	
		м/мин	м/с	Н	кгс			м/мин	м/с	Н	кгс
1	140	75	1,25	2750	275	6	70	110	1,83	3200	320
2	160	130	2,16	2200	220	7	220	60	1	4000	400
3	65	180	3	3000	300	8	85	265	4,42	600	60
4	45	240	4	1050	105	9	110	90	1,5	3250	325
5	90	64	1,06	3600	360	10	30	150	2,5	500	50

21. Данные к задаче 12

№ варианта	Материал заготовки	Режим резания				Геометрические элементы реза	
		t, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	v		γ	φ
				м/мин	м/с		
1	Сталь Ст3, σ <sub>B</sub> = 460 МПа (≈46 кгс/мм <sup>2</sup> )	3	0,87	125	2,08	+10	45
2	Серый чугун, 180 НВ	5,5	0,78	70	1,17	+5	90
3	Сталь 40, σ <sub>B</sub> = 650 МПа (≈65 кгс/мм <sup>2</sup> )	4,5	0,7	86	1,43	+10	60
4	Серый чугун, 190 НВ	5	0,87	75	1,25	+5	45
5	Сталь 45X, σ <sub>B</sub> = 750 МПа (≈75 кгс/мм <sup>2</sup> )	3,5	0,7	100	1,67	+10	90
6	Серый чугун, 200 НВ	4,5	0,87	82	1,37	+5	45
7	Сталь 30XН3А, σ <sub>B</sub> = 800 МПа (≈80 кгс/мм <sup>2</sup> )	3	0,61	120	2	-10	60
8	Серый чугун, 170 НВ	4	0,95	92	1,53	+5	90
9	Сталь 35ХМ, σ <sub>B</sub> = 780 МПа (≈78 кгс/мм <sup>2</sup> )	3,8	0,57	105	1,75	+10	45
10	Серый чугун, 220 НВ	3	0,95	70	1,17	+5	60

**Задача 11.** Определить мощность  $N_{рез}$ , затрачиваемую на резание, и момент сопротивления резанию  $M_{с.р}$  если при продольном точении заготовки диаметром  $D$  (мм) со скоростью главного движения резания  $v$  (м/мин) главная составляющая силы резания составила  $P$  (табл. 20).

**Пример 14.** Определить с помощью нормативов режимов резания мощность, затрачиваемую на резание, при обтачивании резцом из твердого сплава заготовки из стали 40X с  $\sigma_B = 700$  МПа ( $\approx 70$  кгс/мм<sup>2</sup>). Режим резания:  $t = 3,8$  мм;  $S_0 = 0,7$  мм/об;  $v = 105$  м/мин ( $\approx 1,75$  м/с). Геометрические элементы реза:  $\phi = 45^\circ$ ;  $\gamma = +10^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $r = 1$  мм. Определить, достаточно ли мощность токарно-винторезного станка 16K20 для работы с указанным режимом резания.

**Решение.** 1. По нормативам [7] определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 7, с. 48). Для



$\sigma_n = 59 \dots 97 \text{ кгс/мм}^2$ ;  $t$  до 4 мм;  $S_0$  до 0,75 мм/об и  $v \approx \approx 105 \text{ м/мин}$  мощность  $N_{\text{табл}} = 7 \text{ кВт}$ .

2. Для заданных геометрических элементов резца поправочный коэффициент на мощность  $K_N = 1$  (там же.) Следовательно,  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 7 \text{ кВт}$ .

3. Резание возможно при  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$ , где  $N_{\text{шп}}$  — мощность на шпинделе станка по приводу.

4. Мощность (кВт)  $N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \eta$ . По паспортным данным станка 16К20 (см. прил. 1 к настоящему сборнику) мощность электродвигателя  $N_{\text{д}} = 10 \text{ кВт}$ , а КПД  $\eta = 0,75$ . Следовательно,  $N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$ . Таким образом, необходимое условие (п. 3) выдержано, т. е. обработка возможна.

**Задача 12.** На токарно-винторезном станке 16К20 заготовка обтачивается резцом из твердого сплава с заданными углами  $\varphi$  и  $\gamma$  при глубине резания  $t$  (мм), подаче  $S_0$  (мм/об) и скорости главного движения резания  $v$  (м/мин) (табл. 21). Определить: 1) с помощью таблиц нормативов мощность, затрачиваемую на резание; 2) достаточна ли мощность станка для работы с заданным режимом резания.

При решении задачи кроме нормативов [7] можно пользоваться справочником [10].

### § 5. СКОРОСТЬ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ РЕЗАНИЯ, ДОПУСКАЕМАЯ РЕЖУЩИМИ СВОЙСТВАМИ РЕЗЦОВ

**Пример 15.** Определить по эмпирической формуле скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца, при продольном точении заготовки из стали 35 с  $\sigma_n = 600 \text{ МПа}$  ( $\approx 60 \text{ кгс/мм}^2$ ). Заготовка — прокат горячекатаный. Резец токарный проходной, оснащенный пластиной из твердого сплава Т14К8; сечение корпуса  $16 \times 25 \text{ мм}$ ;  $t = 2,5 \text{ мм}$ ;  $S_0 = 0,5 \text{ мм/об}$ ; период стойкости резца  $T = 60 \text{ мин}$ . Геометрические элементы резца:  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 10^\circ$ ;  $\gamma = 12^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $r = 1 \text{ мм}$ . Форма передней поверхности — радиусная с отрицательной фаской.

**Решение.** 1. Допускаемая резцом скорость резания (справочник [16], с. 265)

$$v_n = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v}} K_v$$

2. Из табл. 17 (с. 269—270) выписываем значения коэффициента  $C_v$  и показателей степеней  $x_v$ ,  $y_v$  и  $m$  для наружного продольного точения заготовки из конструкционной стали с  $\sigma_n = 750 \text{ МПа}$  при  $S_0 = 0,30 \dots 0,70 \text{ мм/об}$  и марке твердого сплава Т15К6 (с последующим введением поправочного коэффициента, учитывающего применение марку твердого сплава Т14К8):  $C_v = 350$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ ;  $m = 0,2$ .

3. Приведенные значения коэффициента  $C_v$  и показателей степеней действительны лишь для наружного продольного точения резцами, оснащенными пластинами из твердого сплава Т15К6, с углом  $\varphi = 45^\circ$ , при обработке поверхности без корки и  $\sigma_n = 750 \text{ МПа}$  для конструкционной углеродистой стали, так как для этих условий обработки каждый поправочный коэффициент равен единице (табл. 5, 6, 18).

4. Из заданных в примере условий обработки от нормативных отличаются  $\sigma_n = 600 \text{ МПа}$ , состояние поверхности заготовки (прокат с коркой), марка твердого сплава (Т14К8) и угол  $\varphi$  ( $60^\circ$ ). Вводим поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания, учитывающие измененные условия обработки.

Поправочный коэффициент  $K_{m_v}$ , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала (табл. 1, с. 261):  $K_{m_v} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_n} \right)^{n_v}$ . Коэффициент  $K_r$  характеризует группу стали по обрабатываемости. Для углеродистой стали с  $\sigma_n = 600 \text{ МПа}$   $K_r = 1$  (табл. 2, с. 262). Находим показатель степени  $n_v$  для резца с пластиной из твердого сплава:  $n_v = 1$ .  $K_{m_v} = 1 \left( \frac{750}{600} \right) = 1,25$ .

Поправочный коэффициент  $K_{p_v}$ , учитывающий влияние состояния поверхности заготовки. Для заготовки из проката  $K_{p_v} = 0,9$  (табл. 5, с. 263).

Находим поправочный коэффициент  $K_{n_v}$ , учитывающий влияние инструментального материала. Для твердого сплава Т14К8 при обработке конструкционной стали  $K_{n_v} = 0,8$ .

Определяем поправочный коэффициент  $K_{\varphi_v}$ , учитывающий влияние главного угла в плане  $\varphi$  (табл. 18, с. 271). Для  $\varphi = 60^\circ$   $K_{\varphi_v} = 0,9$  (остальные поправочные коэффициенты, приведенные в этой таблице, в том числе



и  $K_{\varphi_2}$ , учитываются только для резцов из быстрорежущей стали).

5. Таким образом, для заданных условий течения скорость главного движения резания, допускаемая резцом:

$$v_n = \frac{C_v}{T^m l^{k_v} S_0^{h_v}} K_{m_v} K_{n_v} K_{n_0} K_{\varphi_2}$$

Подставив значения коэффициентов и показателей степеней, получим

$$v_n = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,34}} \cdot 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 =$$

$$= \frac{350}{2,27 \cdot 1,15 \cdot 0,78} \cdot 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 139 \text{ м/мин } (\approx 2,32 \text{ м/с}).$$

Пример 16. Для условий примера 15 по нормативным данным определить скорость главного движения резания, допускаемую резцом.

Решение. 1. Находим в нормативах [7] скорость резания при тчении конструкционной стали резцами с пластинами из твердого сплава Т15К6 (карта 6, лист 2, с. 46—47).

2. Для  $\sigma_n = 56 \dots 62 \text{ кгс/мм}^2$ ;  $l$  до 3 мм;  $S_0$  до 0,54 мм/об; при наружном продольном тчении резцом с углом  $\varphi = 60^\circ$  табличное значение скорости главного движения резания  $v_{\text{табл}} = 167 \text{ м/мин}$ .

3. Учитываем поправочные коэффициенты (карта 6, с. 47):  $K_{n_0} = 0,8$ , так как твердый сплав — Т14К8.

Поправочный коэффициент  $K_{n_0}$ , учитывающий состояние поверхности заготовки, не вводим, так как в используемой карте нормативов он не предусмотрен для проката с коркой.

4. Скорость главного движения резания, допускаемая режущими свойствами резца,  $v_n = v_{\text{табл}} K_{n_0} = 167 \times 0,8 = 133,6 \text{ м/мин } (\approx 2,23 \text{ м/с})$ .

Таким образом, значения этой скорости, определенные по эмпирической формуле (см. пример 15) и упрощенным путем (по карте нормативов), различаются незначительно.

Задача 13. Определить скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца, при наружном продольном тчении для заданных условий обработки (табл. 22).

Задача 14. Определить скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца, при

22. Данные к задаче 13

№ вари-анта	Материал заготовки	Заготовка	$l$ , мм	$S_0$ , мм/об	$T$ , мин	Марка ин-струмен-тального материала	Сечение державки резца, мм	Форма передней поверхности	Геометриче-ские эле-менты резца*		
									$\varphi$	$r$ , мм	
1	Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т, 141НВ	Поковка, предва-рительно обрабо-танная	1,5	0,34	60	ВК8	16Х25	Радиусная с фаской	45	10	2
2	Серый чугун, 160 НВ	Отливка с коркой	4	0,84	45	ВК8	20Х30	Плоская	60	10	1
3	Сталь 20, $\sigma_B = 500 \text{ МПа}$ ( $\approx 50 \text{ кгс/мм}^2$ )	Прокат, предва-рительно обрабо-танный	3	0,52	90	Т15К6	16Х25	Радиусная с фаской	90	10	1,5
4	Серый чугун, 180 НВ	Отливка без корки	1,5	0,28	60	ВК6	12Х20	Плоская	45	10	1
5	Бронза 120 НВ	Отливка с кор-кой	3,5	0,61	60	Р18	16Х25	»	60	15	1
6	Сталь 40Х, $\sigma_B = 700 \text{ МПа}$ ( $\approx 70 \text{ кгс/мм}^2$ )	Поковка	3	0,57	45	Т5К10	25Х25	Радиусная с фаской	90	10	1
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка с коркой	5	0,75	90	ВК8	20Х30	Плоская	60	10	1
8	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$ ( $\approx 75 \text{ кгс/мм}^2$ )	Штампованная, предварительно обработанная	0,75	0,17	60	Т30К4	16Х25	Радиусная с фаской	45	10	2
9	Латунь ЛМцОС 58-2-2-2 90 НВ	Отливка без кор-ки	1	0,25	90	Р18	12Х20	Плоская	45	15	1
10	Серый чугун, 220 НВ	То же	1	0,23	60	ВК3	16Х25	»	60	10	2

\* Для определения допускаемой резцом скорости резания по используемым нормативам другие геометрические элементы резца не требуются.



№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	D		t	S <sub>н</sub> , мм/об	T, мин	Марка и тип стружки материала	Сечение державки реза	Форма передней поверхности	Геометрические элементы реза		
			D	d							φ	φ <sub>1</sub>	r, мм
1	Сталь Ст5, σ <sub>B</sub> = 600 МПа (≈ 60 кгс/мм <sup>2</sup> ) Серый чугун, 170 НВ	Поковка	55	3,5		0,26	60	T14K8	20×20	Радиусная с фаской	90	30	1
2		Отливка без корки Предварительно обработанная поковка	120	1,5		0,28	45	BK6	30×30	Плоская	45	20	1,5
3	Сталь 35, σ <sub>B</sub> = 600 МПа (≈ 60 кгс/мм <sup>2</sup> )	Отливка с коркой	80	0,75		0,21	60	T15K6	25×25	Радиусная с фаской	60	15	2
4	Серый чугун, 190 НВ	Отливка без корки	100	4		0,35	90	BK8	30×30	Плоская	75	30	1
5	Легунь ЛК 80-3, 110 НВ	Отливка без корки	75	1		0,23	60	P18	25×25	»	45	15	1
6	Сталь 38XA, σ <sub>B</sub> = 680 МПа (≈ 68 кгс/мм <sup>2</sup> ) Серый чугун, 210 НВ	Предварительно обработанная штамповка	60	0,5		0,15	60	T30K4	20×20	Радиусная с фаской	45	15	2
7		Отливка с коркой	95	3,5		0,34	45	BK8	25×25	Плоская	75	30	1
8	Сталь 40XH, σ <sub>B</sub> = 700 МПа (≈ 70 кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	45	3		0,3	90	T5K10	16×16	Радиусная с фаской	60	30	1
9	Бронза Бр.АЖН 11-6-6, 180 НВ	Отливка с коркой	150	4		0,4	60	P18	30×30	Плоская	75	30	1
10	Серый чугун, 215 НВ	Отливка без корки	65	1		0,23	90	BK3M	25×25	»	45	15	1,5

24. Данные к задаче 15

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	D		d	t	S <sub>н</sub> , мм/об	T, мин	Марка и тип материала	Тип и сечение державки реза, мм	Форма передней поверхности	Геометрические элементы реза		
			D	d								φ	φ <sub>1</sub>	r, мм
1	Сталь нержавеющей 40X13, 200 НВ	Прокат	60	0	1		0,26	60	BK6M	Проходной прямой левый, 16×25	Радиусная с фаской	45	10	2
2	Серый чугун, 175 НВ	Отливка с коркой	95	70	4		0,7	45	BK8	Подрезной торцовый, 20×30	Плоская	75	20	1,5
3	Сталь 40X, σ <sub>B</sub> = 700 МПа (≈ 70 кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	80	0	3		0,52	90	T14K8	Проходной, отогнутый, 25×25	Радиусная с фаской	45	45	1,5
4	Серый чугун, 200 НВ	Отливка без корки	170	110	1,5		0,3	60	BK6	Подрезной торцовый, 16×25	Плоская	75	20	1
5	Сталь 30Л, σ <sub>B</sub> = 500 МПа (≈ 50 кгс/мм <sup>2</sup> )	Отливка с коркой	110	40	4		0,47	45	T5K10	Подрезной торцовый, 25×25	Радиусная с фаской	90	20	1,5

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	мм			$S_{\text{ср}}$ мм/об	$T$ , мин	Марка инстру- ментального материала	Тип и сечение державки рез- ца, мм	Форма передней поверх- ности	Геометри- ческие эле- менты резца		
			$D$	$d$	$l$						$\varphi$	$\varphi_1$	$r$ , мм
6	Бронза 70 НВ	Бр.ОЦ 4-3, без корки	135	105	1	0,21	60	Р18	Прходной прямой ле- вый, 12X20	Плоская	45	10	1
7	Серый чугун, 220 НВ	Отливка с коркой	140	65	3,5	0,6	90	ВК8	Прходной отогнутый, 25X25	»	45	45	1
8	Сталь 45ХН, $\sigma_B =$ $= 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампо- ванная, предвари- тельно обрабо- танная	160	70	0,75	0,17	60	Т30К4	Прходной прямой ле- вый, 16X25	Радиус- ная с фаской	45	10	2
9	Латунь 90 НВ	Отливка с коркой	120	90	3	0,57	60	Р18	Подрезной торцовый, 20X30	Плоская	75	20	1
10	Серый чугун, 160 НВ	Отливка без корки	70	40	1	0,23	90	ВК3	Прходной прямой ле- вый, 16X25	»	45	10	2

растачивании отверстия диаметром  $D$  для заданных усло-  
вий обработки (табл. 23).

**Задача 15.** Определить скорость главного движения  
резания, допускаемую режущими свойствами резца, при  
подрезке торца диаметром  $D$  до диаметра  $d$  для заданных  
условий обработки. Направление подачи — от периферии  
к центру (табл. 24).

При решении задач 13—15 кроме справочника [16]  
и нормативов [7] можно пользоваться источниками [2, 10,  
12, 18].

### § 6. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

**Пример 17.** На токарно-винторезном станке  
16К20 производится черновое обтачивание напроход шей-  
ки вала  $D = 68$  мм до  $d = 62h12_{(-0,30)}$  мм. Длина обрабаты-  
ваемой поверхности  $l = 280$  мм; длина вала  $l_1 = 430$  мм.  
Заготовка — поковка из стали 40Х с  $\sigma_B = 700$  МПа  
( $\approx 70$  кгс/мм<sup>2</sup>). Способ крепления заготовки — в центрах  
и поводковом патроне. Система станок—приспособление—  
инструмент—заготовка недостаточно жесткая. Параметр  
шероховатости поверхности  $Rz = 80$  мкм. Эскиз обра-  
ботки приведен на рис. 19, а.

Необходимо: выбрать режущий инструмент; назна-  
чить режим резания (с использованием таблиц нормати-  
вов); определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). 1. Выбираем резец  
и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем  
токарный проходной резец прямой правый. Материал ра-  
бочей части — пластины — твердый сплав Т5К10 (прил. 1,  
с. 352); материал корпуса резца — сталь 45. Выбираем  
размеры поперечного сечения корпуса резца. У станка

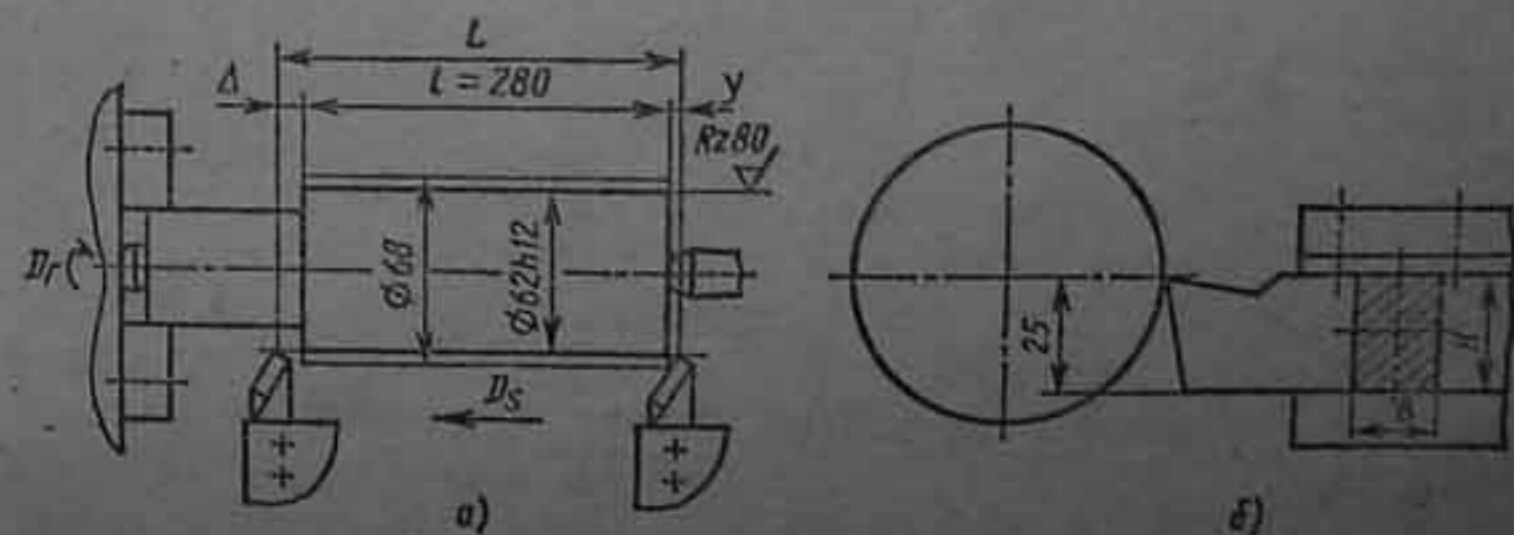


Рис. 19. Эскизы обработки к примеру 17 (а) и установки резца (б)



16К20 расстояние от опорной плоскости резца в резцедержателе до линии центров 25 мм (см. рис. 19, б). Поэтому для установки резца на станке вершиной по центру принимается высота его корпуса  $H = 25$  мм. Размеру  $H$  соответствует по стандарту размер ширины корпуса  $B = 16$  мм, т. е. принимаем  $B \times H = 16 \times 25$ . Длину проходного резца выбирают 100—250 мм, она зависит в основном от размеров резцедержателя станка и типа резца; принимаем 150 мм.

Геометрические элементы резца выбираем по прил. 2 (с. 355—356);  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\gamma_f = -5^\circ$ ;  $f = 0,6$  мм;  $R = 6$  мм;  $B = 2,5$  мм. Форма передней поверхности — радиусная с фаской.

Из-за отсутствия в нормативах [7] рекомендаций по выбору остальных геометрических элементов принимаем их по справочнику [18]:  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\lambda = 0$  (табл. 30, с. 188);  $\varphi_1 = 15^\circ$  (табл. 31, с. 190);  $r = 1$  мм (табл. 32, с. 190 и табл. 4, примеч. 3, с. 420).

II. Назначаем режим резания {по нормативам [7]}.

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск на обработку удаляем за один рабочий ход (в данном случае это возможно, так как припуск относительно невелик). Глубина резания (равная припуску на сторону)

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{68-62}{2} = 3 \text{ мм.}$$

2. Назначаем подачу (по карте 1, с. 36). Для обработки заготовки диаметром до 100 мм из конструкционной стали резцом сечением  $16 \times 25$  мм, при глубине резания до 3 мм рекомендуется подача  $S_0 = 0,6 \dots 0,9$  мм/об. Проверяем эту подачу по лимитирующим факторам.

Находим максимальное значение подачи, допускаемой заданным параметром шероховатости поверхности (по карте 3, с. 39). В этой карте приведены подачи лишь для бывших 4—6-го классов шероховатости поверхности, а  $Rz = 80$  мкм соответствует бывшему 3-му классу шероховатости. По нормативным данным, для получения  $Rz = 80$  мкм при обработке стали и чугуна, угле  $\varphi_1 = 15^\circ$  и радиусе  $r$  до 1,5 мм рекомендуется  $S_0 = 0,7 \dots 0,9$  мм/об.

Находим максимальную подачу, допускаемую прочностью державки резца (по прил. 9, с. 385): для стали с  $\sigma_B = 60 \dots 92$  кгс/мм<sup>2</sup>;  $t$  до 3,5 мм и сечения резца  $16 \times 25$  мм  $S_{0\text{доп}} = 2$  мм/об. Принимаем, что резец установлен в резцедержателе с нормативным вылетом  $l = 1,5H$

( $H$  — высота державки резца). В этом случае поправочный коэффициент на подачу  $K_s = 1$  (там же).

Находим максимальную подачу, допускаемую прочностью пластины из твердого сплава (прил. 10, с. 387).

Эта подача зависит от ряда факторов, в том числе от толщины пластины из твердого сплава. Для резца сечением  $16 \times 25$  мм применяют пластины толщиной  $s = 4 \dots 5$  мм, принимаем  $s = 4$  мм. Для стали с  $\sigma_B = 65 \dots 87$  кгс/мм<sup>2</sup>, угла  $\varphi = 60^\circ$ ,  $t$  до 4 мм и  $s = 4$  мм  $S_{0\text{доп}} = 1,1$  мм/об.

Находим максимальную подачу, допускаемую жесткостью заготовки (по прил. 12, с. 392). Для стали с  $\sigma_B = 69 \dots 82$  кгс/мм<sup>2</sup>, поля допуска по  $h12$  (бывшего 5-го класса точности обработки),  $t$  до 3,8 мм и диаметра заготовки  $D = 60$  мм \*  $S_{0\text{доп}} = 2,6$  мм/об. Учитываем поправочные коэффициенты.

При отношении длины заготовки к диаметру обработанной поверхности

$$\frac{l_1}{D} = \frac{430}{62} \approx 7; \quad K_{L_s} = 4,9.$$

При  $\varphi = 60^\circ$   $K_{\varphi_s} = 1,41$ . Остальные поправочные коэффициенты на подачу для заданных условий обработки равны единице, так как обрабатывается поверхность с допуском по  $h12$  (старое обозначение  $C_6$ ) и установка заготовки — в центрах.

Тогда  $S_{0\text{доп}} = 2,6 K_{L_s} K_{\varphi_s} = 2,6 \cdot 4,9 \cdot 1,41 = 17,9$  мм/об.

Таким образом, для заданных условий работы подача лимитируется параметром шероховатости обработанной поверхности  $Rz = 80$  мкм, так как  $S_0 = 0,7 \dots 0,9$  мм/об оказалась наименьшей из всех допустимых подач.

Полученную подачу окончательно проверяем по осевой составляющей силы резания, допускаемой прочностью механизма подачи станка  $P_{x\text{доп}}$ . У станка 16К20  $P_{x\text{доп}} = 600$  кгс. При заданных условиях работы и подаче  $S_0 = 0,7 \dots 0,9$  мм/об (прил. 7, с. 382—383) для стали с  $\sigma_B = 68 \dots 81$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 3,4 мм,  $S_0$  до 1,8 мм/об, угла  $\varphi = 60^\circ$  при работе в диапазоне скоростей главного движения резания 65—155 м/мин (т. е. в диапазоне, приме-

\* При других условиях обработки может оказаться, что в графе «Подача» стоит прочерк (например, при точении стали с  $\sigma_B = 55 \dots 68$  кгс/мм<sup>2</sup> по 5-му классу точности ( $h12$ ),  $t$  до 5,4 мм,  $D$  до 80 мм). Это означает, что жесткость заготовки практически не лимитирует подачу.



няемом для предварительного точения конструкционной стали резцами из сплава Т5К10) сила  $P_x = 205 \dots 145$  кгс. Для заданных условий обработки ( $\gamma = +12^\circ$ ,  $\lambda = 0$ ) поправочные коэффициенты на силу  $P_x$  равны единице (там же). Так как  $P_x < P_{x\text{доп}}$  ( $205 < 600$ ), то  $S_0 = 0,7 \dots 0,9$  мм/об не лимитируется прочностью механизма подачи станка. Таким образом, принятая  $S_0 = 0,7 \dots 0,9$  мм/об является для заданных условий обработки максимальной технологически допустимой. Принимаем среднее значение  $S_0 = 0,8$  мм/об.

Корректируем подачу по паспортным данным станка:  $S_0 = 0,8$  мм/об (см. прил. 1 к данному сборнику).

3. Назначаем период стойкости резца  $T = 60$  мин (см. таблицу на с. 31 нормативов, где для  $T = 60$  мин поправочный коэффициент на скорость резания равен единице). Допустимый износ резца из твердого сплава по задней поверхности (прил. 3, с. 370) для черновой обработки углеродистой и легированной стали  $h_b = 1 \dots 1,4$  мм.

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую резцом (по карте 6, с. 44—45). Для  $\sigma_B = 63 \dots 70$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 4 мм,  $S_0$  до 0,97 мм/об и  $\varphi = 60^\circ$  при наружном продольном точении  $v_{\text{табл}} = 73$  м/мин. Приведенный в карте поправочный коэффициент  $K_{\text{по}}$  для заданных условий обработки не учитываем, так как он не предусмотрен для поковки. Следовательно,  $v_n = v_{\text{табл}} = 73$  м/мин ( $\approx 1,21$  м/с).

5. Определяем частоту вращения шпинделя, соответствующую найденной скорости  $v_n$ :

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 73}{3,14 \cdot 68} = 342 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение частоты вращения:  $n_d = 315$  мин<sup>-1</sup> (см. прил. 1 к данному сборнику).

6. Определяем действительную скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 315}{1000} = 67 \text{ м/мин } (\approx 1,12 \text{ м/с}).$$

7. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (по карте 7, с. 48). Для  $\sigma_B = 59 \dots 97$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 3,4 мм,  $S_0$  до 0,96 мм/об и  $v \approx 67$  м/мин  $N_{\text{табл}} = 4,9$  кВт. Для

заданных условий обработки приведенный в карте поправочный коэффициент на мощность  $K_N = 1$ . Следовательно,  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 4,9$  кВт.

8. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Необходимо, чтобы  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$ . Мощность на шпинделе станка по приводу  $N_{\text{шп}} = N_{\text{д}}$ . У станка 16К20  $N_{\text{д}} = 10$  кВт;  $\eta = 0,75$ ;  $N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5$  кВт. Следовательно,  $N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$  ( $4,9 < 7,5$ ), т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{Li}{nS_0},$$

где  $i$  — число рабочих ходов.

Длина рабочего хода резца  $L = l + y + \Delta$  мм. Врезание резца  $y = t \operatorname{ctg} \varphi = 3 \operatorname{ctg} 60^\circ = 3 \cdot 0,58 \approx 1,7$  мм. Перебег резца  $\Delta = 1 \dots 3$  мм; принимаем  $\Delta = 2$  мм. Тогда  $L = 280 + 1,7 + 2 = 283,7$  мм;  $i = 1$ ;

$$T_0 = \frac{283,7 \cdot 1}{315 \cdot 0,8} = 1,13 \text{ мин.}$$

Пример 18. На токарно-винторезном станке 16К20 подрезается торец втулки диаметром  $D = 120$  мм до диаметра  $d = 80$  мм. Припуск на обработку (на сторону)  $h = 2$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Rz = 20$  мкм. Материал заготовки — серый чугун СЧ 20 твердостью 210 НВ. Обрабатываемая поверхность без литейной корки. Система станок — приспособление — инструмент — заготовка жесткая. Эскиз обработки показан на рис. 20. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания (допускаемую резцом скорость главного движения резания  $v_n$  и мощность  $N_{\text{рез}}$ , затрачиваемую на резание, подсчитать по формулам); определить основное время.

Решение (по справочнику [16]).  
I. Выбираем резец и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем токарный проходной резец отогнутый правый. Материал рабочей части — пластины — твер-

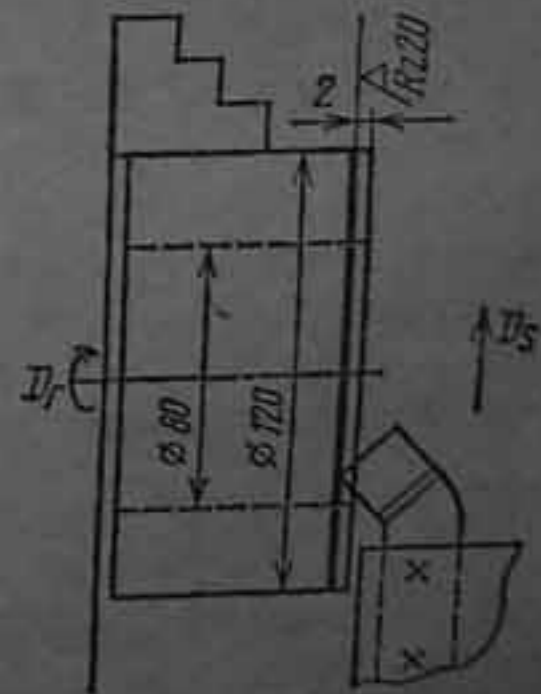


Рис. 20. Эскиз обработки к примеру 18



дый сплав ВК6 (табл. 3, с. 116); материал корпуса резца — сталь 45; сечение корпуса резца  $16 \times 25$  мм; длина резца 150 мм.

Из-за отсутствия рекомендаций по выбору геометрических элементов резца в используемом справочнике принимаем их по справочнику [18]: форма передней поверхности — плоская с фаской, типа П6 (табл. 29, с. 187);  $\psi = 12^\circ$ ;  $\gamma_\phi = -3^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$  (табл. 30, с. 188);  $\phi = 45^\circ$ ;  $\phi_1 = 45^\circ$  (табл. 31, с. 190);  $r = 1$  мм (табл. 32, с. 190 и табл. 4, примеч. 3, с. 420).

II. Назначаем режим резания (по справочнику [16]).

1. Устанавливаем глубину резания. При снятии припуска на один проход  $t = h = 2$  мм.

2. Назначаем подачу (по табл. 14, с. 268).

Для параметра шероховатости поверхности  $Rz = 20$  мкм при обработке чугуна резцом с  $r = 1$  мм рекомендуется  $S_0 = 0,33$  мм/об (для  $r = 0,8$  мм) и  $S_0 = 0,42$  мм/об (для  $r = 1,2$  мм).

Принимаем для  $r = 1$  мм среднее значение  $S_0 = 0,38$  мм/об и, корректируя по паспорту станка, устанавливаем  $S_0 = 0,35$  мм/об.\*

3. Назначаем период стойкости резца. При одноинструментной обработке  $T = 30 \dots 60$  мин (с. 268). Принимаем  $T = 60$  мин.

4. Определяем скорость главного движения резания (м/мин), допускаемую режущими свойствами резца (с. 265):

$$v_n = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v}} K_v$$

Из табл. 17 (с. 270) выписываем коэффициент и показатели степеней формулы: для наружного продольного точения серого чугуна с НВ 190 при  $S_0 \leq 0,4$  резцом с пластиной из твердого сплава ВК6 (с последующим учетом поправочных коэффициентов)  $C_v = 292$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,2$ ;  $m = 0,2$ .

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость:

$$K_{HВ} = \left(\frac{190}{HВ}\right)^{n_v} \text{ (табл. 1, с. 261); } n_v = 1,25 \text{ (табл. 2, с. 262);}$$

$$K_{HВ} = \left(\frac{190}{210}\right)^{1,25} = 0,9^{1,25} = 0,88;$$

\* Проверку подачи по лимитирующим факторам (см. пример 17) при окончательной обработке не выполняют.

$K_{H\phi} = 1,0$  (табл. 5, с. 263), так как заготовка без литейной корки;  $K_{H\psi} = 1,0$  (табл. 6, с. 363), так как твердый сплав ВК6;  $K_{\phi\psi} = 1,0$  (табл. 18, с. 271), так как  $\phi = 45^\circ$ .

В данном справочнике не приведен поправочный коэффициент на скорость  $v_n$ , учитывающий вид токарной обработки —  $K_{ov}$ , т. е. наружное продольное точение, поперечное точение или растачивание. Нами используется формула для наружного продольного точения, а по условию примера точение поперечное, поэтому нужно ввести поправочный коэффициент  $K_{ov}$ . В справочнике [18] в табл. 17 (с. 427) приведены значения этих коэффициентов в зависимости от  $\frac{d}{D}$  при поперечном точении. При  $\frac{d}{D} = 0 \dots 0,4$   $K_{ov} = 1,24$ ; при  $\frac{d}{D} = 0,5 \dots 0,7$   $K_{ov} = 1,18$ ; при  $\frac{d}{D} = 0,8 \dots 1$   $K_{ov} = 1,04$ . Для заданных условий  $\frac{d}{D} = \frac{80}{120} = 0,67$ , поэтому  $K_{ov} = 1,18$ .

С учетом всех найденных поправочных коэффициентов

$$v_n = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v}} K_{MВ} K_{HВ} K_{H\phi} K_{\phi\psi} K_{ov} =$$

$$= \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,35^{0,2}} \cdot 0,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \text{ м/мин.}$$

$$v_n = \frac{292}{2,27 \cdot 1,11 \cdot 0,8} \cdot 0,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,18 =$$

$$= 151 \text{ м/мин } (\approx 2,52 \text{ м/с}).$$

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000 v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 151}{3,14 \cdot 120} = 402 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_n = 400 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания



$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 400}{1000} = 150,7 \text{ м/мин } (\approx 2,51 \text{ м/с}).$$

7. Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z v_d}{60 \cdot 10^2} \text{ кВт},$$

где  $P_z$  — в кгс, а  $v_d$  — в м/мин,

$$P_z = 9,81 C_{P_z} t^{x_{P_z}} S_0^{y_{P_z}} v^{n_{P_z}} K_{P_z} \text{ Н (с. 271)}.$$

Для заданных условий обработки  $C_{P_z} = 92$ ;  $x_{P_z} = 1$ ;  $y_{P_z} = 0,75$ ;  $n_{P_z} = 0$  (табл. 22, с. 274).

Учитываем поправочные коэффициенты на силу резания:

$K_{m_{P_z}} = \left(\frac{\text{НВ}}{190}\right)^{n_P}$  (табл. 9, с. 264); 210 НВ (по условию);  $n_P = 0,4$  (табл. 9, с. 264);  $K_{m_{P_z}} = \left(\frac{210}{190}\right)^{0,4} = 1,1^{0,4} = 1,04$ ;  $K_{\varphi_{P_z}} = 1,0$  (табл. 23, с. 275), так как  $\varphi = 45^\circ$ ;  $K_{\gamma_{P_z}} = 1,0$  (там же), так как  $\gamma = 12^\circ$  (принимается по графе « $\gamma = 10^\circ$ »);  $K_{\lambda_{P_z}} = 1,0$  (там же), так как  $\lambda = 0^\circ$ ;

$$P_z = 9,81 C_{P_z} t^{x_{P_z}} S_0^{y_{P_z}} v^{n_{P_z}} K_{m_{P_z}} K_{\varphi_{P_z}} K_{\gamma_{P_z}} K_{\lambda_{P_z}} =$$

$$= 9,81 \cdot 92 \cdot 2,0^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 150,7^0 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 =$$

$$= 9,81 \cdot 92 \cdot 2 \cdot 0,455 \cdot 1,04 = 854 \text{ Н } (\approx 87 \text{ кгс}).$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{87 \cdot 150,7}{60 \cdot 10^2} = 2,14 \text{ кВт. В единицах СИ (Вт) } N_{\text{рез}} =$$

$= P_z v_d$ , где  $P_z$  — в Н, а  $v_d$  — в м/с;

$$N_{\text{рез}} = 854 \cdot 2,51 = 2143 \text{ Вт} = 2,14 \text{ кВт}.$$

8. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 16К20  $N_{\text{мп}} = N_d \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$ ;  $N_{\text{рез}} \ll N_{\text{мп}}$ ;  $2,14 < 7,5$ , т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{Ll}{nS_0}.$$

Длина рабочего хода (мм) резца  $L = \frac{D-d}{2} + y + \Delta$ .

Врезание  $y = t \text{ctg } \varphi =$   
 $= 2 \text{ctg } 45^\circ = 2 \text{ мм}$ . Период принимаем равным 2 мм;  $i = 1$ ;

$$L = \frac{120 - 80}{2} + 2 + 2 =$$

$$= 24 \text{ мм}; \quad T_0 =$$

$$= \frac{24 \cdot 1}{400 \cdot 0,35} = 0,17 \text{ мин}.$$

Пример 19. На токарно-винторезном станке 16Б16П растачивают сквозное отверстие диаметром  $d = 53 \text{ мм}$  до диаметра  $D = 55 \text{H}9^{+0,074} \text{ мм}$ , длиной  $l = 85 \text{ мм}$ . Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 1,6 \text{ мкм}$ . Материал заготовки — сталь 35,  $\sigma_B = 560 \text{ МПа}$  ( $\approx 56 \text{ кгс/мм}^2$ ). Заготовка штампованная с предварительно обработанной поверхностью. Система станок — приспособление — инструмент — заготовка недостаточно жесткая. Эскиз обработки приведен на рис. 21. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания (с использованием таблиц нормативов); определить основное время.

Решение (по нормативам [7]). 1. Выбираем резец и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем токарный расточный резец для обработки сквозных отверстий. Материал рабочей части — пластины — твердый сплав Т30К4, так как осуществляется окончательная обработка при непрерывном резании с малым припуском (прил. 1, с. 353); материал корпуса резца — сталь 45; поперечное сечение корпуса резца  $25 \times 25$ ; длина резца 200 мм. Геометрические элементы выбираем по прил. 2, с. 355—356: форма передней поверхности — радиусная с фаской;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\gamma_f = -5^\circ$ ;  $f = 0,25 \text{ мм}$ ;  $R = 4 \text{ мм}$ ;  $B = 2 \text{ мм}$ . По карте 3, в. 39 (см. примеч.) находим  $r = 1 \text{ мм}$ . Из-за отсутствия в нормативах [7] рекомендаций по выбору остальных геометрических элементов принимаем их по справочнику [18]:

$\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$  (табл. 30, с. 188);  $\varphi_1 = 20^\circ$  (табл. 31, с. 190).

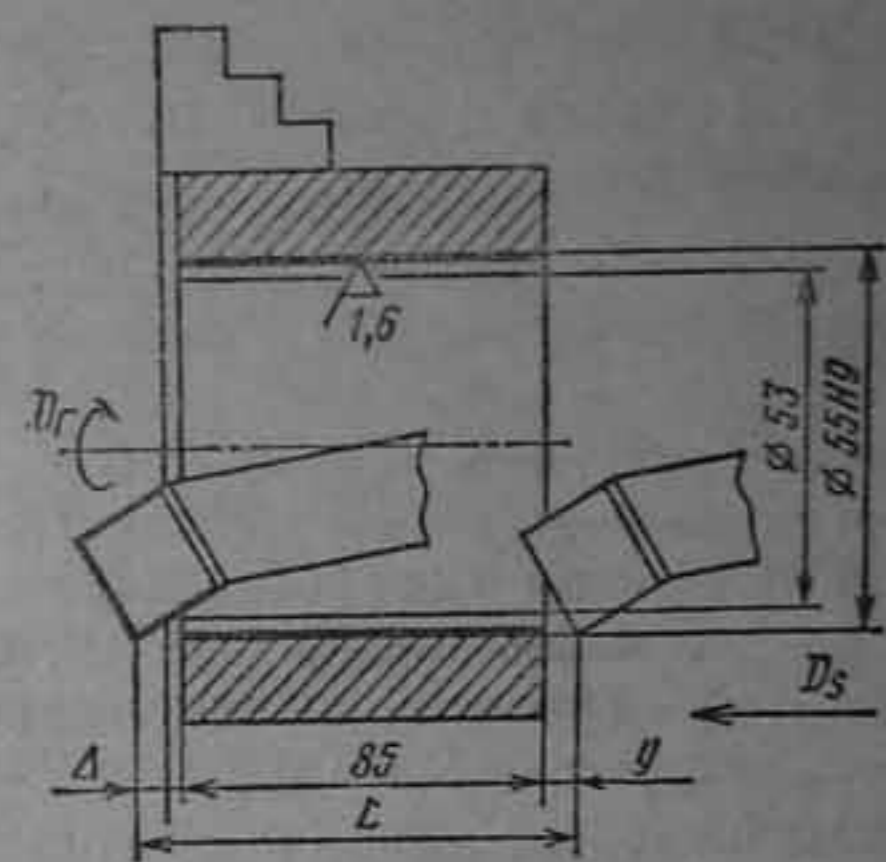


Рис. 21. Эскиз обработки к примеру 19



II. Назначаем режим резания (по нормативам [7]).

1. Глубина резания при снятии припуска за один рабочий ход

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{55-53}{2} = 1 \text{ мм.}$$

2. Назначаем подачу (по карте 3, с. 39). Для параметра шероховатости  $Ra = 1,6$  мкм (старое обозначение  $\nabla 6$ ) при обработке стали твердосплавным резцом с радиусом вершины  $r = 1$  мм, если принять для окончательной обработки предположительно  $v > 100$  м/мин, рекомендуется  $S_0 = 0,2 \dots 0,25$  мм/об. Для заданных условий обработки приведенный в карте поправочный коэффициент на подачу не учитывается (вводится лишь при обработке жаропрочных сталей и сплавов).

Корректируем подачу по данным станка:  $S_0 = 0,25$  мм/об.\*

3. Назначаем период стойкости резца  $T = 60$  мин (см. таблицу на с. 31, где для  $T = 60$  мин поправочный коэффициент на скорость  $K_{T_v} = 1$ ).

4. Определяем скорость главного движения резания (м/мин), допускаемую режущими свойствами резца (по карте 6, с. 46—47). Для  $\sigma_v = 56 \dots 62$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 1,4 мм,  $S_0$  до 0,25 мм/об и угла  $\varphi = 60^\circ$  при растачивании  $v_{\text{табл}} = 218$  м/мин. Учитываем поправочные коэффициенты на скорость (там же):  $K_{v_\sigma} = 1,4$ , так как используется твердый сплав ТЗ0К4;  $K_{v_v} = 1$ , так как поверхность заготовки без корки;

$$v_n = v_{\text{табл}} K_{v_\sigma} K_{v_v} = 218 \cdot 1,4 \cdot 1 = 305 \text{ м/мин } (\approx 5,1 \text{ м/с}).$$

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000 v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 305}{3,14 \cdot 55} = 1766 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_d = 1600$  мин<sup>-1</sup>.

\* Проверку подачи по лимитирующим факторам (см. пример 17) при окончательной обработке не выполняем.

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 1600}{1000} = 276,5 \text{ м/мин } (\approx 4,6 \text{ м/с}).$$

7. Определяем мощность (кВт), затрачиваемую на резание (по карте 7, с. 48). Для  $\sigma_v < 58$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 2 мм,  $S_0$  до 0,25 мм/об и  $v \approx 276,5$  м/мин  $N_{\text{табл}} = 2,7$  кВт (найденно интерполированием значений  $N_{\text{табл}} = 2,4$  кВт при  $v = 245$  м/мин и  $N_{\text{табл}} = 2,9$  кВт при  $v = 300$  м/мин). Для заданных условий обработки приведенный в карте поправочный коэффициент на мощность  $K_N = 1$ , так как у принятого резца  $\gamma = +15^\circ$  (см. по графе карты « $\gamma = +10^\circ$ ») и  $\varphi = 60^\circ$ . Следовательно,  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} K_N = 2,7 \cdot 1 = 2,7$  кВт.

8. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 16Б16П  $N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \eta = 6,3 \cdot 0,7 = 4,4$  кВт. Необходимо, чтобы  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$ ;  $2,7 < 4,4$ , т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{Ll}{nS_0},$$

где  $i = 1$ . Длина рабочего хода резца  $L = l + y + \Delta$  мм. Врезание  $y = t \operatorname{ctg} \varphi = 1 \operatorname{ctg} 60^\circ = 1 \cdot 0,58 \approx 0,6$ .

Перебег принимаем равным 2 мм;  $L = 85 + 0,6 + 2 = 87,6$  мм;

$$T_0 = \frac{87,6 \cdot 1}{1600 \cdot 0,25} = 0,22 \text{ мин.}$$

Пример 20. На токарно-винторезном станке 16К20 производится обточка напроход шейки вала  $D = 66$  мм до  $d = 60$  мм на длине  $l = 300$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 6,3$  мкм. Заготовка — поковка, материал — сталь 40Х,  $\sigma_v = 720$  МПа ( $\approx 72$  кгс/мм<sup>2</sup>). Способ крепления заготовки — в центрах и поводковом патроне. Система станок — приспособление — инструмент — заготовка недостаточно жесткая. Эскиз обработки приведен на рис. 22. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания (допускаемую резцом скорость главного движения резания  $v_n$  и мощность  $N_{\text{рез}}$ , затрачиваемую на резание, подсчитать по формулам); определить основное время.

Решение (по справочнику [18]). 1. Выбираем резец и устанавливаем его геометрические элементы. Тип рез-



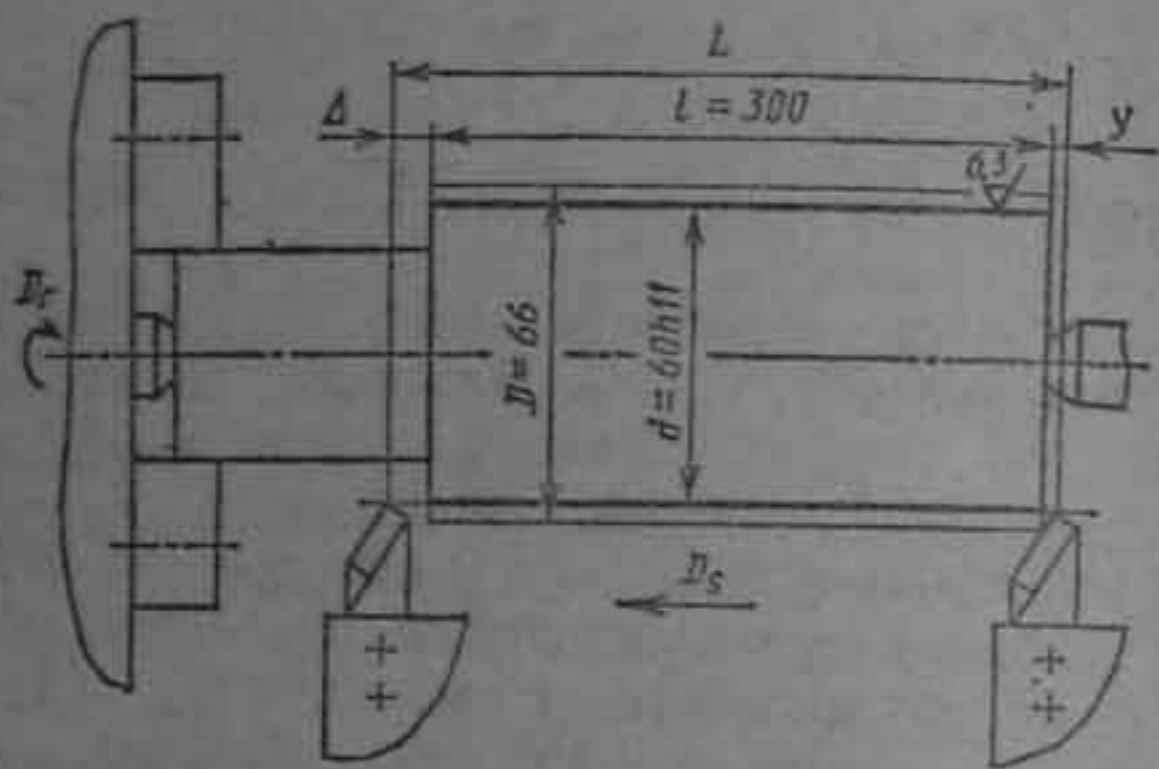


Рис. 22. Эскиз обработки к примеру 20

ца — токарный проходной прямой правый. Материал рабочей части — пластины — твердый сплав Т15К6 (табл. 6, с. 149); материал корпуса резца — сталь 45.

Выбираем размеры поперечного сечения корпуса резца. Как отмечалось в примере 17, у станка 16К20 расстояние от опорной плоскости резца в резцедержателе до линии центров 25 мм (см. рис. 19, б). Поэтому для установки резца на станке вершиной по центру принимается высота корпуса  $H = 25$  мм. Этому размеру  $H$  соответствует по стандарту ширина корпуса  $B = 16$  мм. Таким образом, принимаем  $B \times H = 16 \times 25$ ; длина резца 150 мм.

Геометрические элементы резца: форма передней поверхности — радиусная с упрочняющей фаской (тип IIIб), ширина радиусной лунки  $B = 2$  мм, радиус лунки  $R = 4$  мм (табл. 29, с. 187); передний угол  $\gamma = 15^\circ$ ; передний угол на упрочняющей фаске  $\gamma_f = -5^\circ$ ; главный задний угол  $\alpha = 12^\circ$ ; угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = 0^\circ$  (табл. 30, с. 188); главный угол в плане  $\varphi = 60^\circ$ ; вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 15^\circ$  (табл. 31, с. 190); радиус вершины  $r = 1$  мм (табл. 32, с. 190 и табл. 4, примеч. 3, с. 420).

II. Назначаем режим резания.

1. Определяем глубину резания. Припуск на обработку снимаем за один проход, т. е. принимаем  $i = 1$ . Тогда

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{66 - 60}{2} = 3 \text{ мм.} \quad (1)^*$$

\* Указаны номера формул, на которые делаются ссылки в разделе «Схема алгоритма расчета режима резания» примера 21.

2. Назначаем подачу (по табл. 4, с. 420). Для параметра шероховатости поверхности  $Ra = 6,3$  мкм (в таблице приведено старое обозначение  $\nabla 4$ ), обработки стали резцом с радиусом при вершине  $r = 1$  мм  $S_0 = 0,45 \dots 0,60$  мм/об. Учитываем поправочный коэффициент на подачу, равный 1,25 (там же, примеч. 1):  $S_0 = (0,45 - 0,60) 1,25 = 0,56 \dots 0,75$  мм/об. Принимаем среднее значение  $S_0 = 0,65$  мм/об.

Корректируем подачу по паспортным данным станка 16К20 (см. прил. 1 к данному сборнику):  $S_0 = 0,6$  мм/об.

3. Назначаем период стойкости резца  $T = 60$  мин (с. 415).

4. Определяем скорость (м/мин) главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца (с. 415):

$$v_n = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v}} K_v. \quad (2)$$

По табл. 8 (с. 422) находим значения коэффициента  $C_v$  и показателей степеней  $m$ ,  $x_v$ ,  $y_v$  формулы. Для наружного точения, твердого сплава Т15К6 и  $S_0 = 0,6$  мм/об  $C_v = 350$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ ;  $m = 0,2$ .

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость резания.  $K_v$  — общий поправочный коэффициент, равный произведению поправочных коэффициентов, учитывающих измененные условия обработки. Определяем значения этих коэффициентов:  $K_{M_v}$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение механических свойств обрабатываемого материала (табл. 9, с. 424):

$$K_{M_v} = \frac{750}{\sigma_B}. \quad (3)$$

По условию  $\sigma_B = 720$  МПа;  $K_{M_v} = \frac{750}{720} = 1,04$ ;

$K_{u_v}$  — поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 14, с. 426),  $K_{u_v} = 0,8$ , так как заготовка — поковка с необработанной поверхностью;  $K_{m_v}$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение материала рабочей части инструмента (табл. 15, с. 426),  $K_{m_v} = 1$ , так как принят твердый сплав Т15К6;  $K_{\varphi_v}$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение главного угла в плане  $\varphi$  (табл. 16,



с. 427),  $K_{\varphi_v} = 0,9$ , так как  $\varphi = 60^\circ$ ;  $K_{0_v}$  — поправочный коэффициент, учитывающий вид обработки (табл. 17, с. 427),  $K_{0_v} = 1$ , так как осуществляется наружное продольное точение.

Определяем общий поправочный коэффициент на скорость главного движения резания

$$K_v = K_{m_v} K_{p_v} K_{\varphi_v} K_{0_v} = 1,04 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,749. \quad (4)$$

Подставив все найденные величины в формулу, получим

$$v_n = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 30^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,749 \text{ м/мин.}$$

$$v_n = \frac{350}{2,268 \cdot 1,180 \cdot 0,836} \cdot 0,749 = 117,17 \text{ м/мин.}$$

В единицах СИ  $v_n = \frac{117,17}{60} = 1,95 \text{ м/с.}$

5. Определяем частоту вращения шпинделя, соответствующую найденной скорости:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 117,17}{3,14 \cdot 66} = 564 \text{ мин}^{-1}. \quad (5)$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка мод. 16К20 и устанавливаем действительное значение частоты вращения:  $n_d = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Определяем действительную скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 66 \cdot 500}{1000} = 103,7 \text{ м/мин.} \quad (6)$$

В единицах СИ  $v_n = \frac{103,7}{60} = 1,73 \text{ м/с.}$

7. Определяем главную составляющую силы резания (кгс)

$$P_z = C_{P_z} l^{x_{P_z}} S_0^{y_{P_z}} v^{n_{P_z}} K_{P_z} \quad (\text{с. 427}). \quad (7)$$

По табл. 20 (с. 429) находим значения коэффициента  $C_{P_z}$  и показателей степеней формулы  $x_{P_z}$ ,  $y_{P_z}$ ,  $n_{P_z}$ . Для наружного продольного точения твердосплавным резцом конструкционной стали  $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$ :  $C_{P_z} = 300$ ;  $x_{P_z} = 1$ ;  $y_{P_z} = 0,75$ ;  $n_{P_z} = -0,15$ .

Учитываем поправочные коэффициенты на силу резания.  $K_{P_z}$  — общий поправочный коэффициент, равный произведению отдельных поправочных коэффициентов, учитывающих измененные условия обработки. Определяем значения этих коэффициентов:  $K_{m_{P_z}}$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение механических свойств обрабатываемого материала (табл. 21, с. 430);

$$K_{m_{P_z}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_P}. \quad (8)$$

Показатель степени  $n_P$  определяем по табл. 22, с. 430. Для обработки конструкционной стали твердосплавным резцом  $n_P = 0,75$ . По условию  $\sigma_B = 720 \text{ МПа}$ . Тогда

$$K_{m_{P_z}} = \left( \frac{720}{750} \right)^{0,75} = 0,96^{0,75} = 0,97;$$

$K_{\varphi_{P_z}}$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение главного угла в плане  $\varphi$  (табл. 24, с. 431). Для  $\varphi = 60^\circ$  и твердосплавного резца  $K_{\varphi_{P_z}} = 0,94$ ;  $K_{\gamma_{P_z}}$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение переднего угла  $\gamma$  (табл. 24, с. 431),  $K_{\gamma_{P_z}} = 1$ , так как  $\gamma = 15^\circ$  (принято по графе « $\gamma = 10^\circ$ »);  $K_{\lambda_{P_z}}$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение угла наклона главной режущей кромки  $\lambda$  (табл. 24, с. 431),  $K_{\lambda_{P_z}} = 1$ , так как  $\lambda = 0^\circ$ .

В приведенной формуле силы резания  $P_z$  величина  $v_d$  — действительная скорость резания,  $v_d = 103,7 \text{ м/мин} = 1,73 \text{ м/с}$ .

Определяем общий поправочный коэффициент на силу резания

$$K_{P_z} = K_{m_{P_z}} K_{\varphi_{P_z}} K_{\gamma_{P_z}} K_{\lambda_{P_z}} = 0,97 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 = 0,926. \quad (9)$$

Подставляем все найденные величины в формулу

$$P_z = 300 \cdot 3^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 103,7^{-0,15} \cdot 0,926 = 300 \cdot 3 \cdot 0,682 \cdot \frac{1}{2,005} \cdot 0,926 = 283,48 \text{ кгс.}$$

В единицах СИ  $P_z = 9,81 \cdot 283,48 = 2780,94 \text{ Н}$ .

8. Определяем мощность, затрачиваемую на резание:

$$N_{рез} = \frac{P_z v_d}{60 \cdot 10^2} \text{ кВт (с. 431),}$$

где  $P_z$  — в кгс, а  $v_d$  — в м/мин;

$$N_{рез} = \frac{283,78 \cdot 103,7}{60 \cdot 10^2} = 4,81 \text{ кВт.}$$

В единицах СИ

$$N_{рез} = \frac{P_z v_d}{1000} \text{ кВт,} \quad (10)$$

где  $P_z$  — в Н, а  $v_d$  — в м/с;

$$N_{рез} = \frac{2780,94 \cdot 1,73}{1000} = 4,81 \text{ кВт.}$$

9. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Необходимо проверить выполнение условия

$$N_{рез} \leq N_{шп.} \quad (11)$$

Мощность (кВт) на шпинделе станка по приводу

$$N_{шп.} = N_d \eta \text{ кВт.} \quad (12)$$

В паспортных данных станка 16К20 находим

$$N_d = 10 \text{ кВт; } \eta = 0,75; N_{шп.} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Следовательно,  $4,81 < 7,5$ , т. е. обработка возможна.

В случае перегрузки станка по мощности необходимо определить коэффициент перегрузки  $K_n$ :

$$K_n = \frac{N_{рез}}{N_{шп.}} \quad (13)$$

Далее определяется новое — меньшее значение частоты вращения шпинделя станка  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ), при котором будет выполняться условие  $N_{рез} = N_{шп.}$  При этом исходят из того, что мощность, затрачиваемая на резание, прямо пропорциональна скорости главного движения резания  $v$  и частоте вращения шпинделя  $n$ :

$$n = \frac{n_d}{K_n} \quad (14)$$

где  $n_d$  — действительное значение частоты вращения шпинделя, принятое выше в п. 5 решения. Нужно учитывать также, что электродвигатели металлорежущих станков допускают кратковременную (длительность до 1 мин) перегрузку на 25 % их номинальной мощности.

III. Определяем основное время (мин)

$$T_o = \frac{Li}{nS_o} \quad (15)$$

В решении были определены следующие параметры формулы: число проходов  $i = 1$ , частота вращения шпинделя станка  $n_d = 500 \text{ мин}^{-1}$ , подача резца  $S_o = 0,6 \text{ мм/об.}$

Определяем длину рабочего хода резца  $L$ , мм (см. эскиз обработки):  $L = l + y + \Delta$  мм.

По условию  $l = 300$  мм. Врезание резца  $y = t \text{ ctg } \varphi = 3 \text{ ctg } 60^\circ = 3 \cdot 0,58 = 1,7$  мм. Перебег резца  $\Delta = (1 \dots 3)$  мм; принимаем  $\Delta = 2$  мм.

$$L = 300 + 1,7 + 2 = 303,7 \text{ мм;}$$

$$T_o = \frac{303,7 \cdot 1}{500 \cdot 0,6} = 1,01 \text{ мин.}$$

Пример 21. Для условий примера 20 выполнить расчет режима резания с использованием ЭВМ. Необходимо: разработать алгоритм и программу расчета; ввести в ЭВМ конкретные исходные данные и получить результаты расчета.

Решение. I. Разработка схемы алгоритма расчета режима резания при полустовом наружном точении твердосплавными резцами деталей из конструкционной стали и серого чугуна.

Схема алгоритма приведена в прил. 2.

В качестве математической модели, использованной для разработки алгоритма, принимаем приведенный в примере 20 расчет режима резания по эмпирическим формулам. Таким образом, для расчета на ЭВМ принимаются те же нормативные исходные данные по обрабатываемости конструкционных материалов, режущим свойствам инструментов и др., что и при обычных методах расчета. В представленной схеме алгоритма указаны в скобках цифры, обозначающие номера расчетных формул примера 20.

II. Разработка программы расчета. В прил. 2 приведена программа расчета режима резания при точении, составленная на алгоритмическом языке ФОРТРАН и предназначенная для работы в диалоговом режиме. Программа предусматривает возможность самостоятельной работы обучающихся под руководством преподавателя при проведении практических занятий в дисплейном классе. Программа составлена и отлажена для ЭВМ



№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	Способ крепления заготовки	Обработка и параметр шероховатости, мкм	Система станок — инструмент — заготовка	мм			
						D	d	l	
1	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	В центрах	Обтачивание напроход черновое; $Rz = 80$	Средняя	90	83h12	290	450
2	Серый чугун, 160 HB	Отливка с коркой	В патроне	Обтачивание напроход черновое; $Rz = 80$	Жесткая	100	92h12	40	65
3	Сталь 45, $\sigma_B = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат предварительно обработанный	В центрах	Обтачивание в упор, полу-чистовое; $Ra = 2,0$	Нежесткая	52,5	50e9	550	744
4	Серый чугун, 200 HB	Отливка с коркой	В патроне с поджатием центром задней бабки	Обтачивание до кулачков черновое; $Rz = 80$	Средняя	90	82h12	340	400
5	Сталь 45X, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная, предварительно обработанная	В патроне	Обтачивание в упор полу-чистовое; $Rz = 20$		122,5	120d11	95	250

Продолжение табл. 25

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	Способ крепления заготовки	Обработка и параметр шероховатости, мкм	Система станок — инструмент — заготовка	мм			
						D	d	l	
6	Бронза Бр.АЖ-9-4, 120 HB	Отливка с коркой	В патроне с поджатием центром задней бабки	Обтачивание до кулачков черновое; $Rz = 80$	Средняя	110	102h12	440	500
7	Серый чугун, 220 HB	Отливка без корки	В патроне	Обтачивание напроход полу-чистовое; $Ra = 2,0$	Жесткая	152	150h9	50	80
8	Сталь 40XH, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	В центрах	Обтачивание напроход черновое; $Rz = 80$	Нежесткая	64	57h12	400	820
9	Силумин АЛ2, 50 HB	Отливка без корки	То же	Обтачивание в упор полу-чистовое; $Rz = 20$	Жесткая	160	152h11	75	105
10	Сталь 20, $\sigma_B = 500$ МПа ( $\approx 50$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная	В центрах	Обтачивание напроход черновое; $Rz = 80$	Средняя	72	67h12	225	390

26. Данные к задаче 17

№ детали	Материал заготовки	Заготовка	Обработка, параметр шероховатости по поверхности, мкм	Система станок — инструмент — заготовка	мм			
					D	d	h	
1	Сталь 12X18H9T в состоянии поставки	Прокат, предварительно обработанный	Подрезка сплошного торца получистовой; $Rz = 40$	Жесткая	120	0	2	45
2	Серый чугун, 180 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки черновая; $Rz = 80$	Средняя	150	115	3,5	250
3	Сталь 20XH, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная	Подрезка уступа черновая; $Rz = 80$	Жесткая	180	100	2,5	70
4	Сплав алюминия АЛ3, 65 HB	Отливка без корки	Подрезка торца втулки получистовой; $Rz = 20$	Средняя	100	85	1,5	200
5	Сталь 40X, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат, предварительно обработанный	Подрезка сплошного торца получистовой; $Ra = 2,0$	Жесткая	80	0	1	100
6	Серый чугун, 210 HB	Отливка без корки	Подрезка уступа лучистовая; $Rz = 40$	»	110	60	1,5	40
7	Легированный чугун ЛКС80-3-3, 90 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки черновая; $Rz = 80$	Средняя	90	75	3	160
8	Серый чугун, 170 HB	То же	Подрезка уступа черновая; $Rz = 80$	Жесткая	160	100	3	60
9	Сталь 45XH, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка, предварительно обработанная	Подрезка сплошного торца получистовой; $Ra = 2,0$	»	200	0	1	65
10	Серый чугун, 215 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки черновая; $Rz = 80$	Средняя	85	70	3,5	150

27. Данные к задаче 18

№ детали	Материал заготовки	Заготовка	Обработка, параметр шероховатости, мкм	Система станок — заготовка — инструмент	мм			
					d	D	l	
1	Сталь 40, $\sigma_B = 650$ МПа ( $\approx 65$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная	Расширивание сквозного отверстия черновое; $Rz = 80$	Средняя	98	104H12	65	65
2	Серый чугун, 230 HB	Отливка без корки	Расширивание глухого отверстия получистовое; $Rz = 20$	»	37	40H11	35	60
3	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат с прокатным отверстием	Расширивание сквозного отверстия получистовое; $Rz = 20$	Нежесткая	42	45H11	90	90
4	Серый чугун, 210 HB	Отливка без корки	Расширивание сквозного отверстия получистовое; $Ra = 2,0$	Средняя	108	110H9	55	55
5	Бронза Бр.ОЦ 4-3, 76 HB	То же	То же, $Ra = 2,0$	Нежесткая	73	75H9	110	110



№ заготовки	Материал заготовки	Заготовка	Обработка, параметр шероховатости, мкм	Система станок — заготовка — инструмент	мм			
					d	D	l	l <sub>1</sub>
6	Алюминиевый сплав АКЧ, $\sigma_B = 440$ МПа ( $\approx 44$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная	Растачивание глухого отверстия черное; Rz = 80	Средняя	48H12	45	65	
7	Серый чугун, 160 HB	Огневка с коркой	Растачивание сквозного отверстия черное; Rz = 80	*	118H12	50	50	
8	Сталь 38ХА, $\sigma_B = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат с просверленным отверстием	Растачивание глухого отверстия по лучистовое; Rz = 20	Нежесткая	50H11	30	45	
9	Латунь 100 HB	Огневка без корки	Растачивание сквозного отверстия по лучистовое; Ra = 2,0	*	60H9	95	95	
10	Серый чугун, 170 HB	Отливка с коркой	Растачивание глухого отверстия черное; Rz = 80	*	133H12	100	160	

сер. СМ (например, СМ-4). Могут быть использованы также ЭВМ «Электроника-79» и «Электроника-82».

III. Результаты расчета режима резания на ЭВМ и их анализ. В прил. 2 приведена полученная на алфавитно-цифровом печатающем устройстве (АЦПУ) распечатка результатов расчета, выполненного по приведенной выше программе.

Анализ результатов расчета, полученного на ЭВМ, показывает, что они полностью совпадают с данными расчета режима резания, выполненными по эмпирическим формулам в примере 20. Это свидетельствует о том, что программа составлена и отлажена правильно.

**Задача 16.** На токарно-винторезном станке 16К20 обрабатывают заготовку диаметром  $D$  до диаметра  $d$ . Длина обрабатываемой поверхности  $l$ , длина заготовки  $l_1$  (табл. 25). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

**Задача 17.** На токарно-винторезном станке 16К20 подрезается торец заготовки диаметром  $D$  до диаметра  $d$ . Припуск на обработку  $h$ . Длина заготовки  $l_1$ . Способ крепления заготовки — в патроне (табл. 26). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

**Задача 18.** На токарно-винторезном станке 16Б16П растачивают отверстие заготовки диаметром  $d$  до диаметра  $D$ . Длина отверстия  $l$ , длина заготовки  $l_1$ . Заготовку крепят в патроне (табл. 27). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задачи 16—18 кроме нормативов [7] и справочников [16] и [18] можно пользоваться справочниками [10, 12].

### § 7. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Указания для расчета резцов. По форме, конструкции и виду обработки различают токарные резцы призматические общего назначения и фасонные. Призматические токарные резцы делят на проходные прямые (правые и левые), упорные, расточные для сквозных и глухих отверстий, подрезные (торцовые), отрезные, галтельные, затыловочные, резьбовые и специальные.




Рабочая часть резцов в большинстве случаев представляет собой пластину из твердого сплава, которую

крепят на резцах следующими способами: напайкой непосредственно на корпус; механически; с помощью сил резания; механическим креплением вставки с напаянной пластиной.

Геометрические элементы лезвия определяют по литературе [7, 12, 18] или другим справочникам по обработке металлов резанием.

Основные размеры токарных резцов общего назначения с напаянными пластинами из твердого сплава приведены в стандартах: ГОСТ 18877—73\*, ГОСТ 18878—73\*, ГОСТ 18879—73\*, ГОСТ 18880—73\*, ГОСТ 18881—73\*, ГОСТ 18882—73\*, ГОСТ 18883—73\*, ГОСТ 18884—73\*, ГОСТ 18885—73\*, а с пластинами из быстрорежущей стали — в стандартах: ГОСТ 18870—73\*, ГОСТ 18871—73\*, ГОСТ 18872—73\*, ГОСТ 18873—73\*, ГОСТ 18874—73\*, ГОСТ 18875—73\*, ГОСТ 18876—73\*. Размеры специальных резцов приведены в соответствующих стандартах.

28. Размеры сечений корпусов резцов, мм

					
	$d \times d = 1$	$b \times b = 1,2$	$b \times b = 1,0^*$	$h \times b = 2$	
4	4×4	—	—	—	
5	5×5	—	—	—	
6	6×6	—	—	—	
8	8×8	6×5	6×4	6×3	
10	10×10	8×6	8×5	8×4	
12	12×12	10×8	10×6	10×6	
16	16×16	12×10	12×8	12×6	
20	20×20	16×12	16×10	16×8	
25	25×25	20×16	10×12	20×10	
32	32×32	25×20	26×16	25×12	
40	40×40	32×25	32×20	32×16	
50	50×50	40×32	40×25	40×20	
63	63×63	50×40	50×32	50×25	
80	80×80	63×50	63×40	63×32	
		80×63	80×50	80×40	

\* При применении прямоугольных сечений корпусов это значение является предпочтительным.

Технические требования к резцам, оснащенным пластинами из твердых сплавов, приведены в ГОСТ 5688—61\*Е, к резцам из быстрорежущей стали — в ГОСТ 10047—62\*.

Преобладает прямоугольная форма сечения державки резцов, при которой врезание пластины меньше «ослабляет» корпус. Корпус с квадратной формой сечения лучше сопротивляется сложному изгибу и применяется для расточных и автоматически-револьверных резцов, а также в других случаях, когда расстояние от линии центров станка до опорной поверхности резца недостаточно велико. Корпус с круглой формой сечения применяют для расточных резьбовых, токарно-затыловочных и других резцов, так как он позволяет осуществлять поворот резца и изменять углы его заточки.

Размеры поперечного сечения корпуса резца выбирают в зависимости от силы резания, материала корпуса, вылета резца и других факторов. Нормализованные размеры поперечного сечения корпуса резцов выбирают по табл. 28.

Ширину  $b$  или диаметр  $d$  поперечного сечения корпуса резца можно определить по формулам:

при квадратном сечении ( $h = b$ )

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{\sigma_{п.д}}};$$

при прямоугольном сечении ( $h \approx 1,6b$ )

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{2,56\sigma_{п.д}}};$$

при круглом сечении

$$d = \sqrt[3]{\frac{10P_z l}{\sigma_{п.д}}},$$

где  $P_z$  — главная составляющая силы резания, Н (кгс);  $l$  — вылет резца, м (мм);  $\sigma_{п.д}$  — допустимое напряжение при изгибе материала корпуса, МПа (кгс/мм<sup>2</sup>); для корпуса из незакаленной углеродистой стали  $\sigma_{п.д} = 200 \dots 300$  МПа ( $\approx 20 \dots 30$  кгс/мм<sup>2</sup>), для корпуса из углеродистой стали, подвергнутого термической обработке по режиму быстрорежущей стали,  $\sigma_{п.д}$  можно максимально увеличить в 2 раза, при прерывистом процессе снятия стружки и скоростном резании принимают  $\sigma_{п.д} = 100 \dots 150$  МПа ( $\approx 10 \dots 15$  кгс/мм<sup>2</sup>).



При расчете отрезных резцов на прочность учитывают, что опасным сечением отрезного резца является место перехода от рабочей части к корпусу. Для резцов с наиболее часто встречающимся соотношением размеров сечения  $b/H = 1/6$  ширина опасного сечения (рис. 23)

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{36\sigma_{н.д}}} = \sqrt[3]{\frac{P_z l}{6\sigma_{н.д}}}$$

Максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца при известных размерах сечения корпуса резца: для резца прямоугольного сечения

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2\sigma_{н.д}}{6l};$$

для резца круглого сечения

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{\pi d^3\sigma_{н.д}}{32l} \approx \frac{d^3\sigma_{н.д}}{10l}$$

Максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью резца, определяется с учетом допустимой стрелы прогиба резца

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3fEJ}{l^3},$$

где  $f$  — допускаемая стрела прогиба резца при предварительном точении,  $f = 0,1 \cdot 10^{-3}$  м ( $\approx 0,1$  мм), при окончательном точении  $f = 0,05 \cdot 10^{-3}$  м ( $\approx 0,05$  мм);  $E$  — модуль упругости материала резца [для углеродистой стали  $E = 1,9 \cdot 10^{11} \div 2,15 \cdot 10^{11}$  Па =  $1,9 \cdot 10^9 \div 2,15 \cdot 10^9$  МПа ( $\approx 19\,500 \div 21\,500$  кгс/мм<sup>2</sup>)];  $J$  — момент инерции сечения корпуса (для прямоугольного сечения  $\frac{bH^3}{12}$ , для круглого сечения  $0,05d^4$ );  $l$  —

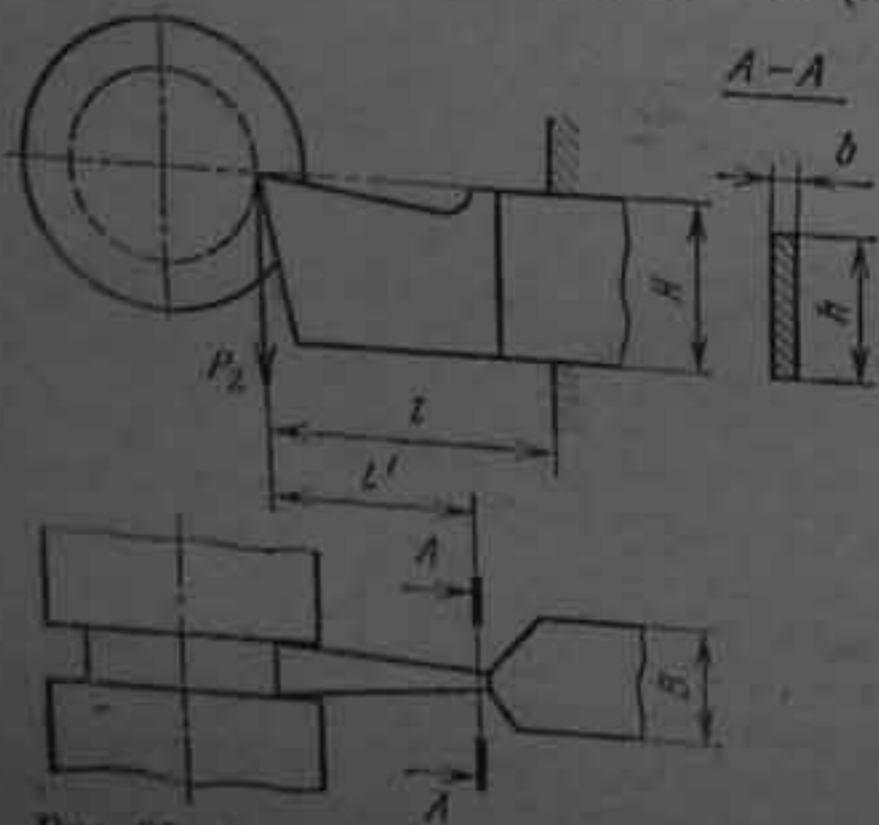


Рис. 23. Схема расчета поперечного сечения головки отрезного резца

ны резца до рассматриваемого (опасного) сечения (вылет резца), м (мм).

Необходимо, чтобы сила  $P_z$  была меньше максимально допустимых нагрузок  $P_{z \text{ доп}}$  и  $P_{z \text{ жест}}$  или равна им:  $P_z \leq P_{z \text{ доп}}$ ;  $P_z \leq P_{z \text{ жест}}$ .

Выполнение рабочего чертежа. После расчета инструмента составляют его рабочий чертеж, на котором указывают все данные, необходимые для изготовления сконструированного инструмента. Чертеж должен удовлетворять всем требованиям ЕСКД (см. гл. 1, § 3).

Пример 22. Рассчитать и сконструировать составной токарный проходной резец с пластиной из твердого сплава для чернового обтачивания вала из стали 45 с  $\sigma_{н.д} = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>). Диаметр заготовки  $D = 80$  мм, припуск на обработку (на сторону)  $h = 3,5$  мм, подача на оборот  $S_0 = 0,2$  мм/об, вылет резца  $l = 60$  мм.

Решение. 1. В качестве материала для корпуса резца выбираем углеродистую сталь 50 с  $\sigma_{н.д} = 650$  МПа ( $\approx 65$  кгс/мм<sup>2</sup>) и допустимым напряжением на изгиб  $\sigma_{н.д} = 200$  МПа ( $\approx 20$  кгс/мм<sup>2</sup>).

2. Главная составляющая силы резания (подробнее см. пример 11)

$$P_z = 9,81 C_{P_z} t^{x_{P_z}} S_0^{y_{P_z}} K_{P_z} = 9,81 \cdot 300 \cdot 3,5 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 1 = 9,81 \cdot 300 \cdot 3,5 \cdot 0,405 = 4170 \text{ Н } (\approx 451 \text{ кгс}),$$

где  $K_{P_z} = 1$  — суммарный поправочный коэффициент.

3. При условии, что  $h \approx 1,6b$ , ширина прямоугольного сечения корпуса резца

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{2,56\sigma_{н.д}}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4170 \cdot 60}{2,56 \cdot 20}} = 14,3 \text{ мм},$$

или в единицах СИ

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{2,56\sigma_{н.д}}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4170 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{2,56 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,0143 \text{ м} = 14,3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 14,3 \text{ мм}.$$

Принимаем ближайшее большее сечение корпуса ( $b = 16$  мм). Руководствуясь приведенными соотношениями, получим высоту корпуса резца  $h = 1,6b = 1,6 \cdot 16 = 25,6$  мм. Принимаем  $h = 25$  мм.

4. Проверяем прочность и жесткость корпуса резца

максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2\sigma_{н.д}}{6l} = \frac{16 \cdot 25^3 \cdot 20}{6 \cdot 60} = 555 \text{ кгс},$$

или в единицах СИ

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{16 \cdot 10^{-3} (25 \cdot 10^{-3})^2 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 5500 \text{ Н } (\approx 555 \text{ кгс});$$

максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью резца;

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 20\,000 \cdot 20\,800}{60^3} = 577 \text{ кгс},$$

или в единицах СИ

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2,08 \cdot 10^{-8}}{(60 \cdot 10^{-3})^3} = 0,00577 \cdot 10^6 = 5770 \text{ Н } (\approx 577 \text{ кгс}),$$

где  $f = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м } (\approx 0,1 \text{ мм})$  — допускаемая стрела прогиба резца при черновом точении;  $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ МПа} = 2 \cdot 10^{14} \text{ Па} = 20\,000 \text{ кгс/мм}^2$  — модуль упругости материала корпуса резца;  $l = 60 \text{ мм}$  — вылет резца;  $J$  — момент инерции прямоугольного сечения корпуса;

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{16 \cdot 25^3}{12} = 20\,800 \text{ мм}^4,$$

или в единицах СИ

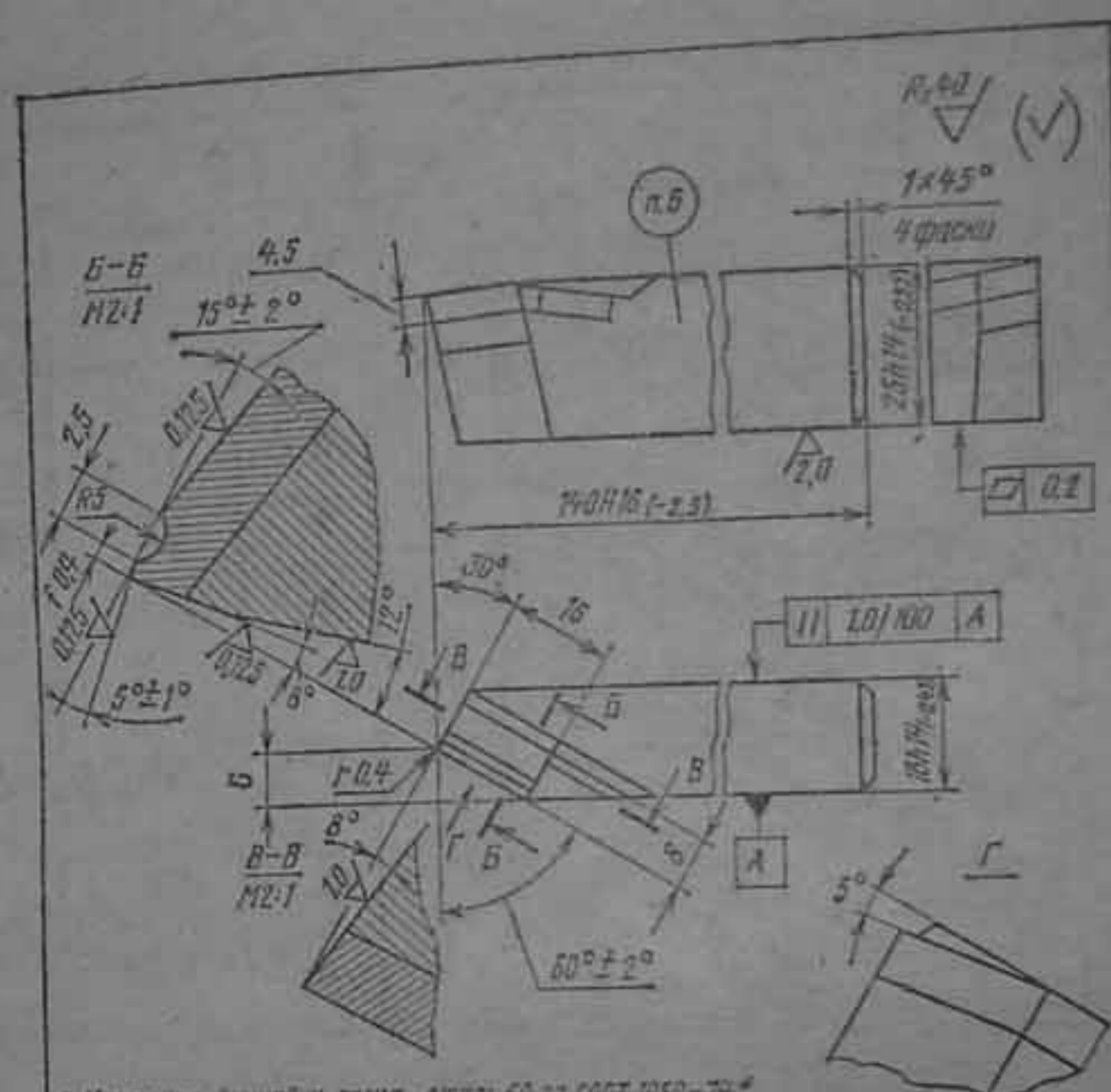
$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{16 \cdot 10^{-3} (25 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2,08 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Резец обладает достаточными прочностью и жесткостью, так как  $P_{z \text{ доп}} > P_z < P_{z \text{ жест}}$  ( $5550 > 4170 < 5770$ ).

5. Конструктивные размеры резца берем по СТ СЭВ 190—75; общая длина резца  $L = 140 \text{ мм}$ ; расстояние от вершины резца до боковой поверхности в направлении лезвия  $n = 6 \text{ мм}$ ; радиус кривизны вершины лезвия резца  $r_b = 0,4 \text{ мм}$ ; пластина из твердого сплава,  $l = 16 \text{ мм}$ , форма № 0239А по ГОСТ 2209—82.

6. Геометрические элементы лезвия резца выбираем по карте 18 справочника ([12], с. 188, 189).

7. По ГОСТ 5688—61\* принимаем: качество отделки (параметры шероховатости) передней и задней поверхности лезвия резца и опорной поверхности корпуса; предельные отклонения габаритных размеров резца; марку



1. Материал передней резца — сталь 50 по ГОСТ 1050—74\*.
2. Пластина режущая из твердого сплава Т15К6, форма 2421 по ГОСТ 2209—82.
3. Материал припой-лаптуль П68 или Брст1 марки по ГОСТ 15527 70\*. Толщина слоя припоя 0,1 мм. Разрыв слоя припоя по длине превышать 20% его общей длины.
4. Основные размеры резца должны соответствовать стандартам ГОСТ 18878—73\* и СТ СЭВ 190—75.
5. Неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm \frac{IT_{12}}{2}$  (ГОСТ 25397—82).
6. Маркировать марку твердого сплава, размер резца, товарный знак завода-изготовителя (Т15К6—16×25—0).

				Курсовая работа		
Имя	Фамилия	№ работы	Дата	Тема	Листы	Масса
Резец	Токарный			Резец токарный проходной лезвийной	1	330г
Припой	Лаптуль П68					
Сталь	50					
				лист 1 лист 3		
				ИОНТ		
				гг. 3504 Д		

Рис. 24. Чертеж токарного составного проходного резца, оснащенного пластиной из твердого сплава

твердого сплава пластины и материала корпуса; содержание и место маркировки.

8. Выполняем рабочий чертеж резца (рис. 24) с указанием основных технических требований.

Задача 19. Рассчитать поперечное сечение корпуса резца с пластиной из твердого сплава для черновой обра-



29. Данные к задаче 19

№ варианта	Материал заготовки—сталь	$D$	$t$	$S_{об}$ мм <sup>2</sup>	$l$ , мм
		мм			
1	40ХН, $\sigma_B = 800$ МПа ( $\approx 80$ кгс/мм <sup>2</sup> )	150	6	1,0	55
2	65Г, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	200	8	1,4	60
3	ХГ, $\sigma_B = 1000$ МПа ( $\approx 100$ кгс/мм <sup>2</sup> )	75	2	0,25	40
4	Ст5, $\sigma_B = 450$ МПа ( $\approx 45$ кгс/мм <sup>2</sup> )	100	3	0,35	40
5	Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	120	4	0,5	45
6	45Х, $\sigma_B = 1000$ МПа ( $\approx 100$ кгс/мм <sup>2</sup> )	125	5	0,8	50
7	40Г, 229 НВ	220	2,5	0,3	45
8	Сталь 50, 241 НВ	250	10	1,2	60
9	А20, 168 НВ	40	3	0,5	50
10	А40Г, 207 НВ	60	5,5	0,35	60

30. Данные к задаче 20

№ варианта	Материал заготовки	$D$ , мм
1	Серый чугун СЧ 15, 175 НВ	20
2		25
3		30
4	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	35
5		45
6		55
7	Сталь У7, $\sigma_B = 850$ МПа ( $\approx 85$ кгс/мм <sup>2</sup> )	20
8		30
9		45
10	Серый чугун СЧ 35, 220 НВ	50

ботки стального вала. Диаметр заготовки  $D$ ; глубина резания  $t$ ; подача на оборот  $S_{об}$ ; вылет резца  $l$  (табл. 29).  
 Задача 20. Рассчитать опасное сечение отрезного резца с пластиной из быстрорежущей стали Р18, Р9 или Р6М5, предназначенного для отрезания вала диаметром  $D$  (табл. 30). Материал корпуса выбрать самостоятельно;

31. Данные к задаче 21

№ варианта	Материал заготовки	$D$	$b$	Параметр шероховатости, мкм	$l$ , мм	Условия работы
		мм				
1	Сталь 40ХН $\sigma_B = 1000$ МПа ( $\approx 100$ кгс/мм <sup>2</sup> )	200	8	$Rz = 16$	60	Система станок—заготовка—инструмент недостаточно жесткая
2	Сталь ХГ, $\sigma_B = 1100$ МПа ( $\approx 110$ кгс/мм <sup>2</sup> )	250	8			
3	Серый чугун СЧ 30, 200 НВ	50	2	$Rz = 32$		Обтачивание в упор
4	Серый чугун СЧ15, 175 НВ	100	3			
5	Бронза Бр АЖН11-6-6	150	5	$Ra = 2$	40	$\varphi = 30^\circ$
6	Медь М3	36	1			
7	Сталь Ст3 $\sigma_B = 400$ МПа ( $\approx 40$ кгс/мм <sup>2</sup> )	30	2	$Rz = 63$	30	Длина заготовки 300 мм
8	Сталь Ст5 $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	42	3	$Rz = 32$		
9	Сталь 40Г, 229 НВ	75	5	$Ra = 2$	40	
10	Сталь 38ХА, 207 НВ	100	6	$Rz = 32$		

22. Данные к задаче 22

№ варианта	Материал заготовки — сталь	D	d	Исполнение резца
		мм		
1	40ХН, $\sigma_B = 900$ МПа ( $\approx 90$ кгс/мм <sup>2</sup> )	60	50	Правое
2		90	75	
3		50	35	Левое
4	У10, $\sigma_B = 1100$ МПа ( $\approx 110$ кгс/мм <sup>2</sup> )	75	55	Правое
5		100	80	
6		150	130	Левое
7	Ст2, $\sigma_B = 400$ МПа ( $\approx 40$ кгс/мм <sup>2</sup> )	35	25	Правое
8		50	40	
9		75	60	Левое
10		40	30	

23. Данные к задаче 23

№ варианта	Материал заготовки	d	D	l	Параметр шероховатости, мкм	Отверстие
		мм				
1	Сталь 60Г, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	60	65	60	$Rz = 63$	Сквозное
2	Сталь У10, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	72	75	75	$Rz = 32$	
3	Сталь Р18, $\sigma_B = 900$ МПа ( $\approx 90$ кгс/мм <sup>2</sup> )	40	42	150	$Rz = 16$	
4	Серый чугун СЧ 35, 220 НВ	50	55	100	$Ra = 2$	

№ варианта	Материал заготовки	d	D	l	Параметр шероховатости, мкм	Отверстие
		мм				
5	Серый чугун СЧ 15, 175 НВ Бронза Бр ОС 4-3, 70 НВ Медь М4 Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	60	64	75	$Rz = 63$	Глухое
6		75	80	60	$Rz = 32$	
7		80	82	50	$Rz = 16$	
8		40	44	100	$Ru = 2$	
9	Сталь 40ХН $\sigma_B = 1000$ МПа ( $\approx 100$ кгс/мм <sup>2</sup> ) Сталь 40Х, $\sigma_B = 1100$ МПа ( $\approx 110$ кгс/мм <sup>2</sup> )	45	50	120	$Rz = 6,3$	Сквозное
10		50	52	150	$Rz = 16$	

ширину резца, подачу и геометрические элементы лезвия принять по нормативам режимов резания [7].

**Задача 21.** Рассчитать и сконструировать токарный составной проходной резец с пластиной из твердого сплава для обтачивания вала. Диаметр заготовки  $D$ ; припуск (на сторону)  $h$ ; вылет резца  $l$  (табл. 31). Режимы резания для заданных условий обработки определить по нормативам [7] или справочнику [12].

**Задача 22.** Рассчитать и сконструировать токарный составной резец с пластиной из быстрорежущей стали для подрезки уступа заготовки, имеющей больший диаметр  $D$  и меньший диаметр  $d$ , припуск (на сторону)  $h = 5$  мм. Режимы резания определить по нормативам [7]. Основные размеры резца выполнить по ГОСТ 18871—73\* для вариантов № 1—5 и по СТ СЭВ 195—75 для вариантов № 6—10 (табл. 32).

**Задача 23.** Рассчитать и сконструировать составной резец с пластиной из твердого сплава для растачивания отверстия диаметром  $d$  до диаметра  $D$  на длину  $l$  (табл. 33). Режимы резания для заданных условий обработки определить по данным [7, 12]. Основные размеры резца выполнить по ГОСТ 18063—72\* и ГОСТ 18064—72\*.



§ 8. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ  
СБОРНЫХ РЕЗЦОВ С МЕХАНИЧЕСКИМ  
КРЕПЛЕНИЕМ ПЛАСТИН

Применяют сборные резцы с механическим креплением трех-, четырех-, пяти- и шестигранных пластин из твердого сплава, предназначенных для обработки заготовок из стали и чугуна (рис. 25). В корпус 1 резца запрессован штифт. На штифт свободно надевают многогранную пластину из твердого сплава 3, которую закрепляют между штифтом и задней опорной стенкой корпуса с помощью клина 4 и винта 5. Многогранные пластины повторно затачивают. После изнашивания одной режущей кромки пластину поворачивают и в работу вступает следующая режущая кромка. После изнашивания всех режущих кромок пластину заменяют новой.

Углы  $\varphi$  у резцов с многогранными пластинами такие же, как у составных (цельных) напайных резцов с той же рабочей высотой, угол в плане может быть 45, 60 и 90°. Необходимых задних углов  $\alpha$  и  $\alpha_1$  достигают путем установки пластины под соответствующим отрицательным углом  $\gamma_y$ . Для обеспечения положительных значений переднего угла  $\gamma$ , а также для завивания и дробления стальной стружки вдоль каждой из режущих кромок предусмотрены выкружки, формируемые при прессовании многогран-

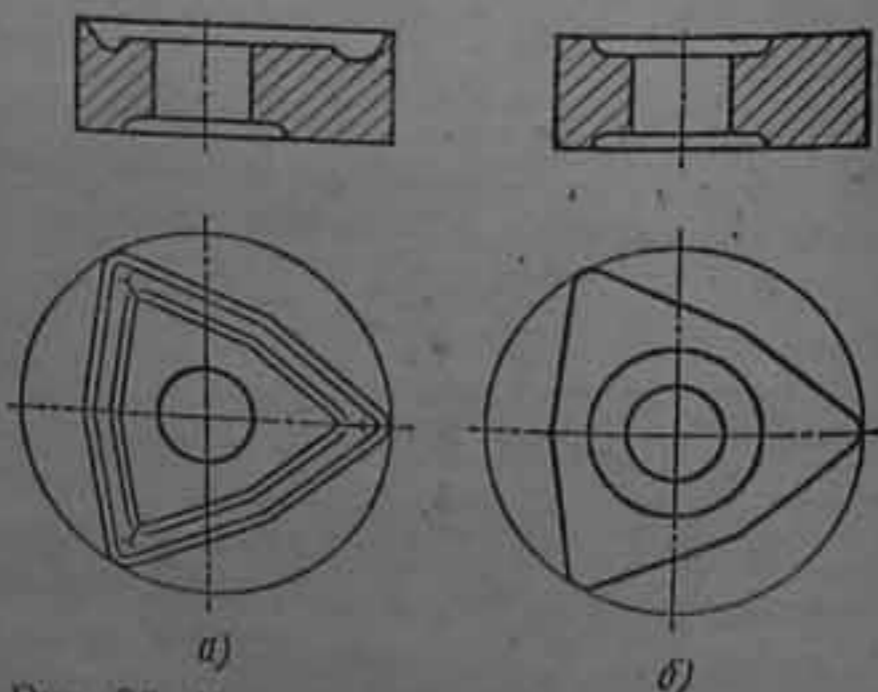
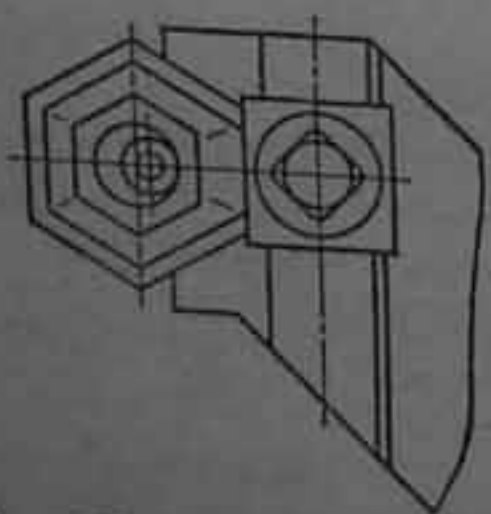
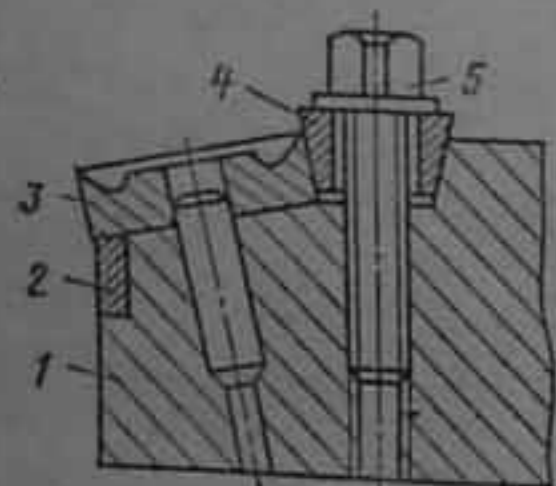


Рис. 26. Многогранные пластины из твердого сплава:  
а — форма I; б — форма II

Рис. 25. Резец с механическим креплением непрерываемой многогранной пластины из твердого сплава

34. Геометрические элементы лезвия ( $^\circ$ ) рабочей части резцов с многогранными пластинами

Пластина	Углы в плане		Передние углы		Задние углы	
	$\varphi$	$\varphi_1$	$\gamma_y$	$\gamma$	$\alpha$	$\alpha_1$
Трехгранная	90	10	12	12*	7,5	7,5
Четырехгранная	45	45		10**	10	4
Пятигранная	60	12	10	12	8	8
Шестигранная	45	15		10	10	5

\* Для резцов, оснащенных пластинами с диаметром описанной окружности 14 мм, передний угол  $\gamma = 17^\circ$ .  
\*\* Для резцов, оснащенных пластинами с диаметром описанной окружности 14 мм, передний угол  $\gamma = 15^\circ$ .

ных пластин (форма I). Геометрические элементы лезвия резцов с многогранными пластинами формы I выбирают по табл. 34.

Угол  $\gamma$ , образованный выкружкой, равен 20 или 25° в зависимости от размера пластины, что обеспечивает при закреплении пластины на державке под углом  $\gamma_y = 10^\circ$  передний угол  $\gamma$ , равный 10 или 15°. Радиусы вершин выбирают минимальными ( $r_n = 0,4 \dots 1$  мм).

Сочетание малого радиуса вершины резца и большого переднего угла резца значительно уменьшает отжим

35. Режимы резания при обработке заготовок из стали 45 резцами с многогранными пластинами

Диаметр описанной окружности пластин	Рабочая высота резцов	Станок	Максимальная площадь сечения срезаемого слоя $l$ , мм <sup>2</sup>	$l$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , не более	
						м/мин	м/с
14	16; 20	16Б16П	1,6	1—5	0,2—0,4	200	3,3
18	20; 25	16Б16П	3,0—3,5	1—6	0,3—0,7	200	3,3
22	25; 32	16К20	5,0—5,5	2—8	0,4—0,8	150	2,5
26	32; 40	1М63Б 1М63Б 1М64	8,0—8,5	2—9	0,4—1,0	150	2,5

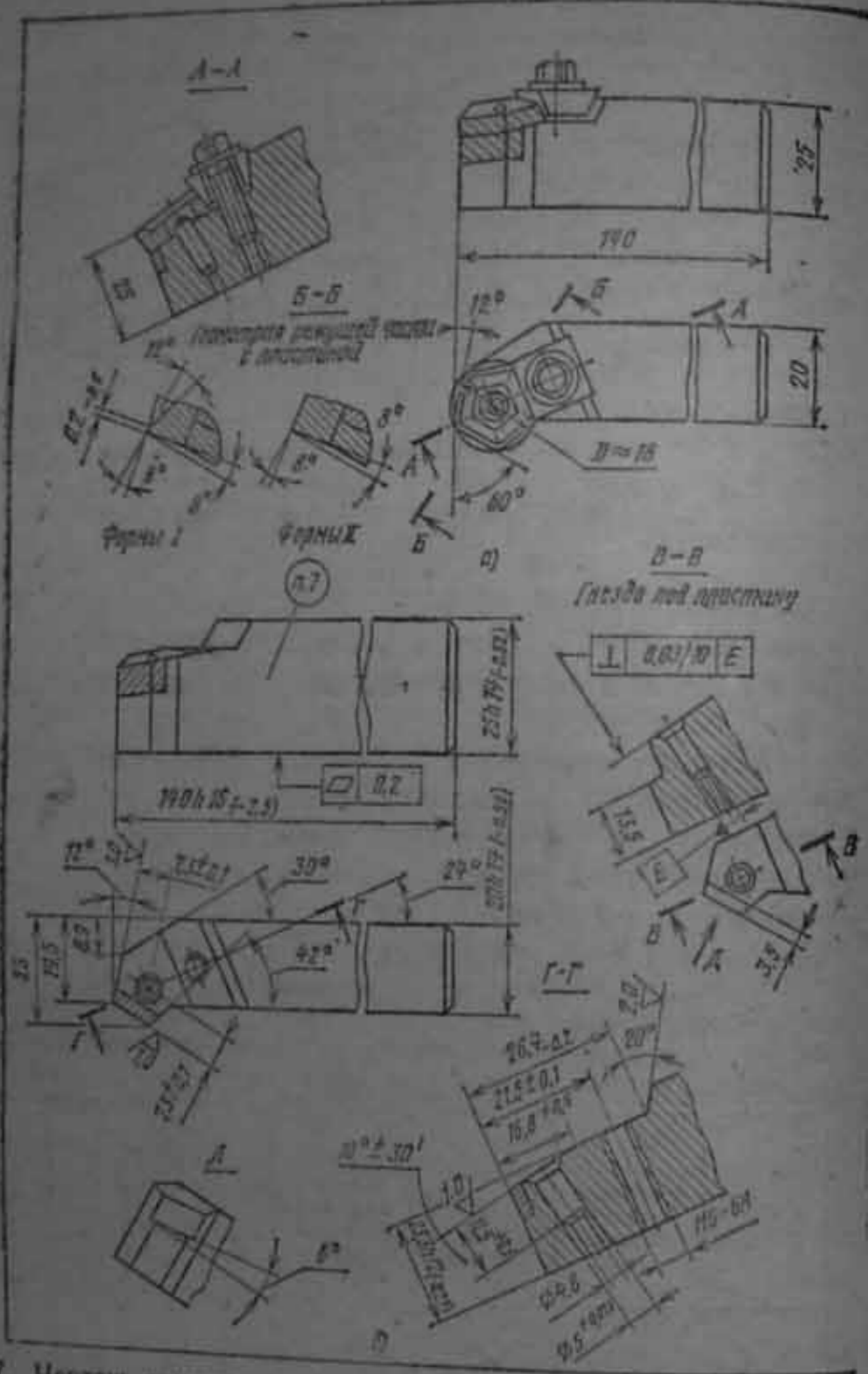
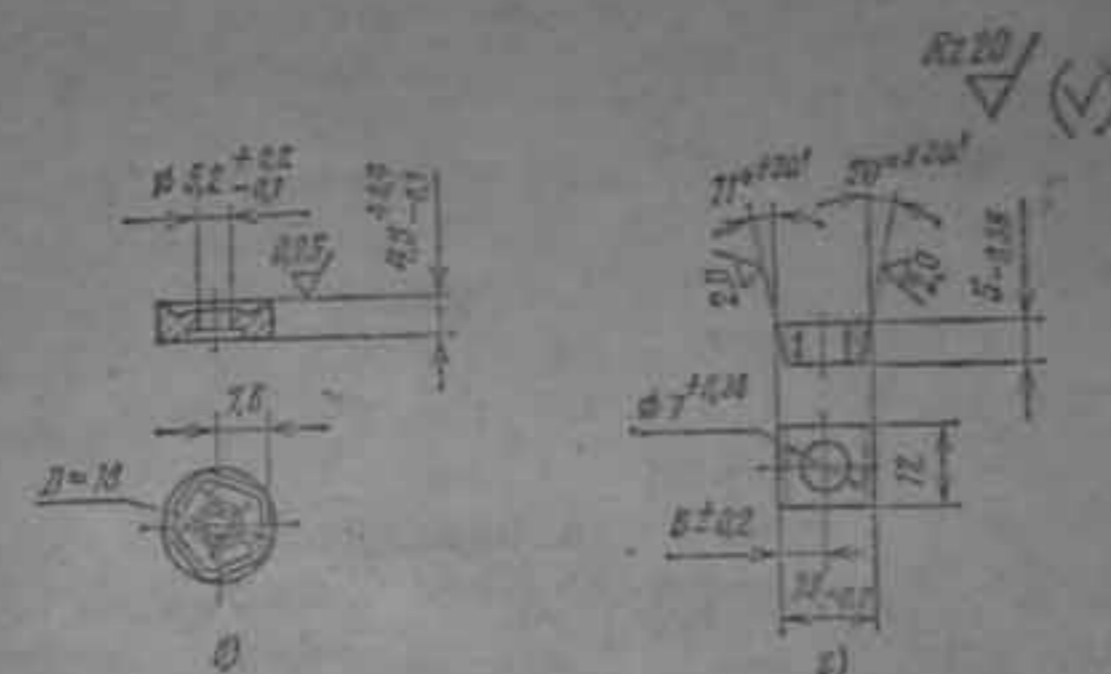


Рис. 27. Чертеж токарного сборного проходного резца со сменной многогранной пластиной: а — резец в сборе; б — корпус; в — пластина; г — клин.

заготовки силой  $P_y$  и позволяет использовать эти резцы при малой жесткости станка и заготовки. Сборные резцы с многогранными пластинами могут быть успешно использованы при обработке заготовок из чугуна, конструкционной и высоколегированной сталей.



1. Материал державки резца — резина 940 по ГОСТ 9593-71. Твердость 42...47 НВ<sub>0,2</sub>.
2. Пластина выточена пятигранной формы с заточенным и строганным канавками с одной стороны, из твердого сплава Т14К8 по ГОСТ 18042-80.
3. Материал пластины — твердый сплав ДМ8, марка 2407 по ГОСТ 2102-82.
4. Материал клина для заготовки — сталь 300 или другой марки по ГОСТ 15521-70.
5. Основные размеры резца должны соответствовать ГОСТ 26511-85.
6. Неуказанные средние значения размеров  $\pm \frac{11,19}{Z}$  (ГОСТ 15397-81).
7. Нарядометь марки твердого сплава, форму пластины, рабочую высоту резца и, твердый сплав заготовки — изготовителя (Г19К8-2407-Н, 15-0).

Курсовая работа					
Имя	Фамилия	Дата	Лист	Кол-во	Масштаб
Резец	Сплав ДМ8	02.11.82	Резец токарный	8	700:1
Клин	Сталь 300	01.11.82	сборный проходной (пятигранной пластиной)		1:1
Пластина					
Станок					
ИЗДАТ № 3509 А					

многогранной пластиной:

Пластины для резцов делают (рис. 26) с выкружками (форма I) и плоскими без выкружек (форма II).

Пластины формы II целесообразно использовать в крупносерийном и массовом производстве при работе на полуавтоматах, автоматах и агрегатных станках. Для



отвода сливной стружки и получения положительных передних углов на передней поверхности этих пластин образуют малогабаритные лунки доводочным чугунным диском с нанесенной на него пастой карбида бора или алмазными кругами.

В табл. 35 приведены рекомендуемые режимы резания при обработке заготовок из стали 45 в зависимости от размеров и формы пластин, применяемого оборудования и максимального сечения срезаемого слоя ( $t \times S_0$ ). По этой же таблице можно выбирать габаритные размеры пластин (при заданных режимах резания).

Для изготовления сборных резцов общего назначения рекомендуются твердые сплавы следующих марок: Т5К10, Т14К8, Т30К4, ВК6, ВК6М, ВК8. При работе с большими нагрузками для повышения долговечности корпуса резцы со стороны задней поверхности необходимо оснащать опорными пластинами (подкладками) из твердого сплава ВК8.

Габаритные и конструктивные размеры сборных токарных резцов с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин выбирают в зависимости от назначения и формы пластины по ГОСТ 20872—80, ГОСТ 20874—75\* и ГОСТ 26611—85\*, а технические требования к ним регламентирует ГОСТ 26613—85\*.

**Пример 23.** Сконструировать сборный токарный проходной правый резец с механическим креплением многогранной пластины из твердого сплава для обтачивания прутка из стали 45 с  $\sigma_b = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>). Главный угол в плане  $\varphi = 60^\circ$ . Обработку производят на токарно-винторезном станке 16К20. Глубина резания  $t = 5$  мм; подача на оборот  $S_0 = 0,7$  мм/об; скорость главного движения резания  $v = 3$  м/с (180 м/мин). Конструкцию резца выбирать по ГОСТ 26611—85\*.

**Решение.** 1. Выбираем по ГОСТу конструкцию сборного резца с механическим креплением многогранной пластины. Для обеспечения главного угла в плане  $\varphi = 60^\circ$  и заданных режимов резания выбираем проходной правый резец с пятигранной пластиной и опорной пластиной.

2. Для заданных режимов резания сечение срезаемого слоя  $f = tS_0 = 5 \cdot 0,7 = 3,5$  мм<sup>2</sup>. Пользуясь табл. 35, находим, что для станка 16К20 при площади сечения срезаемого слоя  $f = 3,5$  мм<sup>2</sup> резец должен иметь рабочую высоту  $h = 25$  мм и диаметр описанной окружности пластины  $D = 18$  мм.

36. Данные к задаче 24

№ варианта	$P_z \text{ max, Н}$	№ варианта	$P_z \text{ max, Н}$
1	5 000	6	12 000
2	6 000	7	13 500
3	7 000	8	15 000
4	8 000	9	16 000
5	10 000	10	17 500

3. Основные размеры резца принимаем по ГОСТ 26611—85\*; рабочая высота резца  $h = 25$  мм; ширина корпуса резца  $b = 20$  мм; высота корпуса резца  $h_1 = 29$  мм; длина резца  $L = 140$  мм.

Конструктивные размеры резца указывают на рабочем чертеже корпуса резца.

4. Выбираем материал резца: для корпуса — сталь 40Х (твердость 42—46,5 HRC<sub>2</sub>, оксидировать); для пластины пятигранной формы — твердый сплав Т14К8 ( $t = 5$  мм;  $S_0 = 0,7$  мм/об), форма I по ГОСТ 19063—80\*; для клина, штифта — сталь 45 (оксидировать); для винта — сталь 45 (головку винта термообработать до 32—37 HRC<sub>2</sub>).

5. Технические требования на резец выбираем по ГОСТ 26613—85\*.

6. Выполняем рабочий чертеж резца (рис. 27) с указанием основных технических требований (см. гл. I, § 3).

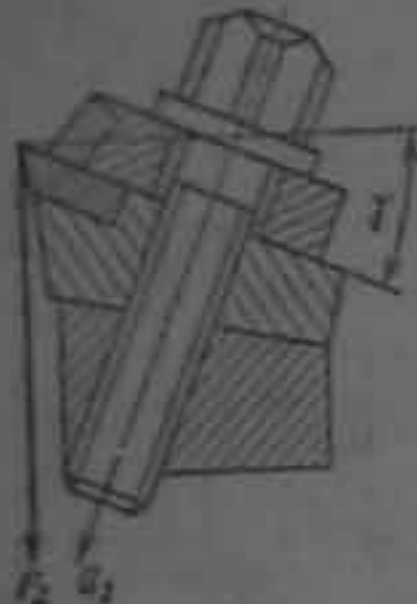
**Задача 24.** Рассчитать и сконструировать токарный сборный проходной резец с механическим креплением пластин из твердого сплава для заданной главной составляющей силы резания  $P_z$ . Способ механического крепления пластины выбрать самостоятельно, пользуясь стандартами и справочной литературой. В вариантах № 1—5 применяют станки 16К20, в вариантах № 6—10 — станки 1А63 (табл. 36).

При расчете резца следует учесть, что основная нагрузка в процессе резания передается на винт крепления пластины из твердого сплава, который является слабым лимитирующим звеном конструкции и работает на растяжение под действием растягивающей реактивной силы  $Q_1$  (рис. 28).

Максимально допустимая главная составляющая силы резания  $P_z \text{ max} = 0,7Q_1$ . Силу  $Q_1$  определяют исходя из



Рис. 28. Схема для расчета резца с механическим креплением пластины из твердого сплава



допустимого напряжения на разрыв винта  $\sigma_d = 500 \text{ МПа}$  ( $\approx 50 \text{ кгс/мм}^2$ ). Для винта из стали 45 с головкой, закаленной до твердости 37—41,5 HRC<sub>0</sub>

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} \sigma_d.$$

Зная силу  $Q_1$ , можно определить диаметр и другие размеры винта

для механического крепления пластины из твердого сплава.

### § 9. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СОСТАВНЫХ И СБОРНЫХ АЛМАЗНЫХ РЕЗЦОВ

Алмазные резцы широко применяют для серийного и массового производства деталей с малыми отклонениями размеров из цветных металлов и сплавов, пластмасс и других неметаллических материалов. Они обладают высокой размерной стойкостью и в течение длительного времени не требуется их подналадка или замена. Алмазными резцами можно достичь 5—6-го качества и параметра шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,32 \dots 0,02 \text{ мм}$ . Резцы изготовляют из технических алмазов массой 0,31—0,85 кар. Алмазные резцы различают по назначению и методам крепления кристалла алмаза в стержне резца (с напаянным алмазом и механическим его креплением в резце). Пайку производят в закрытом гнезде стержня серебряным припоем. Резцы с впаянными алмазами характеризуются простотой конструкции, малыми габаритными размерами, причем алмазы могут быть небольших размеров. Недостатком этих резцов является сложность восстановления режущих кромок алмаза при повторных заточках и опасность перегрева алмаза при впайвании его в стержень резца.

При механическом креплении алмаз повторно затачивают, вынимая из резца. Недостатками резцов с механическим креплением являются большие габаритные размеры и необходимость использования крупных алмазов. При механическом креплении алмаз устанавливают в промежуточную вставку, имеющую гнездо по форме алмаза.

Алмазы массой 0,5—0,6 кар допускают шесть—десять заточек. Период стойкости между восстановлениями (за-

точками) в зависимости от состава алмаза и режимов резания составляет 25—200 ч. Критерием отказа является увеличение шероховатости обработанной поверхности заготовки. Допускаемый износ резца по задней поверхности  $h_z = 0,1 \text{ мм}$ .

При конструировании и эксплуатации алмазных резцов необходимо учитывать физико-механические свойства алмазов и придерживаться следующих основных правил.

1. В связи с тем, что твердость и прочность алмаза в различных направлениях кристалла неодинаковы, т. е. алмаз анизотропен, грани его должны быть расположены так, чтобы изнашивание резца происходило в «твердом» кристаллографическом направлении, а его обработка (разрезание, огранка и заточка) — в «мягком» кристаллографическом направлении.

2. Силы резания должны быть направлены перпендикулярно плоскостям спайности алмаза.

3. Пайку алмаза проводят в закрытом пазу корпуса.

4. Во избежание выкрашивания алмаза угол заострения  $\beta$  должен быть не более  $80^\circ$ .

5. Сумма углов  $\varphi$  и  $\varphi_1$  должна быть не более  $5^\circ$ .

6. Задние углы  $\alpha$  и  $\alpha_1$  для увеличения прочности режущей части алмаза следует выбирать минимально возможными.

7. При механическом креплении  $2/3$  площади алмаза должно прижиматься планкой.

8. Сопряжение режущих кромок (вершину лезвия) нужно выполнять в виде плавной кривой.

9. В качестве материала для державок напайных резцов рекомендуется, например, сталь 35, хорошо поддающаяся чеканке и не закаляющаяся при нагреве (пайке).

10. Пайку алмаза проводят на установке токов высокой частоты (ТВЧ) или электроконтактным методом, применяя серебряный припой ПСр50Кд (температура плавления  $650^\circ\text{C}$ ).

11. При механическом способе крепления алмаз помещают в специальную вставку, изготовленную путем прессования и спекания порошков меди (80 %) и олова (20 %) вместе с алмазом, предварительно обработанным по передней грани.

Геометрические элементы лезвия алмазных резцов выбирают в зависимости от материала заготовки (табл. 37).



37. Геометрические параметры рабочей части алмазных резцов

Заточка	Передний угол $\gamma$	Задний угол $\alpha$	Главный угол в плане $\varphi$	Вспомогательный угол в плане $\varphi_1$	Радиус вершины $r_n$ , мм	Материал заготовки
Плоская I	0 ... -3	8—12	30—90	0—10	0,2—0,8	Латунь, медь, алюминий, антифрикционные сплавы, пластмассы Бронза, твердые алюминиевые сплавы, титан и его сплавы, специальные пластмассы
Плоская II	-3 ... -8	6—8	30—90	0—10	0,6—1,5	

Примечания: 1. Увеличение главного угла в плане  $\varphi$  способствует уменьшению вибраций.

2. При обработке твердых материалов задний угол  $\alpha$  следует принимать минимально возможным (4—6°).

3. Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = 0$ . Для лучшего отвода стружки и предотвращения вибрации при прерывистом резании угол  $\lambda$  выполняют равным 5—10°.

Конструкция корпусов (резцедержателей) алмазных резцов определяется конструкцией и размерами станков, а также схемой обработки. Конструкция корпуса должна обеспечивать жесткое крепление алмазного резца и возможность регулирования его установки относительно заготовки.

Диаметры вставок алмазных резцов (диаметры посадочных отверстий в корпусах) выполняют по ГОСТ 13297—86Е. По этому ГОСТу также выбирают габаритные и конструктивные размеры корпусов и других деталей алмазных резцов. Технические требования к алмазным резцам регламентирует ГОСТ 13297—86Е. Режимы резания для точения алмазными резцами рекомендуются выбирать по табл. 38.

Вследствие повышенной хрупкости алмаза припуски на обработку и сечения среза при точении должны быть

38. Режимы резания при обработке алмазными резцами

Материал заготовки	$v$		$S_{av}$ , мм/об	$t$ , мм
	м/мин	м/с		
Алюминий Сплавы алюминия	400—500	6,7—8,3	0,01—0,10	0,01—0,15
	500—600	8,3—10,0	0,01—0,08	0,05—0,10
Латунь	400—500	6,7—8,3	0,02—0,10	0,03—0,06
Баббит	400—500	6,7—8,3	0,02—0,10	0,05—0,15
Бронза: оловянистая	300—400	5,0—6,7	0,03—0,08	0,05—0,25
	600—700	10,0—11,7	0,02—0,06	0,025—0,05
свинцовистая	350—500	5,8—8,3	0,01—0,06	0,01—0,30
Медь	100—300	1,7—5,0	0,02—0,05	0,03—0,05
Титан и его сплавы	800—1000	13,4—17,0	0,02—0,10	0,10—0,40
Магний и его сплавы	500—700	8,3—11,7	0,03—0,06	0,05—0,30
Пластмассы	100—150	1,7—2,5	0,02—0,05	0,05—0,15
Специальные пластмассы				

Примечание. Работа резцом с углом в плане  $\varphi_1 = 0$  на длине вспомогательной кромки 0,5—0,6 мм позволяет применять большие значения скорости подачи и получать меньшую шероховатость обработанной поверхности.

возможно минимальными. Приведенные в табл. 38 режимы должны уточняться в зависимости от состояния оборудования, жесткости заготовок и качества обрабатываемой поверхности.

Точение алмазными резцами рекомендуется производить с применением смазочно-охлаждающих жидкостей. При обработке алюминия и его сплавов применяют скипидар, а также смесь 30 % скипидара и 70 % керосина. При обработке бронзы, латуни, титана и пластмасс следует применять 5 %-ный раствор эмульсола в воде.

Рекомендуется следующее оборудование для алмазного точения: токарно-винторезные станки повышенной точности 1Е616, 1Е61МТ, 1Э610, 1Е61М, 1Э616, ТВ-320П, 1А616П, 1К62Т; алмазно-расточные станки 2А710, 2706, 2712 и др.

Пример 24. На токарно-винторезном станке повышенной точности 1Е61МТ\* производится алмазное обтачивание наружной поверхности втулки;  $d = 40$  мм,  $l = 20$  мм. Припуск на обработку  $h = 0,2$  мм. Материал заготовки — бронза оловянистая БрОФ4-0,25. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,125$  мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

Решение. 1. Выбираем резец и устанавливаем его геометрические параметры. Принимаем алмазный токарный проходной резец с напаянным алмазом и углом установки в корпусе  $45^\circ$ . Размеры стержня: диаметр  $d = 8$  мм; высота  $H = 7$  мм; длина  $L = 20$  мм; высота вершины 5 мм; масса алмаза 0,5—0,6 кар; размеры закрытого гнезда для пайки алмаза: высота  $h_1 = 2,1 \dots 3$  мм; глубина  $l = 3,6 \dots 4,3$  мм (гнездо выполняется по размерам алмаза). Материал стержня — сталь 35. Припой серебряный ПСр50Кд. Геометрические параметры алмаза резца выбираем по табл. 37:  $\gamma = -5^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $r_b = 0,5$  мм;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 10^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ .

2. Назначаем режимы резания по табл. 38. Устанавливаем глубину резания  $t = 0,1$  мм; следовательно, число рабочих ходов  $i = \frac{h}{t} = \frac{0,2}{0,1} = 2$ ; подача на оборот  $S_o = 0,03 \dots 0,08$  мм/об. Для обеспечения заданного параметра шероховатости поверхности ( $Ra = 0,125$  мкм) принимаем минимальное значение подачи 0,03 мм/об. Корректируем подачу по паспорту станка:  $S_{од} = 0,04$  мм/об.

Скорость главного движения резания, допускаемая режущими свойствами резца,  $v = 300 \dots 400$  м/мин (5—6,7 м/с); для обеспечения требуемого качества обработки принимаем  $v = 300$  м/мин (5 м/с).

Частота вращения шпинделя, соответствующая принятой скорости резания,

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 40} = 2390 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка:  $n_d = 1600 \text{ мин}^{-1}$ .

\* Основные паспортные данные станка 1Е61МТ: наибольший наружный диаметр заготовки 320 мм, частота вращения шпинделя 35—1600  $\text{мин}^{-1}$ , продольная подача 0,04—6,0 мм/об, поперечная подача 0,012—1,87 мм/об, мощность электродвигателя 4,5 кВт.

Действительная скорость

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1600}{1000} = 202 \text{ м/мин (3,4 м/с)}.$$

Мощность, затрачиваемая на резание при алмазном точении, незначительна (из-за малой площади срезаемого слоя согласно эмпирической формуле  $f = t S_{од} = 0,1 \times 0,04 = 0,004 \text{ мм}^2$ ). Поэтому, достаточна ли мощность привода станка, можно не проверять.

3. Основное время

$$T_o = \frac{L}{n_d S_{од}} i.$$

Здесь  $L = l + y + \Delta$ , где  $y = t \text{ ctg } \varphi = 0,1 \text{ ctg } 45^\circ = 0,1$  мм;  $\Delta = 1 \dots 3$  мм; принимаем  $\Delta = 2$  мм;  $i = 2$ . Тогда  $L = 20 + 0,1 + 2 = 22,1$  мм;

$$T_o = \frac{22,1}{1600 \cdot 0,04} 2 = 0,69 \text{ мин}.$$

39. Данные к задаче 25

№ варианта	Материал заготовки	Обработка	мм			Модель станка
			D	f	h	
1	Бронза БрАМц 9-2	Подрезание торца	75	—	0,2	1Е61М
2	Медь М2	Растачивание	32	50	0,1	2706
3	Титан		120	35	0,2	2706
4	Медь М3	Подрезание торца	50	—	0,1	ТВ-320П
5	Алюминиевый сплав АК 4-1	Растачивание	50	40	0,3	2А710
6	Латунь	Обтачивание	25	65	0,1	1Е61МТ
7	Бронза БрО8Ц4		20	70	0,15	1Е61МТ
8	Алюминиевый сплав Д16П		70	160	0,3	ТВ-320П
9	Магнийевый сплав МА5		80	25	0,4	1А616П
10	Пластмасса (порошок прессовочный)		40	20	0,15	1А616П



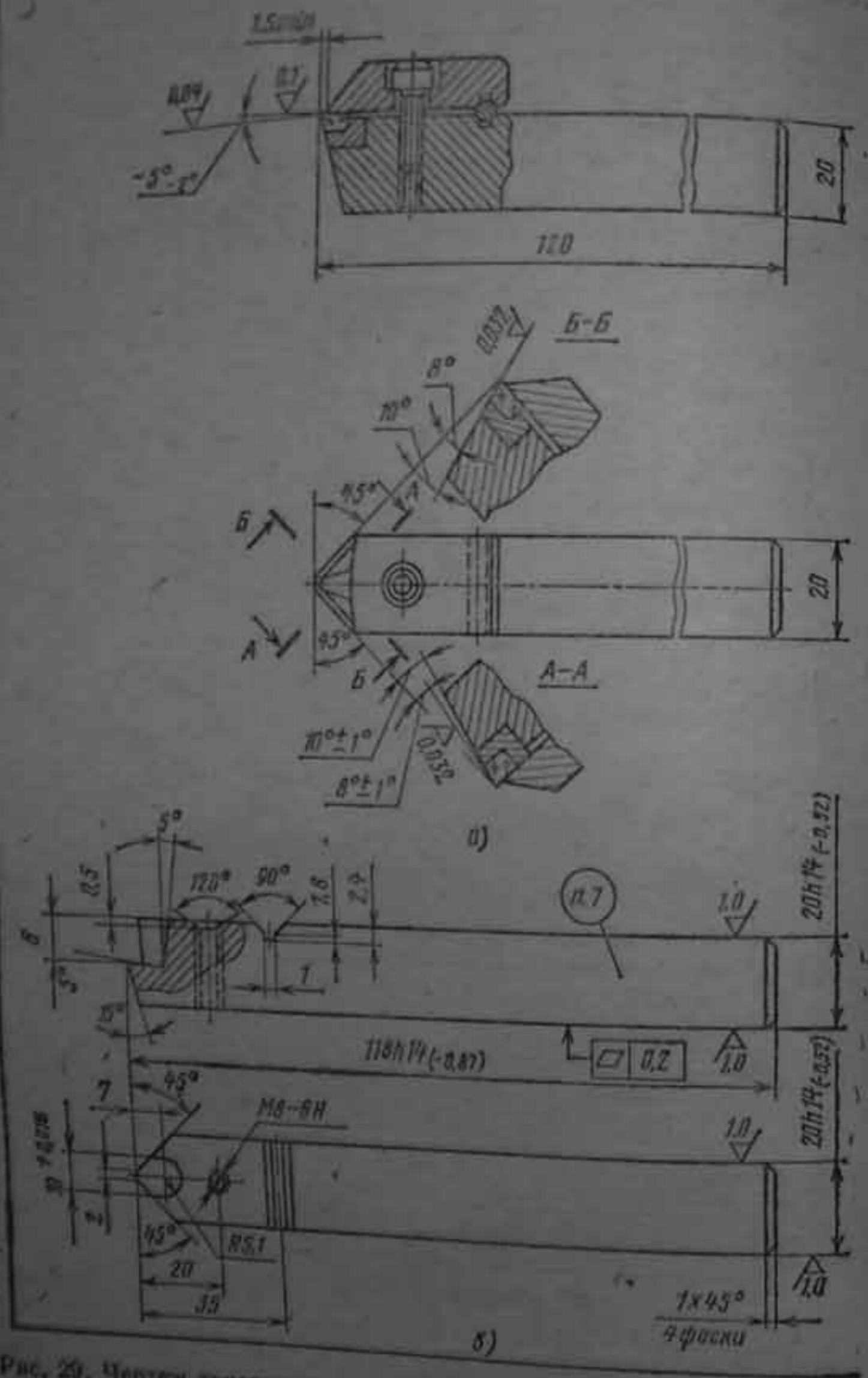
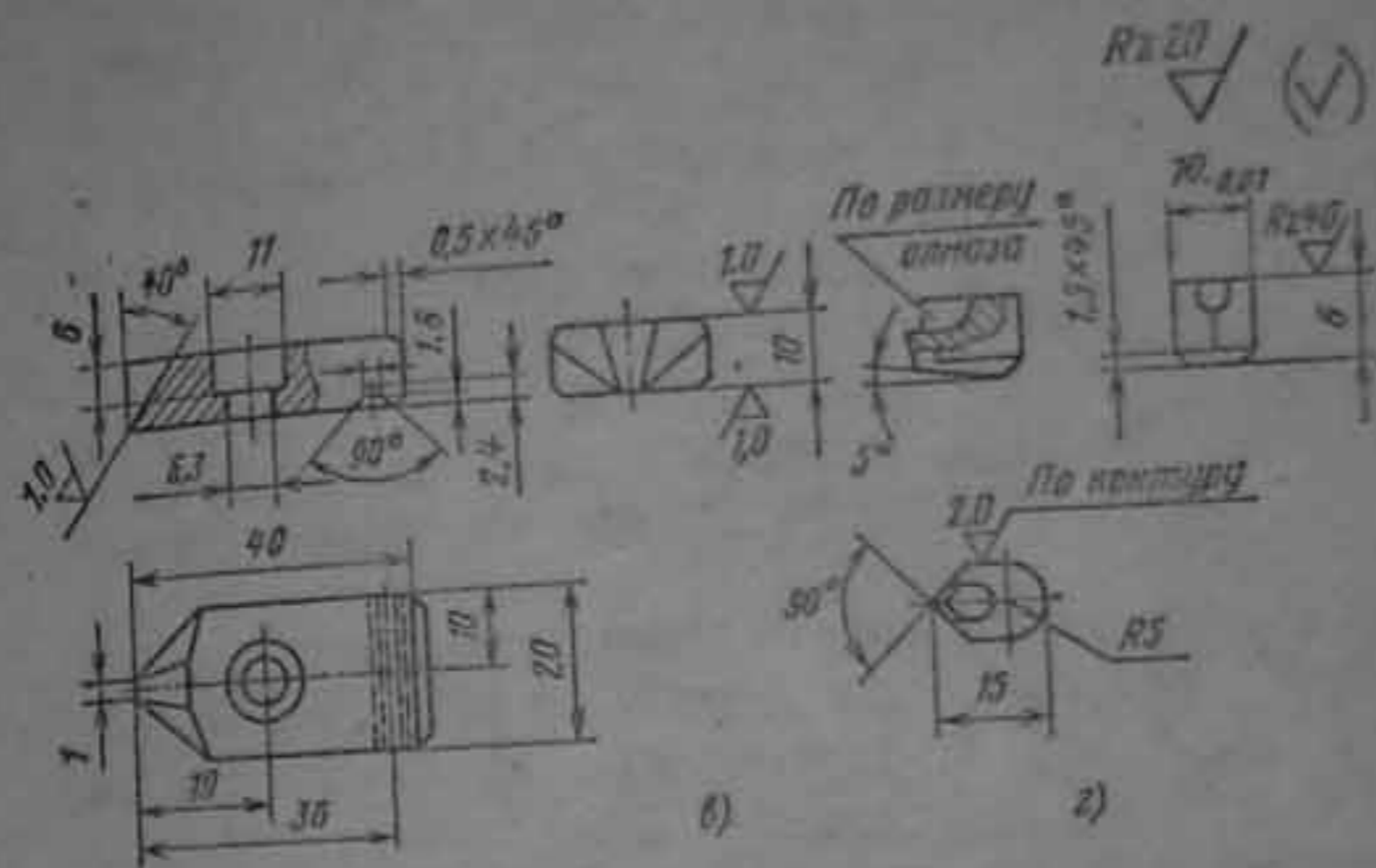


Рис. 29. Чертеж токарного проходного сборного резца с механическим креплением алмаза:  
 а — резец в сборе; б — корпус; в — накладка; г — вставка с алмазом



- 1 Алмаз технический, массой 0,5-0,6 кар.
- 2 Кристаллы алмаза должны удовлетворять требованиям нормативно-технической документации. На режущей части алмаза не должно быть трещин, сколов, выкрашиваний, видимых при 85-кратном увеличении.
- 3 Корпус алмазной вставки должен быть изготовлен из сплава, состоящего из 60% меди и 20% олова или из других сплавов, обеспечивающих надежное крепление алмаза и имеющих твердость НRV 70-75.
- 4 Материал державки, накладки, штифта и винта-сталь 45 по ГОСТ 1050-79<sup>а</sup> или сталь 40X по ГОСТ 9593-71<sup>б</sup>.
- 5 Резец должен удовлетворять техническим требованиям по ГОСТ 13297-86<sup>в</sup>.
- 6 Неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm \frac{IT19}{Z}$  (ГОСТ 25347-82).
- 7 Маркировать: «алмаз» и исходную массу алмаза в каратах, порядковый номер реза, товарный знак завода-изготовителя (алмаз 0,6 кар. 20x10-9).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Резец токарный проходной с механическим креплением алмаза	Листов	Масса	Колесико
						К	550г	7:7
						Лист 1	Листов 7	
						МОНТ		
						ИВ 3504 Д		

креплением алмаза;

**Задача 25.** Выбрать алмазный токарный резец с напаянным алмазом, назначить режим резания и определить основное время при алмазной обработке заданной заготовки (табл. 39). Диаметр обрабатываемой поверхности  $D$ . Длина обрабатываемой поверхности  $l$ . Припуск на обработку (на сторону)  $h$ . Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,25$  мкм.

**Пример 25.** Сконструировать алмазный токарный проходной резец с механическим креплением алмаза. Материал заготовки — алюминиевый сплав АК4. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,25$  мкм. Резец предназначен для работы на токарном станке 1Э616.

**Решение.** 1. Выбираем тип алмазного резца. По ГОСТ 13297—86Е принимаем резец с углами  $\beta = 90^\circ$ ,  $\beta_1 = 86^\circ$ , сечением корпуса (стержня)  $h \times b = 20 \times 20$  мм и длиной  $L = 120$  мм.

2. Геометрические параметры для заданного материала заготовки выбираем по табл. 37; форма заточки — плоская отрицательная (форма II); передний угол  $\gamma = -5^\circ$ ; задний угол  $\alpha = 8^\circ$ ; главный угол в плане  $\phi = 45^\circ$ ; вспомогательный угол в плане  $\phi_1 = 5^\circ$ ; радиус вершины  $r_n = 0,6$  мм; угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = 5^\circ$ .

3. Материал деталей резца: корпуса (стержень) — сталь 45 твердостью 37—41,5 HRC<sub>a</sub>; накладки — сталь 45 твердостью 37—41,5 HRC<sub>a</sub>; винта и штифта — сталь 45; вставки — порошковая смесь: 80 % Si, 15 % Sn, 5 % Pb (вставки с алмазом должны спекаться при температуре 650 °С).

4. Технические требования к резцу принимаем по ГОСТ 13297—86Е: а) неуказанные предельные отклонения размеров деталей резца должны быть для отверстий H14, валов h14 и остальных фасок, радиусов  $\pm \frac{IT14}{2}$ ; б) допуски на углы  $\alpha$ ,  $\phi$  и  $\phi_1$  на державке резца должны быть не более  $+2^\circ$ ; в) предельные отклонения углов заточки режущей части алмаза должны соответствовать:  $\pm 1^\circ$  — для задних углов  $\alpha$  и  $\alpha_1$ ;  $-2^\circ$  — для переднего угла  $\gamma$ ;  $\pm 2^\circ$  — для углов в плане  $\phi$  и  $\phi_1$ ; г) отклонение от параллельности лыски корпуса по отношению к режущей кромке резца не более  $\pm 1^\circ$ ; д) необходимо указать, что алмаз должен быть ориентирован в требуемом кристаллографическом направлении; е) маркировка

40. Данные к задаче 26

№ варианта	Резец	Материал заготовки	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об
1 2	Проходной с напаянным алмазом	Медь	0,20	0,06
		Бронза	0,10	0,04
3 4	Расточный с напаянным алмазом	Латунь	0,05	0,02
		Титановый сплав	0,03	
5	-	Латунь	0,06	0,03
6 7	Проходной с механическим креплением алмаза	Титановый сплав	0,05	0,04
		Специальные пластмассы	0,15	
8 9 10	Расточный с механическим креплением алмаза	Пластмасса	0,30	0,05
		Алюминиевый сплав	0,15	0,03
		Медь	0,10	0,05

должна содержать обозначение, форму заточки и товарный знак.

5. Выполняем рабочий чертеж резца (рис. 29). Учитывая учебный характер выполняемой работы, допускаем расположение на одном формате сборочного чертежа и основных деталей корпуса, накладки и вставки.

**Задача 26.** Сконструировать сборный алмазный токарный резец для обработки заданного материала. Глубина резания  $t$  (мм), подача на оборот  $S_0$  (мм/об). Проходной резец используют на токарно-винторезном станке 1Э61М, а расточной — на алмазно-расточном 2А710 (табл. 40). Конструкцию резца выбрать по стандартам, указанным выше, или другим справочным таблицам.

#### § 10. ИНСТРУМЕНТ ИЗ ЭЛЬБОРА-Р (КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА)

Для обтачивания и растачивания закаленных заготовок, имеющих достаточно большую твердость ( $HRC_a > 46$ ), точность размеров которых должна соответствовать качествам 5—7, а параметр шероховатости  $Ra$  должен быть соответственно 1,25—0,16 мкм, целесообразно применять резцы из эльбора-Р.



Полный период стойкости резцов из эльбора-Р по сравнению с периодом стойкости резцов из твердого сплава ТЗ0К4 и керамического материала ЦМ-332 в несколько раз выше, что позволяет широко применять их на расточных, координатно-расточных и токарных станках с программным управлением.

Заготовки из эльбора-Р выпускают цилиндрическими диаметром 3,8 мм и высотой 5 мм. При создании различных конструкций лезвийного инструмента из эльбора-Р необходимо прежде всего обеспечить надежное крепление заготовки из эльбора-Р в инструменте. Применять в данном случае обычную пайку нельзя, так как эльбор-Р не сплавляется металлами. Болты или цанги не обеспечивают надежного зажима заготовок в державке или корпусе. Кроме того, при механическом зажиме на заготовке из эльбора могут возникнуть трещины и сколы.

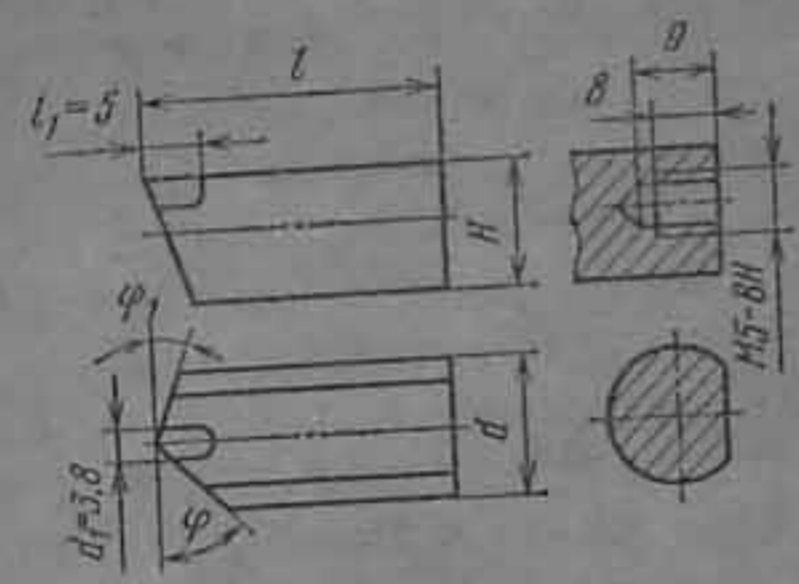
Наиболее надежным способом крепления заготовок из эльбора-Р является заливка их расплавленным металлом. Поверхность гнезда вставки очищают от смазочного материала, окислов и других загрязнений бензином или растворителями и в гнездо засыпают порошок, состоящий из припоя с флюсом (медь, латунь, с добавкой смеси обезвоженной буры). Затем в отверстие гнезда устанавливают заготовку из эльбора-Р и зажимают ее, а вставку помещают в зону нагрева индуктора установки токов высокой частоты (ТВЧ). В результате заготовка из эльбора-Р надежно закрепляется во вставке.

Наибольшее применение находят сборные прямые и отогнутые проходные и расточные резцы с вставками из эльбора-Р. Сборные резцы состоят из корпуса стандартных габаритных размеров, в гнездо которого устанавливают переходную вставку с заготовкой из эльбора-Р (табл. 41) и закрепляют ее прижимной планкой с болтом или винтом.

Габаритные размеры корпусов резцов и технические требования к ним можно выбирать по ГОСТ 13297—86Е. Габаритные и конструктивные размеры резцов из эльбора-Р также можно выбирать по руководящим техническим материалам (РТМ).

В резцах с сечением корпуса более 25 × 32 мм, особенно при работе на станках с ЧПУ и другом автоматизированном оборудовании, применяют переходные вставки с регулировочным винтом (рис. 30). Прижимной винт может быть установлен как сверху, так и со стороны

41. Габаритные размеры, мм, переходных вставок для заготовок из эльбора-Р для токарных резцов с  $\varphi = 45^\circ$  и  $\varphi_1 = 15^\circ$



$d$	$l$	$H$	$a$	$l$	$H$
6	12	4,5	10	20	8,5
8	20	6,0	12	15	10,5

- Примечания: 1.  $l$  — длина вставки — конструктивная.  
 2.  $H$  — высота (ширина) вставок с лысками.  
 3. Вставку диаметром 12 мм выполняют с резьбовым отверстием для регулировочного винта.  
 4. Для подрезных отогнутых резцов  $\varphi = \varphi_1 = 45 \dots 50^\circ$ .  
 5. Угол  $\alpha$  выбирают по табл. 42 в зависимости от материала заготовки и типа резца.

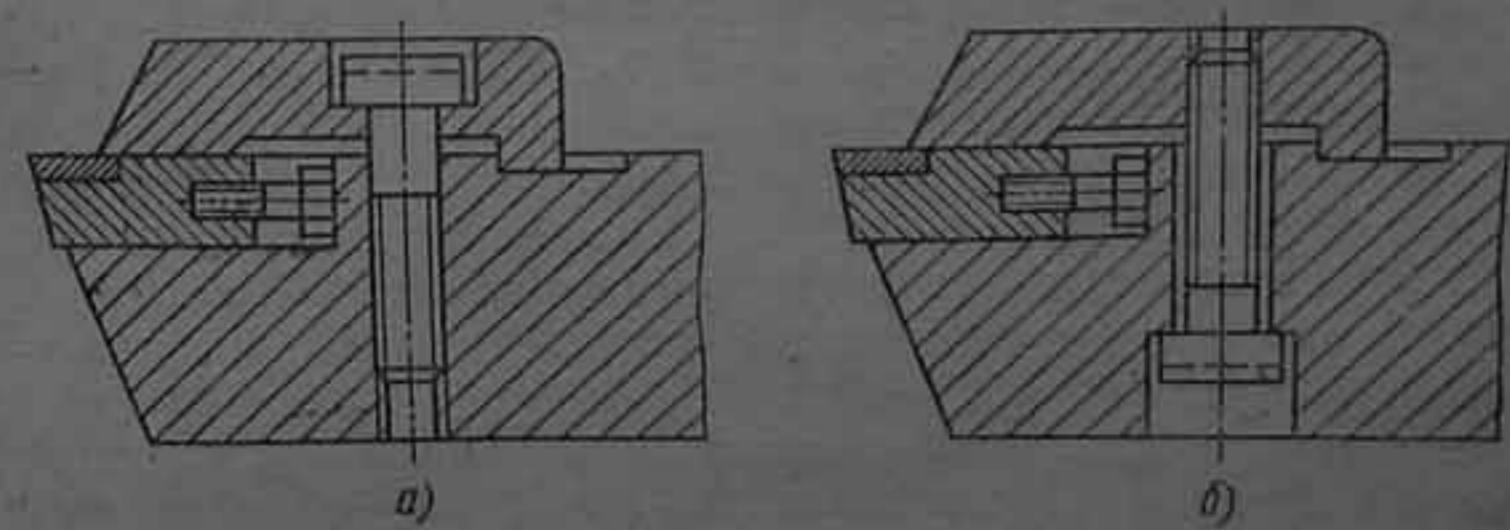


Рис. 30. Переходные вставки с регулировочным винтом в токарных резцах:  
 а — винт сверху; б — винт со стороны опорной поверхности



опорной поверхности резца; в прижимной планке в этом случае нарезают резьбовое отверстие. Прямые проходные резцы изготавливают с главными углами в плане 30, 45 и 60° и вспомогательными углами 10, 15, 30 и 45°.

Для обработки заготовок из закаленных сталей с 51,5—67,5 HRC<sub>2</sub>, а также высокопрочных и легированных чугунов корпуса резцов выполняют с установочным передним углом под вставку  $\gamma = -10^\circ$ . Главные и вспомогательные задние углы получают путем установки ( $\alpha = \alpha_1 = 6 \dots 8^\circ$ ). Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = -20^\circ$ . Геометрические элементы лезвия резцов для различных условий работы приведены в табл. 42. Переходные стальные вставки к сборным резцам выполняют цилиндрической формы с лыской с верхней или боковой стороны (см. табл. 41). В расточных резцах вставки устанавливают в зависимости от условий обработки под углом 30, 45 и 90° к оси резца.

Резцы затачивают кругами из синтетических алмазов АС280/63Б1100 % на универсально-заточных станках ЗА64М, закрепляя их в трехповоротных тисках. Доводку производят на этих же станках мелкозернистыми алмазными кругами АСМ3/2Б1100 % или алмазными пастами на притирочных станках. При образовании передней поверхности лезвия с заготовки из эльбора-Р удаляют припой на глубину не более чем на 1,5—2 мм. У передней и задних поверхностей лезвия резца параметр шероховатости должен быть  $Ra \leq 0,16$  мкм. Материалом для корпусов резцов служит сталь 40Х твердостью 41,5—46,5 HRC<sub>2</sub>. Вставки и прихваты изготавливают из стали 9ХС с 57,5—61 HRC<sub>2</sub>, а прижимные регулировочные болты и винты — из стали 45.

Режимы резания при обработке заготовок из закаленных сталей твердостью 51,5—67 HRC<sub>2</sub> резцами из эльбора-Р можно рекомендовать следующие:

тонкое точение и растачивание:  $v = 80 \dots 100$  м/мин ( $\approx 1,3—1,6$  м/с);  $S_0 = 0,02 \dots 0,04$  мм/об;  $t = 0,05 \dots 0,2$  мм;  
получистовое точение и растачивание:  $v = 60 \dots 160$  м/мин ( $\approx 1,0—2,6$  м/с);  $S_0 = 0,04 \dots 0,1$  мм/об;  $t = 0,2—0,6$  мм.

Вставки с заготовками из эльбора-Р также применяют для изготовления резьбовых резцов, двузубых зенкеров, торцовых фрез с механическим креплением ножей.

Пример 26. Сконструировать сборный расточной резец для сквозного отверстия с переходной вставкой, оснащен-

42. Геометрические элементы лезвия резца из эльбора-Р

Материал заготовки	Резец	Ф	Ф <sub>1</sub>	γ	α	α <sub>1</sub>	λ	r, мм
Закаленная сталь с 56—67 HRC <sub>2</sub> , легированный чугун	Прямой, проходной и расточный для сквозных отверстий Подрезной, упорный отогнутый, расточный для глухих отверстий	30—60	10—30	—5 ... —15	6—8	6—8	0 ... —40	0,6—2
		90—100	0—30	0 ... —5	8—10	8—10	0 ... —40	0,6—2
Закаленная сталь с 21,5—56 HRC <sub>2</sub> , серый чугун	Прямой проходной и расточный для сквозных отверстий Подрезной, упорный отогнутый, расточный для глухих отверстий	40—60	5—45	0 ... —5	6—8	6—8	0 ... —20	0,6—2
		90—100	0—5	0 ... —5	6—8	6—8	0 ... —20	0,5—2,5
Инструментальная сталь с 37 HRC <sub>2</sub> , конструкционная сталь, титан, цветные металлы	Прямой проходной и расточный для сквозных отверстий Подрезной, упорный отогнутый, расточный для глухих отверстий	45—90	10—45	0—15	8—10	8—10	0	0,6—3
		90—100	0—10	0—10	6—10	6—10	0	0,6—3



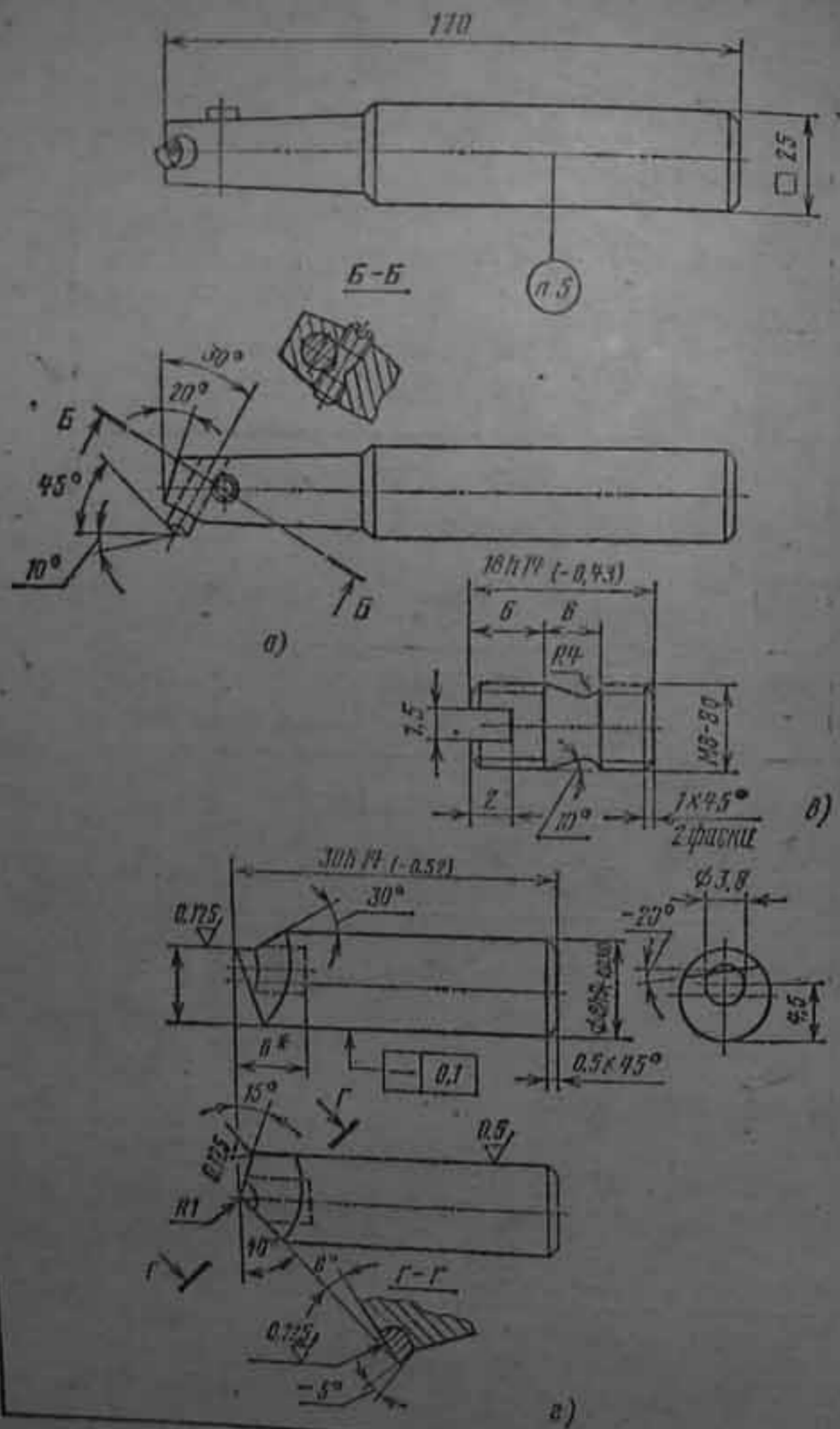
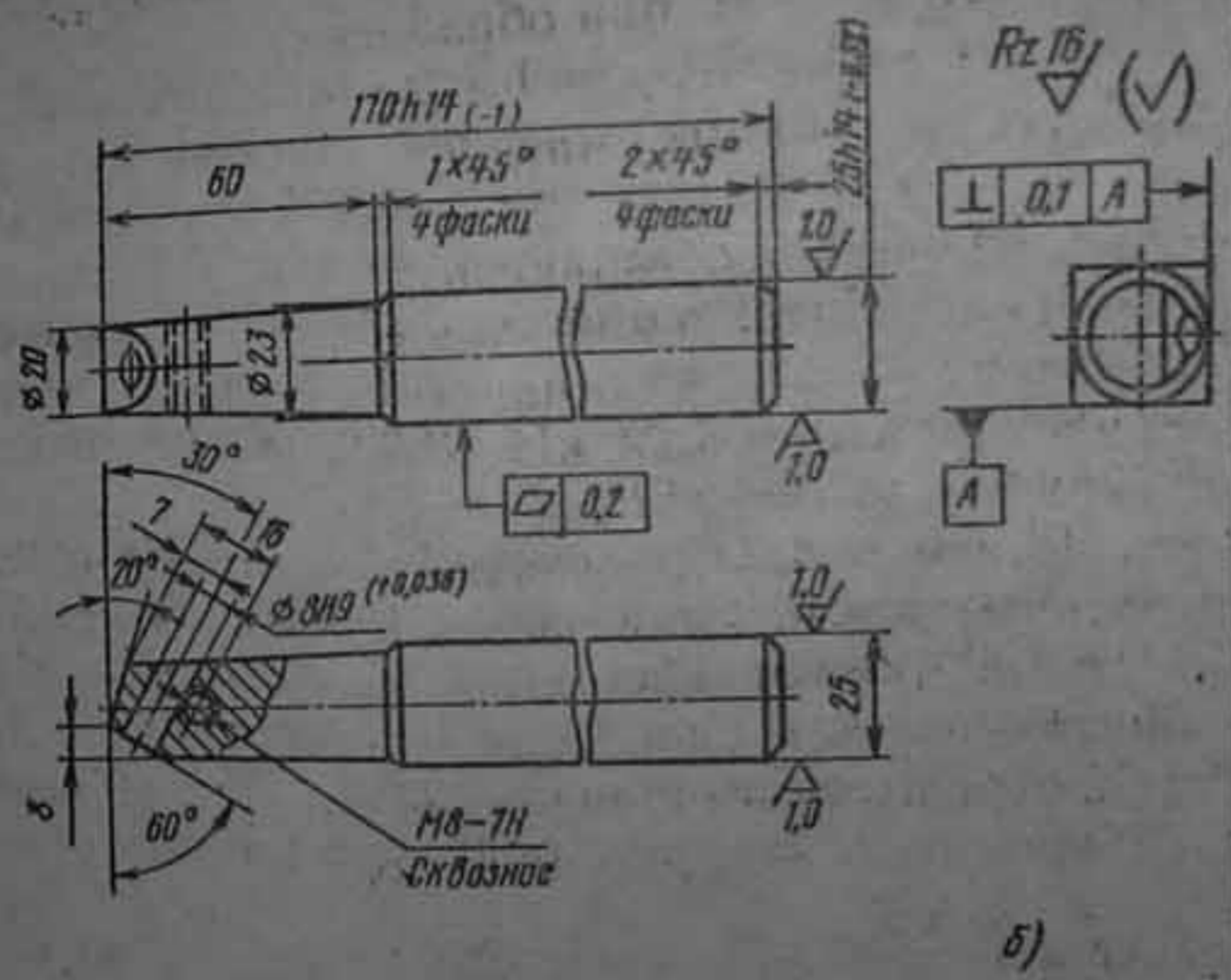


Рис. 31. Расточной сборный резец с механическим креплением вставки из эльбором-Р:  
 а — резец в сборе; б — расточная оправка; в — винт; г — вставка из эльбором



1. Заготовка из эльбора - Р имеет диаметр 3,6 мм, высоту 5 мм.
2. Материал расточной оправки - сталь 40X по ГОСТ 4543-71, вставки и винта - сталь 9ХС по ГОСТ 5950-73. Твердость оправки и винта 42...47 НРС.
3. Материал для заливки заготовки из эльбора-Р во вставку - медь красная М00 или М0 по ГОСТ 859-88.
4. Заточка режущей части производится алмазными кругами АС2 80/63 Б1 100%, доводка - алмазными кругами АСМ 3/2 В2 100% или пастами АП 28/20 - АП 20/14.
5. Маркировать: материал, размер резца и растачиваемого отверстия, товарный знак завода-изготовителя (эльбор-Р-25x25-1-50-d-30-0).

Курсовая работа					
Изм. лист	№ докум.	Лист	Дата	Разец, сборный	Литер.
Разраб.	Петров Л.Б.		22.11.92	расточный с механическим	К
Пров.	Иванов А.А.		15.11.92	креплением вставки с	750г
Г. контр.				эльбором-Р	1:2
И. контр.					Лист 1
Знак					Листов 1
					МСНТ
					гр. 3504 Д

ной эльбором-Р, для растачивания отверстия  $d = 30$  мм на длину  $l = 50$  мм в заготовке из закаленной стали У12А с 63—65 HRC<sub>2</sub>. Обработку производят на токарно-винторезном станке 16К20;  $t = 0,5$  мм;  $S_0 = 0,1$  мм/об;  $v = 80$  м/мин ( $\approx 1,3$  м/с).

**Решение.** 1. Конструктивные и габаритные размеры вставки для расточного резца для сквозного отверстия выбираем по ГОСТ 13297—86Е. Размеры расточной оправки принимаем: общая длина  $L = 170$  мм; длина рабочей части  $l = 60$  мм; сечение державки корпуса расточной оправки  $25 \times 25$  мм, диаметр рабочей части расточной оправки  $d = 25$  мм; расстояние от оси расточной оправки до вершины резца  $m = 15$  мм.

2. Геометрические элементы лезвия резца для обработки заготовок из закаленной стали с 63 ... 65 HRC<sub>2</sub> выбираем по табл. 42: главный угол в плане  $\varphi = 45^\circ$ ; вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 10^\circ$ ; передний угол  $\gamma = -5^\circ$ ; задние углы  $\alpha = \alpha_1 = 8^\circ$ ; угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = -20^\circ$ ; радиус вершины резца  $r_n = 1$  мм.

3. Размеры вставки принимаем:  $d = 8h8$ ;  $l = 30$  мм; размеры заготовки из эльбора-Р:  $d = 3,8$  мм;  $l = 5$  мм.

4. Технические требования на резец выбираем по ГОСТ 13297—86Е.

5. Выполняем рабочий чертеж резца (рис. 31). Учитывая учебный характер выполняемой работы, допускаем расположение на одном формате сборочного чертежа и чертежей основных деталей — корпуса расточной оправки, вставки и винта (см. гл. 1, § 3).

**Задача 27.** Сконструировать сборный режущий инструмент, оснащенный эльбором-Р, для обработки заготовки из закаленной стали (табл. 43).

Конструкцию и геометрические элементы выбрать по справочным данным.

43. Данные к задаче 27

№ варианта	Инструмент	Материал заготовки
1	Резец цельный расточный для сквозных отверстий $l = 35$ мм, $d = 50$ мм, с режущим элементом из эльбора-Р. Габаритные размеры резца — по ГОСТ 13297—86Е (для алмазных резцов)	Сталь Р18, 63—66 HRC <sub>2</sub>

№ варианта	Инструмент	Материал заготовки
2	Резец цельный расточный для глухих отверстий $l = 50$ мм, $d = 40$ мм, с режущим элементом из эльбора-Р. Габаритные размеры резца — по ГОСТ 13297—86Е (для алмазных резцов)	Сталь ХВГ, 37,5—51,5 HRC <sub>2</sub>
3	Фреза торцовая хвостовая диаметром 80 мм, $z = 5$ , с механическим креплением ножей-державок, оснащенных эльбором-Р. Конструкцию выбрать по технической литературе	Сталь Х, 49,5—53 HRC <sub>2</sub>
4	Резец проходной отогнутый с переходной вставкой, оснащенной эльбором-Р. Сечение резца $30 \times 30$ мм. Диаметр вставки 10 мм. Габаритные размеры резца принять конструктивно	Сталь У8А, 45,5—47,5 HRC <sub>2</sub>
5	Резец подрезной отогнутый с переходной вставкой, оснащенной эльбором-Р. Сечение $16 \times 25$ мм. Диаметр вставки 6 мм. Габаритные размеры резца — по стандартам для алмазных резцов	Сталь У13А, 61—65 HRC <sub>2</sub>
6	Резец проходной прямой с переходной вставкой, оснащенной эльбором-Р. Сечение $16 \times 25$ мм. Диаметр вставки 6 мм. Габаритные размеры резца — по стандартам для алмазных резцов	Сталь У7, 49,5—53 HRC <sub>2</sub>
7	Резец проходной прямой с переходной вставкой, оснащенной эльбором-Р. Сечение $25 \times 32$ мм. Диаметр вставки 12 мм. Габаритные размеры принять конструктивно	Сталь ХВГ, 63—65 HRC <sub>2</sub>
8	Фреза торцовая насадная диаметром 125 мм, $z = 12$ , с механическим креплением ножей-державок, оснащенных эльбором-Р. Конструкцию выбрать по учебной или технической литературе	Сталь 9ХС, 56—59 HRC <sub>2</sub>



№ варианта	Инструмент	Материал заготовки
9	Резец сборный расточный для сквозных отверстий $l = 40$ мм, $d = 30$ мм, с переходной вставкой, оснащенной эльбором-Р. Диаметр вставки 6 мм. Габаритные размеры резца принять конструктивно	Сталь ХГС, 57—61 HRC <sub>a</sub>
10	Резец сборный расточный для глухих отверстий $l = 100$ мм, $d = 80$ мм, с переходной вставкой, оснащенной эльбором-Р. Диаметр вставки 8 мм. Габаритные размеры резца принять конструктивно	Сталь 9ХС, 56—59 HRC <sub>a</sub>

§ II. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

По форме и конструкции фасонные резцы делят на круглые (дисковые), призматические и стержневые. Призматические резцы отличаются от стержневых лучшими режущими свойствами и более высокой точностью обработки. Круглые резцы более технологичны в изготовлении и допускают большее число заточек. Эти резцы имеют кольцевые и винтовые образующие. Материалом для круглых фасонных резцов служит преимущественно быстрорежущая сталь. Для экономии быстрорежущей стали призматические резцы могут быть выполнены сварными. Резцы с пластинами из твердых сплавов применяют реже, чем резцы из быстрорежущей стали, вследствие значительной трудности шлифования их профиля и меньшего допустимого числа заточек.

Для закрепления круглых фасонных резцов в державку у торцовых поверхностей этих резцов предусматривают рифления, отверстия под штифт или пазы на торце\*.

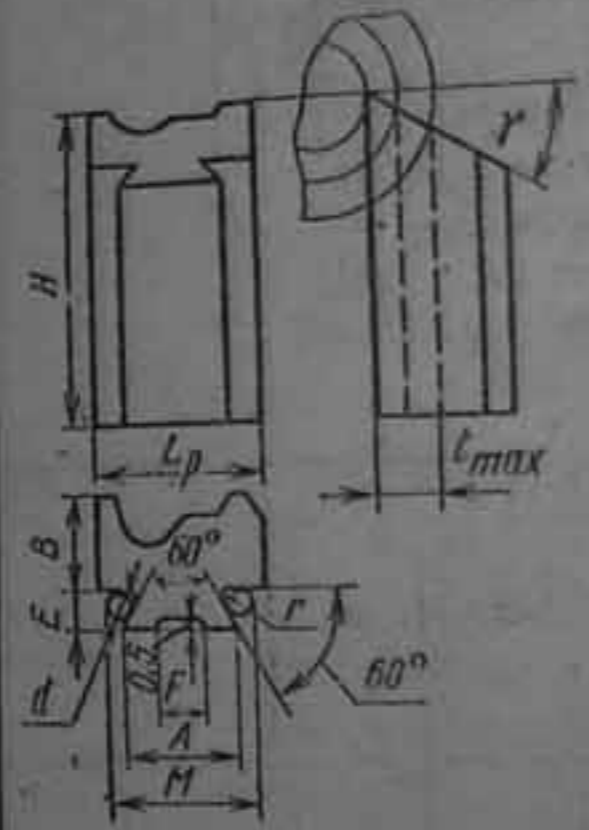
Конструктивные и габаритные размеры фасонных резцов можно выбирать в зависимости от наибольшей глубины профиля изготавливаемой фасонной детали по табл. 44—46\*\*.

\* Круглые фасонные резцы закрепляют также затяжкой (благодаря силе трения).

\*\* Основные габаритные и конструктивные размеры можно брать по [18], карты 22—24, с. 176—177.

44. Размеры, мм, фасонных призматических резцов

Глубина профиля заготовки, мм, не более	B	H	E	A	F	r	d	M (h9)
4	9		4	15	7		4	21,31
							3	18,577
6	14	75	6	20	10	0,5	6	29,46
							4	24,00
10	19			25	15		6	34,46
							4	29,00
14	25			30	20		10	45,77
							6	34,846
20	35	90	10	40	25	1	10	55,77
							6	44,846
28	45	100	15	60	40		15	83,66
							8	64,536



Примечания: 1. Для заданной глубины профиля  $l_{max}$  допускается применять резцы больших габаритных размеров, например, для заготовки с глубиной профиля  $l = 7$  мм можно принять резцы с габаритными размерами для  $l_{max} \leq 14$  мм.

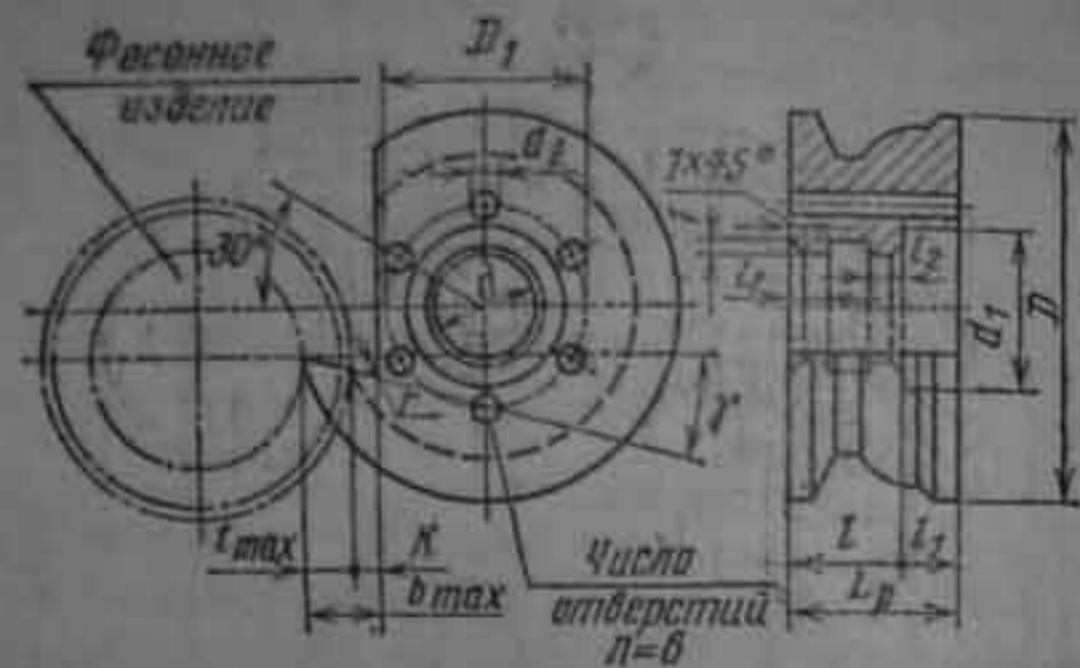
2. Передний угол  $\gamma$  выбирают по табл. 47.

3. Размер  $L_p$  зависит от длины изготавливаемых деталей.

4. При наличии роликов других диаметров  $M = A + d \left( 1 + \text{ctg} \frac{\lambda}{2} \right) - 2E \text{ctg} \lambda$ , где  $\lambda = 60^\circ$  (для данного чертежа).

5. При контроле размера  $M$  для каждого типоразмера хвостовика могут быть использованы ролики двух диаметров.

45. Размеры, мм, фасонных дисковых резцов с отверстиями под штифт, мм



Глубина профиля заготовки $l_{max}$ , мм, не более	D	d (H8)	$d_1$	$b_{max}$	K	r	$D_1$	$d_2$
6	50	13	20	9	1	1	28	5
8	60	16	25	11	3	2	34	5
11	75	22	34	15	4	2	42	6
14	90	22	34	18	4	2	45	6
18	100	27	40	23	5	2	52	8
25	125	27	40	30	5	3	55	8

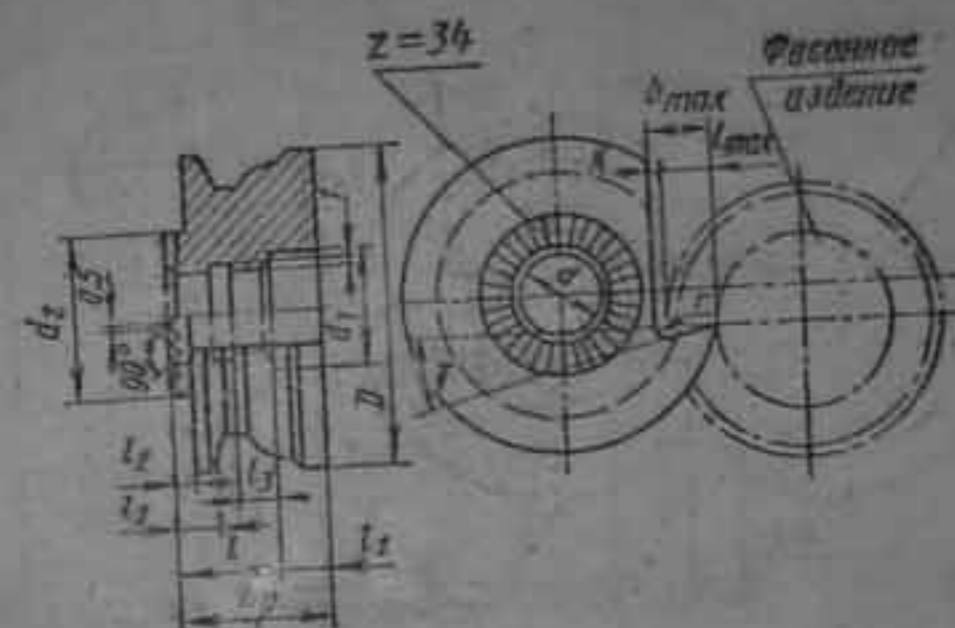
Примечания: 1. Для заданной глубины профиля  $l_{max}$  допускается применять резцы больших габаритных размеров (см. примеч. 1 к табл. 44).

2. Передний угол  $\gamma$  выбирают по табл. 47.

3. Размер  $L_p$  зависит от длины изготавливаемой детали.

4. Размеры  $l = L_p - l_1$ ;  $l_1 = \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{2}\right) L_p$ ;  $l_2 = \frac{1}{4} l$ .

46. Размеры, мм, фасонных дисковых резцов с торцовыми рифлениями



Глубина профиля заготовки $l_{max}$ , не более	D	d (H8)	$d_1$	$b_{max}$	K	r	$d_2$	$l_2$
4	30	10	16	7	3	1	—	—
6	40	13	20	10	3	1	20	—
8	50	16	25	12	4	2	26	3
10	60	16	25	14	4	2	32	3
12	70	16	25	17	4	2	35	4
15	80	22	34	20	5	2	40	4
18	90	22	34	23	5	2	45	5
21	100	27	40	25	5	2	50	5

Примечания: 1. Для заданной глубины профиля  $l_{max}$  допускается применять резцы больших габаритных размеров (см. примеч. 1 к табл. 44).

2. Передний угол  $\gamma$  выбирают по табл. 47.

3. Размер  $L_p$  зависит от длины изготавливаемой детали.

4. Размеры  $l = L_p - l_1$ ;  $l_1 = \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{2}\right) L_p$ ;  $l_2 = \frac{1}{4} l$ .



47. Геометрические элементы лезвия рабочей части фасонных резцов

Материал заготовки	$\sigma_b$		Передний угол $\gamma$
	МПа	кгс/мм <sup>2</sup>	
Алюминий, медь	—	—	20—25
Бронза, свинцовая латунь	—	—	0—5
Сталь с HB:			
до 150	До 500	До 50	25
150—235	500—800	50—80	20—25
235—280	800—1000	80—100	12—20
280—350	1000—1200	100—120	8—12
Чугун с HB:			
до 150	—	—	15
150—200	—	—	12
200—250	—	—	8

Примечание. Передний и задний углы лезвия задают в плоскости, перпендикулярной к оси изготавливаемой фасонной детали; задний угол  $\alpha = 8 \dots 15^\circ$ .

Геометрические элементы лезвия фасонных резцов зависят от материала заготовки и подачи. Углы  $\gamma$  и  $\alpha$  зависят от заточки передней поверхности резца и его установки относительно центра заготовки на величину  $h$  (выбирают по табл. 47).

Круглые резцы для внутреннего фасонного растачивания вследствие малых габаритных размеров могут быть выполнены с хвостовиком, цельными или сварными. Для облегчения ввода резца в отверстие верхнюю часть резца срезают под углом  $50^\circ$ . Максимально допустимый диаметр резца не должен превышать  $0,8d$  отверстия.

Для крепления фасонных резцов на станках могут быть применены державки и приспособления разнообразных конструкций в зависимости от того, возможно ли их размещение на суппортах станков и каковы размеры посадочных мест, допустимые силы резания, а также погрешности, допущенные при установке и регулировании режущей кромки, относительно высоты центра заготовки.

Размеры державок фасонных резцов приведены в работе [3]. Размеры дополнительных режущих кромок фасонных резцов, осуществляющих подрезание торцовых участков профиля, обработку прямоугольных канавок и фасок заготовки (рис. 32), выбирают по следующим

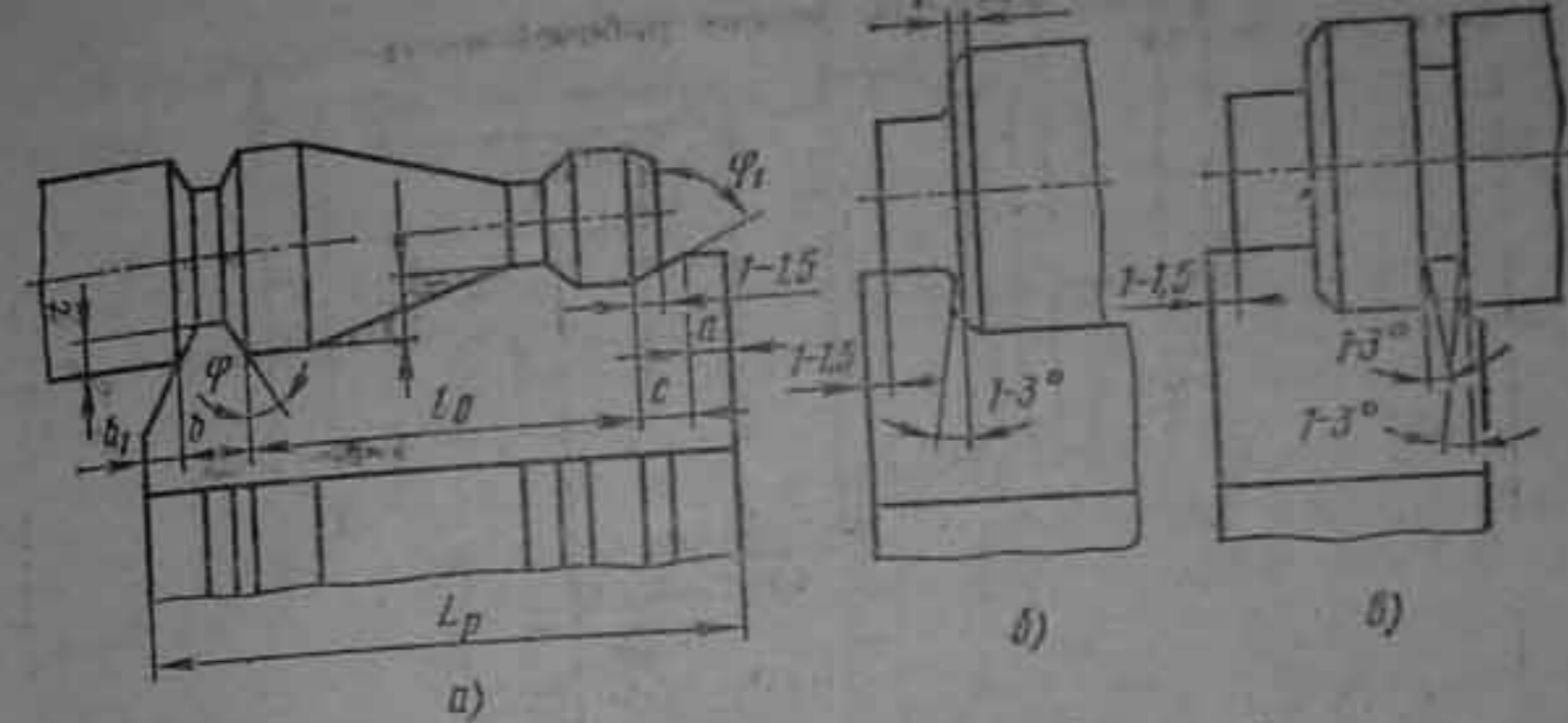


Рис. 32. Дополнительные режущие кромки фасонных резцов:

а — при обтачивании фасонных поверхностей; б — при снятии фаски; в — при протачивании канавки

данным:  $a = 2 \dots 5$  мм — ширина дополнительной упрочняющей режущей кромки;  $c$  — ширина концевой режущей кромки (при обработке фаски берется по ширине фаски с перекрытием  $1-1,5$  мм; для подрезания заготовки  $c = 1 \dots 3$  мм);  $\phi_1 = 15 \dots 20^\circ$  — угол концевой режущей кромки (для снятия фасок  $\phi_1 = \alpha_{\text{фас}}$ );  $t$  — высота участка режущей кромки, предназначенной для протачивания канавки с целью облегчения отрезания детали (она должна быть не более максимальной глубины профиля);  $b$  — ширина участка режущей кромки, предназначенной для протачивания канавки с целью облегчения отрезания, она должна быть больше ширины режущей кромки отрезного резца или равна ей,  $b \geq 3 \dots 8$  мм (ГОСТ 18874—73\*);  $b_1 = 0,5 \dots 1,5$  мм — перекрытие режущей кромки под отрезание;  $\phi = 15^\circ$  — угол режущей кромки под отрезание;  $L_p$  — общая ширина резца;  $L_d$  — длина детали ( $L_d$  условно показана для случая подрезания без фаски).

§ 12. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

Профиль фасонного резца, как правило, не совпадает с профилем исходной заготовки. Поэтому эти профили необходимо скорректировать. Профиль фасонного резца можно рассчитать двумя основными способами: аналитическим (расчетным) или графическим.



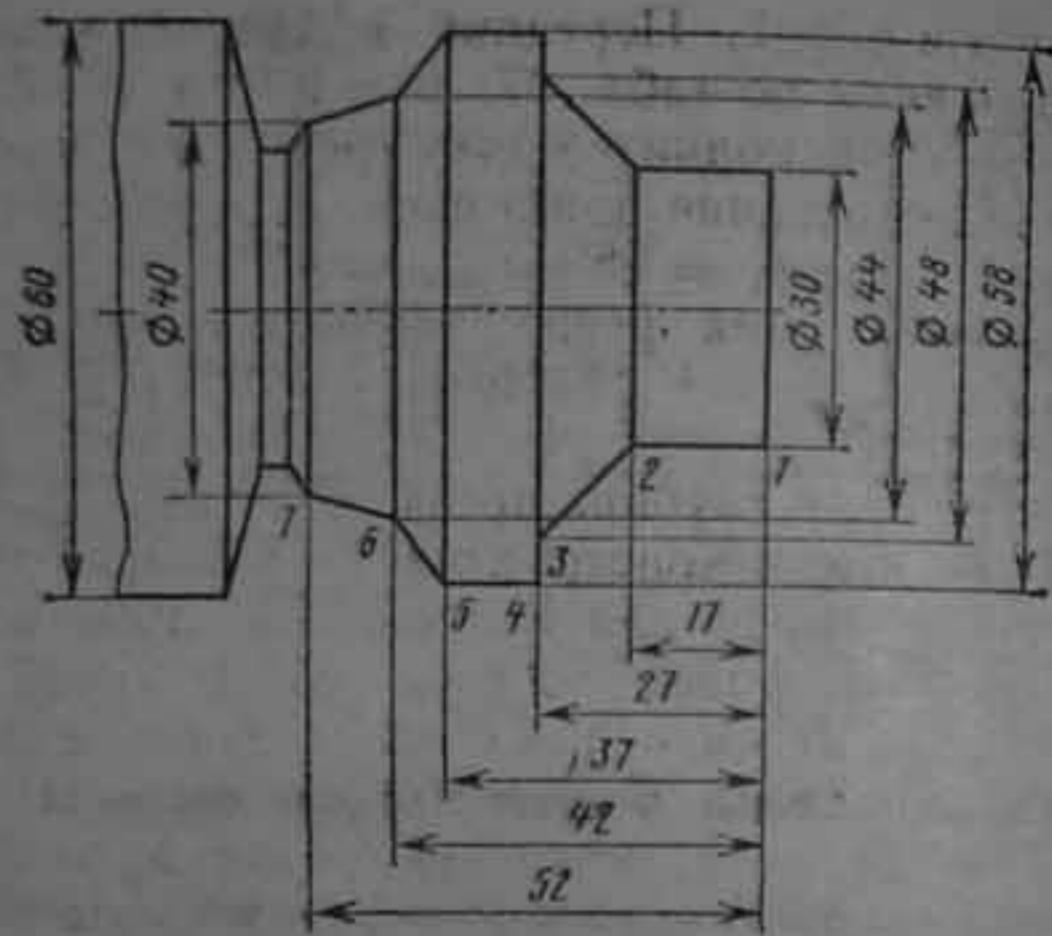


Рис. 33. Эскиз заготовки к примерам 27 и 28

Аналитический расчет профиля резца. Изложение методики аналитического расчета профиля фасонных резцов приведено в работах [1, 12].

В этом параграфе приведены примеры расчета профиля круглых и призматических фасонных резцов. Для резцов с обычной установкой на станке, при которой ось отверстий круглого резца или база крепления призматического резца параллельна оси заготовки, рассчитывают лишь радиальные размеры. Все осевые размеры резца, параллельные оси заготовки, принимают равными размерам заданного профиля обрабатываемой детали.

Для удобства расчета составляют таблицу, где указывают логарифмы размеров. Это делают с целью облегчения и ускорения расчета: умножение и деление заменяют сложением и вычитанием соответствующих логарифмов. Расчет размеров профиля резца ведут с точностью до 0,001 мм, округляя их затем до 0,01 мм для простановки на чертежах шаблона.

Пример 27. Рассчитать и сконструировать круглый фасонный резец с отверстиями под штифт для наружного обтачивания фасонной заготовки, изготавливаемой из пруткового материала диаметром 60 мм. Материал заготовки — углеродистая конструкционная сталь 30 с  $\sigma_b = 600$  МПа ( $\approx 60$  кгс/мм<sup>2</sup>). Заготовку обрабатывают с проточкой канавки под отрезание (рис. 33).

Решение. 1. Передний и задний углы лезвия резца определяем по табл. 47:  $\gamma = 20^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ .  
 2. Размеры, дополнительных режущих кромок под отрезание и подрезание принимаем:  $b_1 = 1$  мм;  $b = 7$  мм;  $c = 0$ ;  $a = 2$  мм;  $\varphi_1 = 15^\circ$ ;  $\varphi_{\text{фас}} = 45^\circ$ .  
 3. Общая ширина резца вдоль оси заготовки (см. рис. 32)  $L_p = l_d + a + c + b + b_1 = 52 + 2 + 7 + 1 = 62$  мм.  
 4. Наибольшая глубина профиля детали  $l_{\text{max}} = 14$  мм.  
 5. Габаритные и конструктивные размеры резца с отверстиями под штифт для наибольшей глубины профиля  $l_{\text{max}} = 14$  мм выбираем по табл. 45:  $D = 100$  мм;  $d = 27$  мм;  $d_1 = 40$  мм и далее по следующим формулам: высота заточки резца  $H = R \sin(\alpha + \gamma) = 50 \sin 32^\circ = 26,496$  мм; высота установки резца  $h_p = R \sin \alpha = 50 \sin 12^\circ = 10,395$  мм, где  $R$  — радиус резца\*. Остальные конструктивные размеры указывают на рабочем чертеже резца.

6. Согласно размерам на чертеже заготовки радиусы окружностей узловых точек профиля заготовки  $r_1, r_2, r_3$  и т. д. и осевые расстояния до этих точек от торца до заготовки  $l_{1-2}, l_{1-3}, l_{1-5}$  и т. д. следующие:

$$\begin{aligned} r_1 = r_2 = 15 \text{ мм}; & \quad l_{1-2} = 17 \text{ мм}; \\ r_3 = 24 \text{ мм}; & \quad l_{1-3,4} = 27 \text{ мм}; \\ r_4 = r_5 = 29 \text{ мм}; & \quad l_{1-5} = 37 \text{ мм}; \\ r_6 = 22 \text{ мм}; & \quad l_{1-6} = 42 \text{ мм}; \\ r_7 = 20 \text{ мм}; & \quad l_{1-7} = 52 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Допуски на указанные размеры принимают равными 1/3 допусков на соответствующие размеры обрабатываемой заготовки.

7. Корректируем профиль резца: данные коррекционного расчета резца сводим в табл. 48.

8. Построение шаблонов и контршаблонов для контроля фасонного профиля резцов (при контроле отклонений размеров шлифования фасонных поверхностей на

\* Отклонение размеров  $H$  и  $h_p$  и угла заточки  $\xi = \alpha + \gamma$  зависит от допусков на профиль обрабатываемой заготовки и погрешностей, допущенных при установке резцов на угол заточки (при затачивании на универсально-заточных станках — в пределах  $\pm 30^\circ$ ).



48. Данные коррекционного расчета профиля резца  
(к примеру 27)

Расчетная формула	Значение параметра	Логарифмы	Примечание
$A_m = r_1 \sin \gamma_1$	$\gamma_1 = 20^\circ 00'$ $r_1 = r_2 = 15,000$ $\sin \gamma_1 = 0,342$ $h_m = 5,130$	— 1,17609 1,53403 0,71012	— — — —
$A_1 = r_1 \cos \gamma_1$ $A_2 = A_1$ $\sin \gamma_2 = \frac{h_m}{r_2}$	$\cos \gamma_1 = 0,940$ $A_1 = 14,095$ $r_2 = 24,000$ $\sin \gamma_2$ $\gamma_2 = 12^\circ 20' 32''$	1,97299 1,14908 1,38021 1,32991 —	— — — $\lg \cos \gamma_2 = 1,98984$ —
$A_3 = r_3 \cos \gamma_3$ $C_2 = A_3 - A_1$ $\sin \gamma_4 = \frac{h_4}{r_4}$	$\cos \gamma_3$ $A_3 = 23,445$ $C_2 = 9,350$ $r_4 = r_5 = 29,000$ $\sin \gamma_4$ $\gamma_4 = 10^\circ 11' 20''$	1,98984 1,37005 0,97081 1,46240 1,24772 —	— — — — $\lg \cos \gamma_4 = 1,99309$ —
$A_4 = r_4 \cos \gamma_4$	$\cos \gamma_4$ $A_4 = 28,543$	1,99309 1,45549	— —
$C_4 = A_4 - A_1$	$C_4 = C_5 = 14,448$	1,15981	—
$\sin \gamma_6 = \frac{h_m}{r_6}$	$r_6 = 22,000$ $\sin \gamma_6$ $\gamma_6 = 13^\circ 29' 05''$	1,34242 1,36770 —	$\lg \cos \gamma_6 = 1,98786$ — —
$A_6 = r_6 \cos \gamma_6$	$\cos \gamma_6$ $A_6 = 21,394$	1,98786 1,33028	— —
$C_6 = A_6 - A_1$	$C_6 = 7,299$ $r_7 = 20,000$ $\sin \gamma_7$ $\gamma_7 = 14^\circ 51' 45''$	0,86326 1,30103 1,40909 —	— — $\lg \cos \gamma_7 = 1,98522$ —
$A_7 = r_7 \cos \gamma_7$	$\cos \gamma_7$ $A_7 = 19,331$	1,98522 1,28625	— —
$C_7 = A_7 - A_1$ $e_1 = \alpha_1 + \gamma_1$	$C_7 = 5,236$ $\alpha_1 = 12^\circ 00'$ $\gamma_1 = 20^\circ 00'$ $e_1 = 32^\circ 00'$	0,71900 — — —	— — — —

Расчетная формула	Значение параметра	Логарифмы	Примечание
$H = R_1 \sin \varepsilon_1$ $R_1 = R_2$	$R_1 = 50,000$ $\sin \varepsilon_1$ $H = 26,496$	1,69897 1,72421 1,42318	— $\lg \cos \varepsilon_1 = 1,92842$ —
$B_1 = R_1 \cos \varepsilon_1$ $B_2 = B_1$ $B_3 = B_1 - C_3$	$\cos \varepsilon_1$ $B_1 = 42,402$ $C_3 = 9,350$ $B_3 = 33,052$	1,92842 1,62739 — 1,51920	— — — —
$\lg \varepsilon_3 = \frac{H}{B_3}$	$\lg \varepsilon_3$ $\varepsilon_3 = 38^\circ 43' 04''$	1,90398 —	$\lg \sin \varepsilon_3 = 1,79623$ $\lg \cos \varepsilon_3 = 1,89222$ —
$R_3 = \frac{H}{\sin \varepsilon_3} = \frac{B_3}{\cos \varepsilon_3}$	$\sin \varepsilon_3$ $\cos \varepsilon_3$ $R_3 = 42,362$	1,79622 1,89222 —	— — —
$B_4 = B_1 - C_4$ $B_5 = B_4$	$C_4 = 14,448$ $B_4 = 27,954$	— 1,44644	— —
$\lg \varepsilon_4 = \frac{H}{B_4}$	$\lg \varepsilon_4$ $\varepsilon_4 = 42^\circ 28' 00''$	1,97674 —	$\lg \sin \varepsilon_4 = 1,83755$ $\lg \cos \varepsilon_4 = 1,86080$ —
$R_4 = \frac{H}{\sin \varepsilon_4} = \frac{B_4}{\cos \varepsilon_4}$	$\sin \varepsilon_4$ $\cos \varepsilon_4$ $R_4 = 38,516$	1,83755 1,86080 1,58564	— — —
$B_6 = B_1 - C_6$	$C_6 = 7,299$ $B_6 = 35,103$	— 1,54535	— —
$\lg \varepsilon_6 = \frac{H}{B_6}$	$\lg \varepsilon_6$ $\varepsilon_6 = 37^\circ 02' 14''$	1,87783 —	$\lg \sin \varepsilon_6 = 1,77993$ $\lg \cos \varepsilon_6 = 1,90210$ —
$R_6 = \frac{H}{\sin \varepsilon_6} = \frac{B_6}{\cos \varepsilon_6}$	$R_6 = 43,979$	1,64325	—
$B_7 = B_1 - C_7$	$C_7 = 5,236$	—	—
$B_8 = B_7$	$B_7 = 37,166$	1,57015	—

Расчетная формула	Значение параметра	Логарифмы	Примечание
$\lg \epsilon_7 = \frac{H}{B_7}$	$\lg \epsilon_7$ $\epsilon_7 = 35^\circ 29' 07''$	$\bar{1},85303$ —	$\lg \sin \epsilon_7 = 1,76380$ $\lg \cos \epsilon_7 = 1,91077$ —
$R_7 = \frac{H}{\sin \epsilon_7} = \frac{B_7}{\cos \epsilon_7}$	$\sin \epsilon_7$ $\cos \epsilon_7$ $R_7 = 45,643$	$\bar{1},76380$ $\bar{1},91077$ $1,65938$	— — —
Примечание. Линейные размеры в мм.			

резцах) сводится для круглых резцов к определению разности радиусов всех узловых точек рассчитанного фасонного профиля относительно узловой контурной (начальной) точки I:

$$P_2 = R_1 - R_2 = 50,000 - 50,000 = 0;$$

$$P_3 = R_1 - R_3 = 50,000 - 42,362 = 7,638 \text{ мм};$$

$$P_4 = P_5 = R_1 - R_4 = 50,000 - 38,516 = 11,484 \text{ мм};$$

$$P_6 = R_1 - R_6 = 50,000 - 43,979 = 6,021 \text{ мм};$$

$$P_7 = R_1 - R_7 = 50,000 - 45,643 = 4,357 \text{ мм}.$$

Допуски на линейные размеры фасонного профиля шаблона при его изготовлении не должны превышать  $\pm 0,01$  мм.

Криволинейные контурные участки резцов, обрабатывающих радиусные скругления на заготовках, могут быть заданы: а) координатными размерами ряда промежуточных точек, через которые проводится плавная кривая линия; б) в виде дуги некоторого радиуса, который вычисляют, используя координатные размеры трех узловых точек, лежащих на данном криволинейном участке обрабатываемой заготовки.

На рис. 34 показано расположение координатных размеров профиля обрабатываемой заготовки, круглого фасонного резца и шаблона по условиям данного примера; на рис. 35, а — рабочий чертеж этого резца, на рис. 35, б — шаблон и контршаблон (рис. 34 в состав

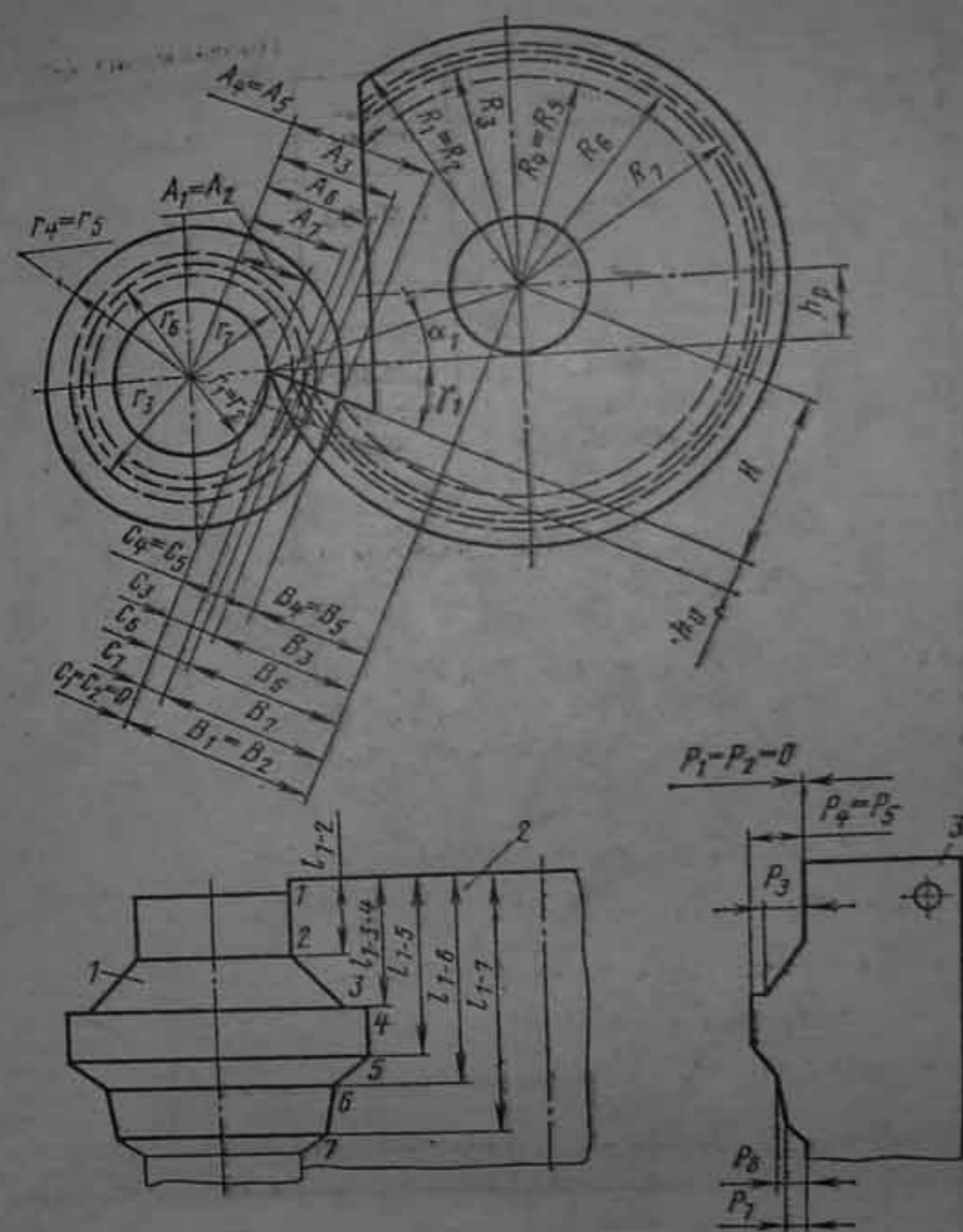


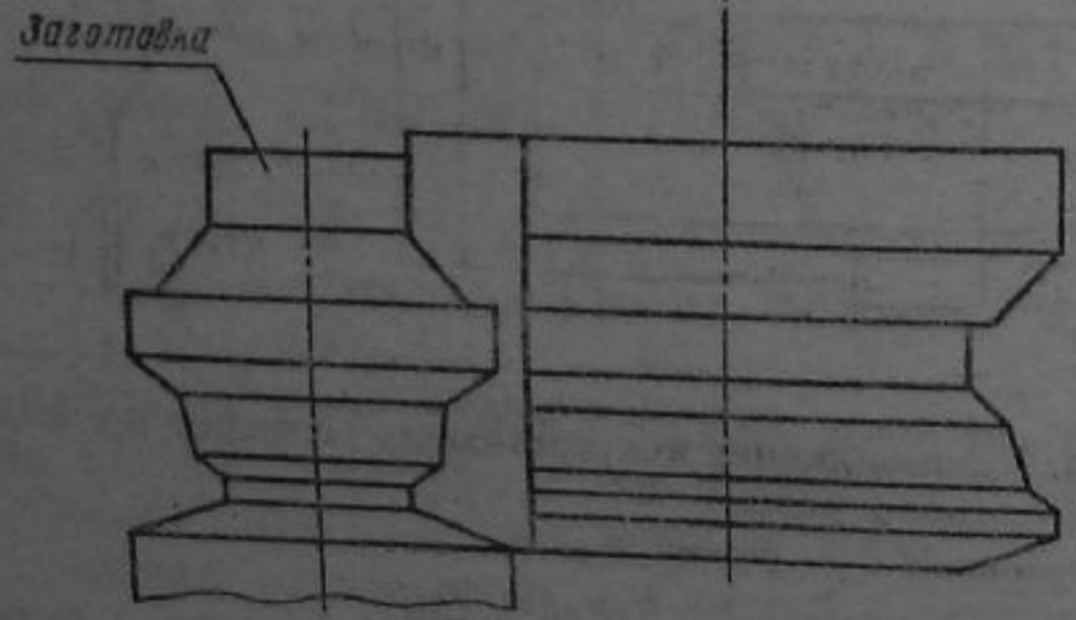
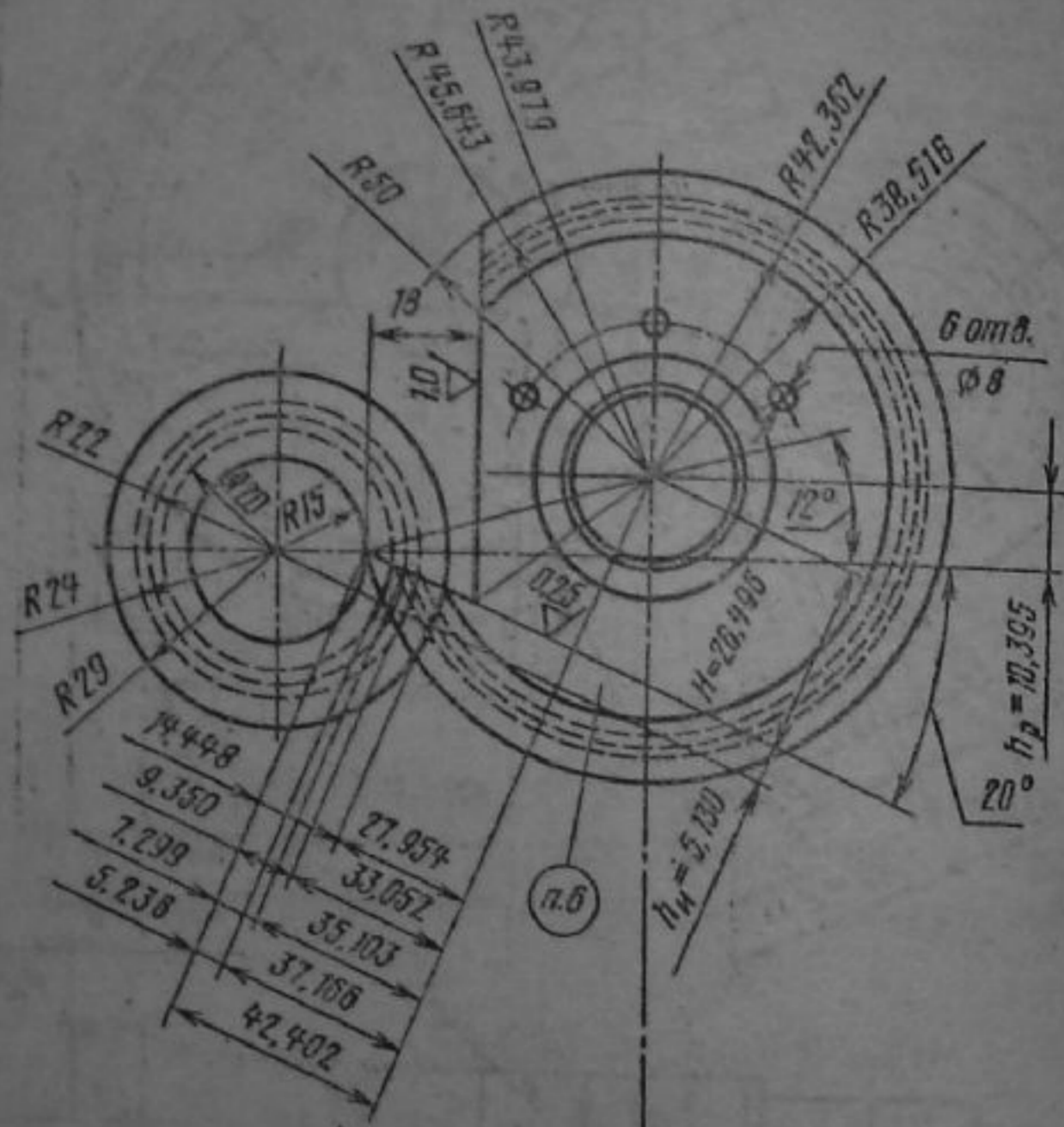
Рис. 34. Расположение координатных размеров профиля круглого фасонного резца:

1 — заготовка; 2 — резец; 3 — шаблон

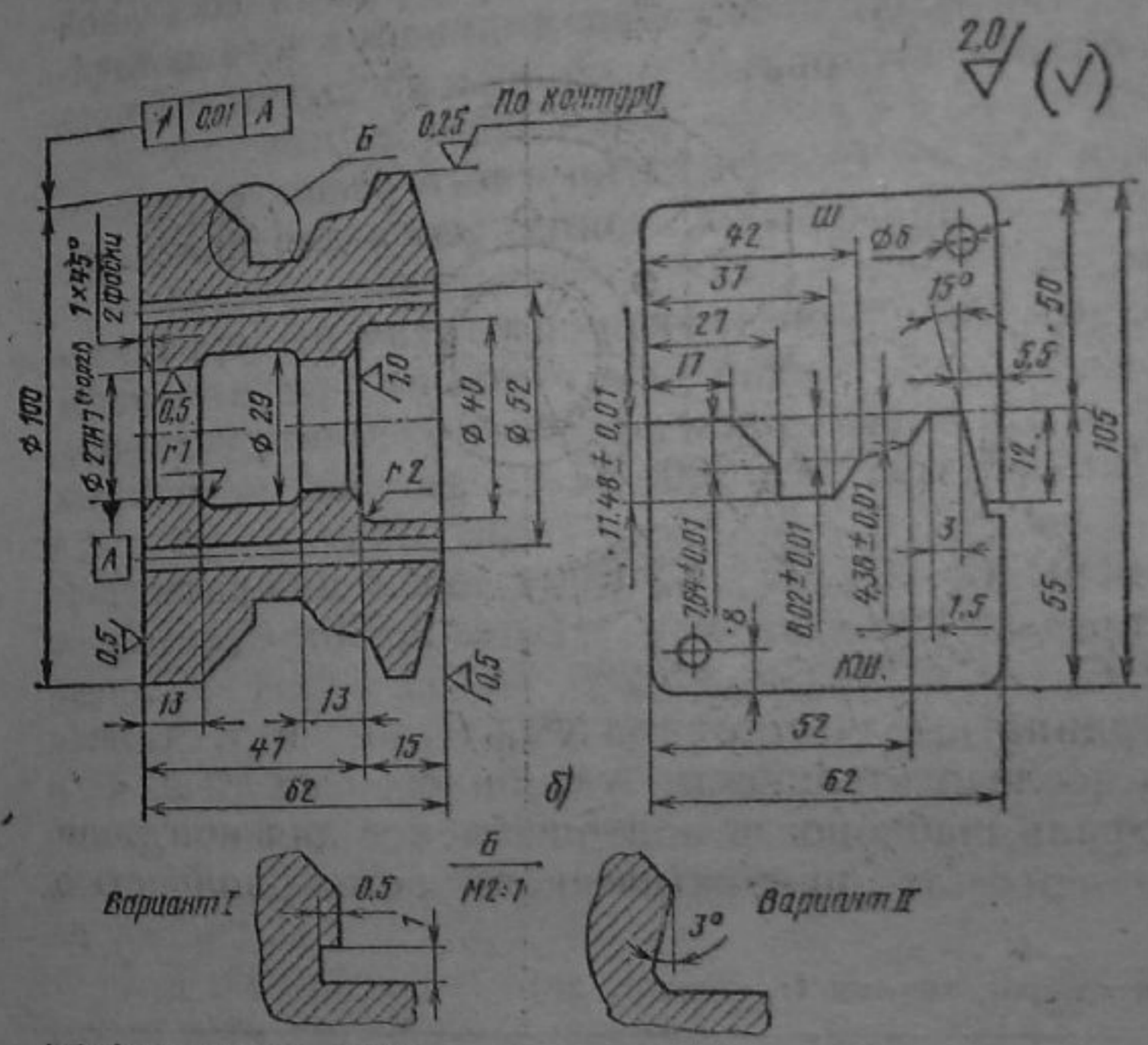
рабочего чертежа не входит). Для резцов с особой установкой на станке необходимо указывать угол между осями резца и заготовки, диаметры или расстояния до базовых опорных поверхностей.

На рабочем чертеже фасонного резца должны быть указаны размеры габаритные, базовых отверстий или поверхностей, глубина и угол заточки, конструктивные элементы и размеры крепежного венца. Буквенные обозначения координатных размеров на рабочем чертеже





а)



1. Твердость реза 63...65 HRC<sub>2</sub>.
2. Материал шаблона и контршаблона - сталь Х12 или другая для измерительного инструмента.
3. Твердость шаблона и контршаблона 62...65 HRC<sub>2</sub>.
4. Размеры контурных точек профиля реза получить коррекционным расчетом с отклонением до 0,001 мм.
5. Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий H14, вылов h14, остальных размеров  $\pm IT14/2$  по ГОСТ 25397-82.
6. Маркировать: код (номер) обрабатываемой заготовки, марку стали реза, высоту установки реза  $h_p$ , высоту заточки H, товарный знак завода-изготовителя (00736 - P18 -  $h_p=10,395$  - H=26,436 - φ).

					Курсовая работа			
Изм.	Вкл.	№ докум.	Подп.	Дата	Резец фасонный круглый	Листов	Масса	Изготовит
Разраб.		Петрова А.Б.		17.11.92		К	2,6	1:2
Провер.		Иванов Б.А.		18.11.92				
Контр.						Лист 1	Листов 1	
И.контр.					Сталь P18 ГОСТ 19265-73*			МОНТ зр. 3504Д
Утв.								

Рис. 35. Чертеж круглого фасонного реза:  
а - заготовка с резаем; б - шаблон и контршаблон



резца, шаблона и контршаблона не проставляют. На чертеже указывают основные технические требования к инструменту (см. с. 25).

**Пример 28.** Рассчитать и сконструировать составной призматический фасонный резец для наружного обтачивания фасонной заготовки по данным предыдущего примера (см. рис. 33).

**Решение.** 1. Элементы круглого резца, определяемые в пп. 1—4 примера 27, принимаем и для призматического резца.

2. Габаритные и конструктивные размеры призматического резца для наибольшей глубины профиля заготовки  $l_{\max} = 14$  мм выбираем по табл. 46. Конструктивные размеры  $B = 35$  мм,  $H = 90$  мм указывают на рабочем чертеже резца.

3. Размеры  $C_3, C_4, C_5, C_6$  и  $C_7$  берем из расчетной таблицы предыдущего примера:  $C_3 = 9,350$ ;  $C_4 = C_5 = 14,448$ ;  $C_6 = 7,299$ ;  $C_7 = 5,235$ .

4. Координатные расстояния  $P_3, P_4, P_5$  и т. д. вычисляем в последовательности, указанной в табл. 49.

5. Профиль шаблонов и контршаблонов для контроля фасонного профиля призматического резца полностью

49. Координаты расстояния (к примеру 28)

Расчетная формула	Параметр	Логарифм параметра
$\varepsilon_1 = \alpha_1 + \gamma_1$	$\alpha_1 = 12^\circ 00'$ $\gamma_1 = 20^\circ 00'$ $\cos \varepsilon_1$	— — 1,92842
$P_3 = C_3 \cos \varepsilon_1$	$C_3 = 9,350$ $P_3 = 7,9292$	0,97081 0,89923
$P_4 = C_4 \cos \varepsilon_1$ $P_5 = P_4$	$C_4 = 14,448$ $P_4 = 12,253$	1,15981 1,08823
$P_6 = C_6 \cos \varepsilon_1$	$C_6 = 7,299$ $P_6 = 6,1892$	0,86326 0,79158
$P_7 = C_7 \cos \varepsilon_1$	$C_7 = 5,236$ $P_7 = 4,4404$	0,71900 0,64742

Примечания: 1.  $\lg \sin \varepsilon_1 = 1,72421$ . 2. Линейные размеры в мм.

Рис. 36. Расположение координатных размеров профиля призматического фасонного резца:  
1 — заготовка; 2 — резец; 3 — шаблон

определяется координатными расстояниями  $P_3, P_4, P_5, P_6$  и  $P_7$ , вычисленными в результате коррекционных расчетов координат отдельных узловых точек данного профиля. Допуски на линейные размеры фасонного профиля шаблона при его изготовлении не должны превышать  $\pm 0,01$  мм.

На рис. 36 показано расположение координатных размеров профиля обрабатываемой заготовки призматического фасонного резца и шаблона по условиям данного примера, а на рис. 37, а и б дан рабочий чертеж этого резца, шаблона и контршаблона (рис. 36 в состав рабочего чертежа не входит).

6. Рабочий чертеж призматического фасонного резца выполняем согласно указаниям (см. с. 25). Размеры фасонной поверхности резца заданы на изображенном в большем масштабе профиле шаблона для резца. Буквенные обозначения координатных размеров на рабочем чертеже резца и шаблона не проставляются.

**Графический способ определения профиля резца.**

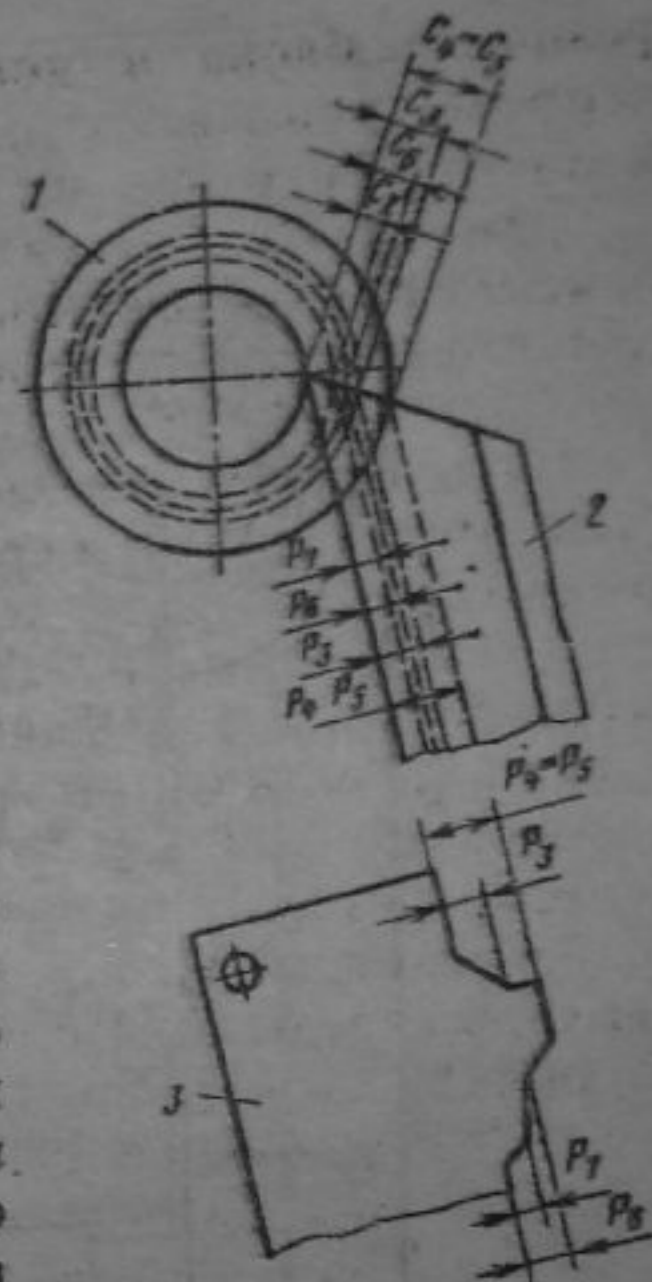
**Пример 29.** Сконструировать круглый фасонный резец для обработки фасонной заготовки (рис. 38), изготавливаемой из прутковой стали У7А с пределом прочности  $\sigma_B = 800$  МПа ( $\approx 80$  кгс/мм<sup>2</sup>).

**Решение.** 1. Передние и задние углы лезвия резца определяем по табл. 47:  $\gamma = 20^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ .

2. Строим профиль заготовки, для чего проводим ось, от которой откладываем соответствующие размеры профиля заготовки, и строим в левом нижнем углу чертежа полный профиль.

3. Проектируем полученные точки 1, 2, 3, 4 профиля на ось  $OO$  и получаем точки 1', 2', 3', 4'.

4. Из центра  $O$  проводим окружности соответствующих радиусов  $r_1, r_2, r_3, r_4$ . В результате чего получаем









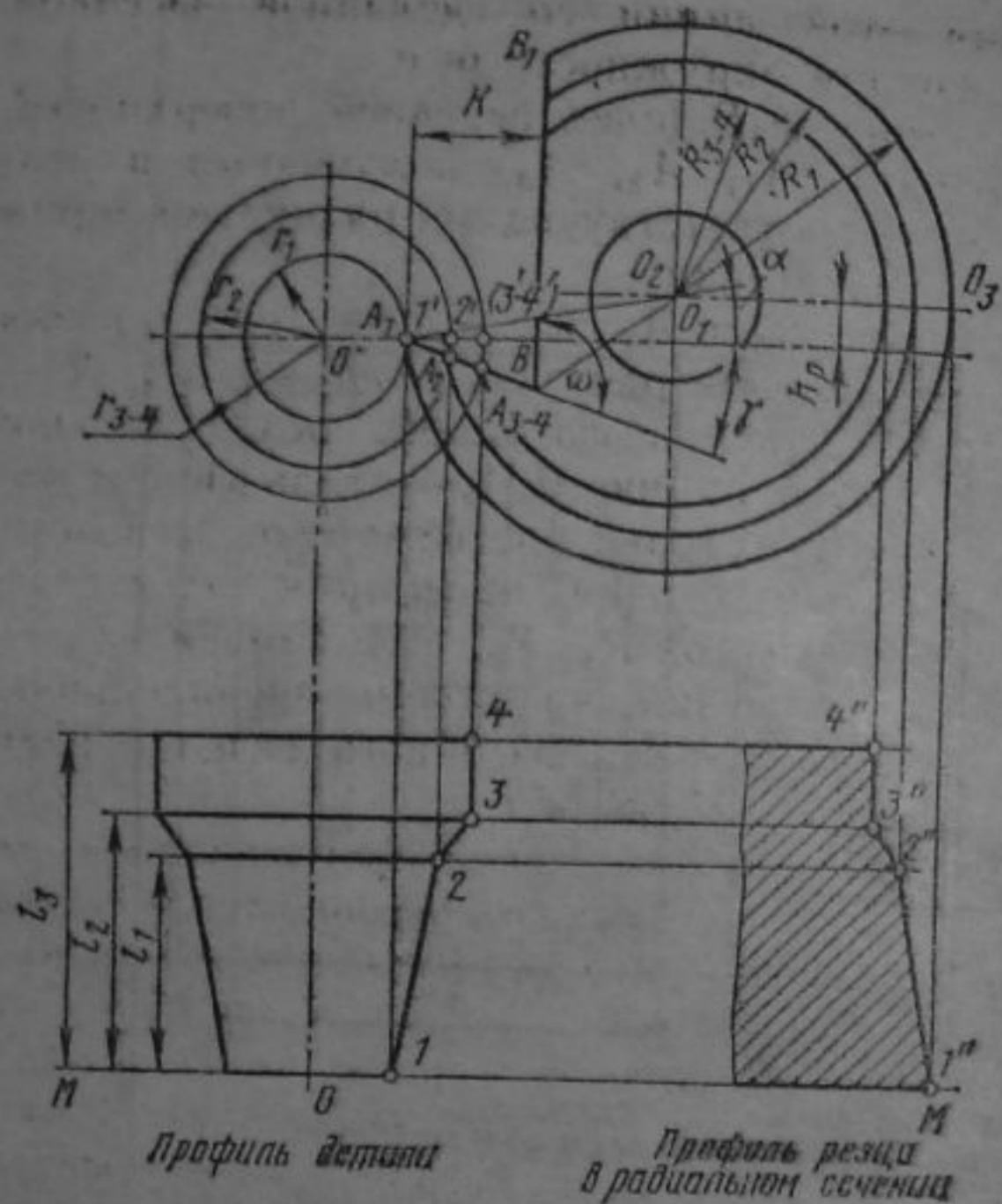


Рис. 38. Графическое построение профиля круглого фасонного резца для наружной обработки

мальное расстояние, необходимое для отвода стружки от передней поверхности резца, выбирают на 3—10 мм больше максимальной глубины профиля заготовки  $l_{\max}$  по табл. 46. Из точки  $B$ , в которой линия  $BB_1$  пересекается с передней поверхностью, проводим линию, делящую угол  $\omega$  пополам. Точка пересечения этой линии и линии, идущей под углом  $\alpha$ , будет искомой точкой  $O_2$  — центром дискового резца, что позволяет определить его диаметр.

6. Определяем номинальный диаметр, габаритные и конструктивные размеры резца по табл. 46. Чтобы найти центр резца, можно применить графический способ, для чего раствором циркуля, равным радиусу наружной окружности резца, сделаем засечку из точки  $A_1$ , находящейся на пересечении горизонтальной оси  $OO_1$  с окружностью радиусом  $r_1$ . Затем проводим линию  $O_2O_3$ , параллельную линии  $OO_1$ , на расстоянии  $h_p = R_1 \sin \alpha$ ; точка  $O_2$

пересечения этой линии со сделанной засечкой будет искомым центром окружности резца.

7. На линии  $A_1B$  (след передней поверхности резца) отмечаем точки  $A_1, A_2, A_3$ , полученные в результате пересечения ее соответствующими радиусами окружностей поверхности заготовки.

8. Соединив точки  $A_1, A_2, A_3$  с центром  $O_2$  резца, получим соответствующие радиусы резца  $R_1, R_2, R_3$ .

9. Строим профиль фасонного резца в радиальном сечении: проводим линию  $MM$ ; откладываем от нее осевые размеры  $l_1, l_2, l_3$ , которые соответствуют осевым размерам обрабатываемой заготовки; проецируя точки пересечения окружностей радиусов  $R_1, R_2, R_3$  с линией  $O_2O_3$ , проходящей через центр резца, на линию, параллельную линии  $MM$ , получаем профиль фасонного резца в радиальном сечении (точки  $1'', 2'', 3'', 4''$ ).

10. Построение шаблона и контршаблона для контроля фасонного профиля резца сводится к определению разности радиусов всех узловых точек относительно узловой контурной точки  $1''$ :  $P_2 = R_1 - R_2$  и т. д.

11. Выполняем рабочий чертеж резца согласно указанным (см. гл. 1, § 3). Если передний угол  $\gamma = 0$ , то профиль фасонного круглого резца строим в том же порядке, только линия  $A_1B$  совпадает с линией  $OO_1$ .

Профиль заготовок сложной криволинейной формы рекомендуется рассечь рядом параллельных прямых, перпендикулярных к оси заготовки и проходящих на одинаковом расстоянии друг от друга, и для каждого сечения графически определить радиус  $r$  данной узловой точки.

Пример 30. Сконструировать фасонный призматический резец для обработки (рис. 39) фасонной заготовки из стали 50 с  $\sigma_b = 600$  МПа ( $\approx 60$  кгс/мм<sup>2</sup>). Профиль резца определить графическим способом.

Решение. 1. Передний и задний углы лезвия резца определяем по табл. 47:  $\gamma = 25^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ .

2. Строим профиль заготовки, для чего проводим ось  $OO$ , от которой откладываем соответствующие размеры профиля заготовки, и строим в левом нижнем углу чертежа полный профиль заготовки.

3. Проецируем полученные точки 1, 2, 3, 4, 5 и 6 профиля заготовки на горизонтальную ось, проходящую через центр заготовки  $O$  (точки  $1'-2', 3'-4', 5'-6'$ ), через которые проводим соответствующие окружности, равные  $r_{1-2}, r_{3-4}, r_{5-6}$ .



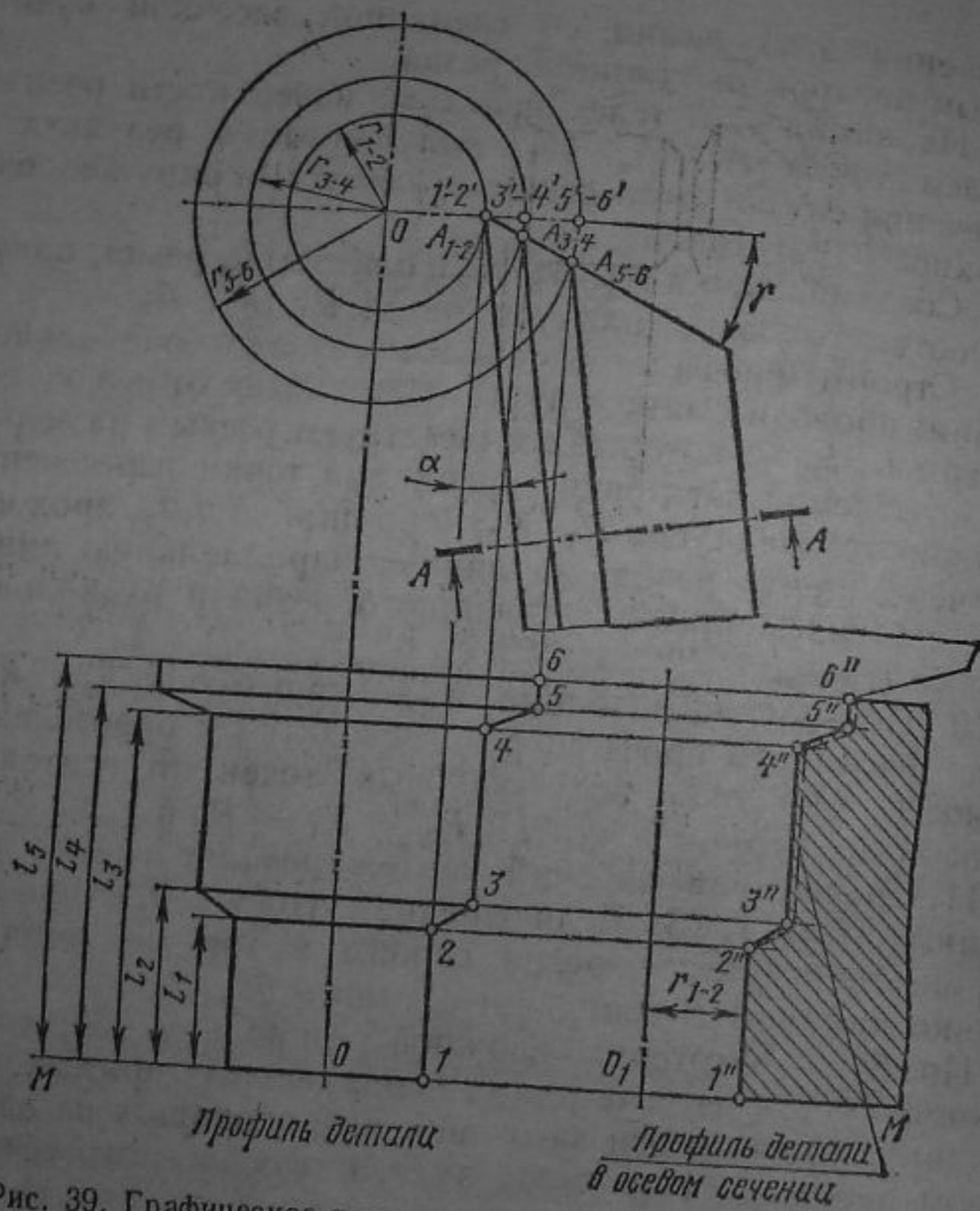


Рис. 39. Графическое построение профиля призматического фасонного реза

4. Из точки  $1'$  ( $A_1$ ) проводим линию (след) передней поверхности лезвия реза под углом  $\gamma$  и линию (след) задней поверхности под углом  $\alpha$ .
5. Обозначаем точки пересечения соответствующих окружностей резцов  $r_{1-2}$ ,  $r_{3-4}$ ,  $r_{5-6}$  с линией передней поверхности реза через  $A_{1-2}$ ,  $A_{3-4}$ ,  $A_{5-6}$ .
6. Из этих точек проводим линии, параллельные задней поверхности реза.
7. Строим профиль реза в нормальном сечении, т. е. в сечении, перпендикулярном к его задней поверхности (сечение  $AA$ ): проводим линию  $MM$ ; откладываем от этой линии осевые размеры  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$ ,  $l_4$  и  $l_5$ , которые соответствуют осевым размерам обрабатываемой заготовки; от-

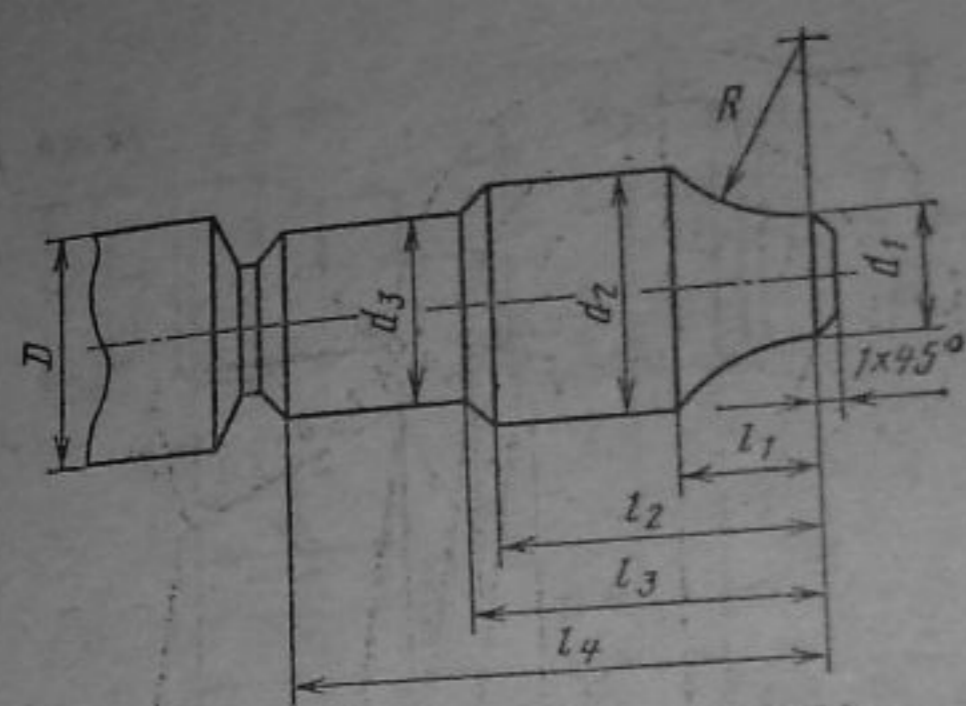


Рис. 40. Эскиз детали к задаче 28

кладываем на горизонтальных линиях, параллельных линии  $MM$ , отрезки, равные расстояниям между линиями, параллельными задней поверхности реза, находим точки  $1''$ ,  $2''$ ,  $3''$ ,  $4''$ ,  $5''$ ,  $6''$  и, соединяя их прямыми, получаем профиль реза в нормальном сечении.

8. Построение шаблона и контршаблона для контроля фасонного профиля реза сводится к переносу всех отрезков  $1''-2''$ ,  $1''-3''$ ,  $1''-4''$  и  $1''-5''$  относительно узловой контурной точки  $1''$ .

50. Данные к задаче 28 (размеры в мм)

№ варианта	$D$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$R$
1	30	16,28	28	25	10	20	27	35	20
2		11,43	29	27	15		25		30
3	20	13,64	19	15	10	12	15	30	20
4		9,96	18	16	15	20	23		20
5	25	12,28	24	20	10		25	35	20
6		5,43	23		15	22			30
7	40	33,64	39	35	10	30	35	50	20
8	50	40,96	49	45	15				30
9	35	22,28	34	32	10	25	30	40	20
10	40	20,43	38	30	15				30



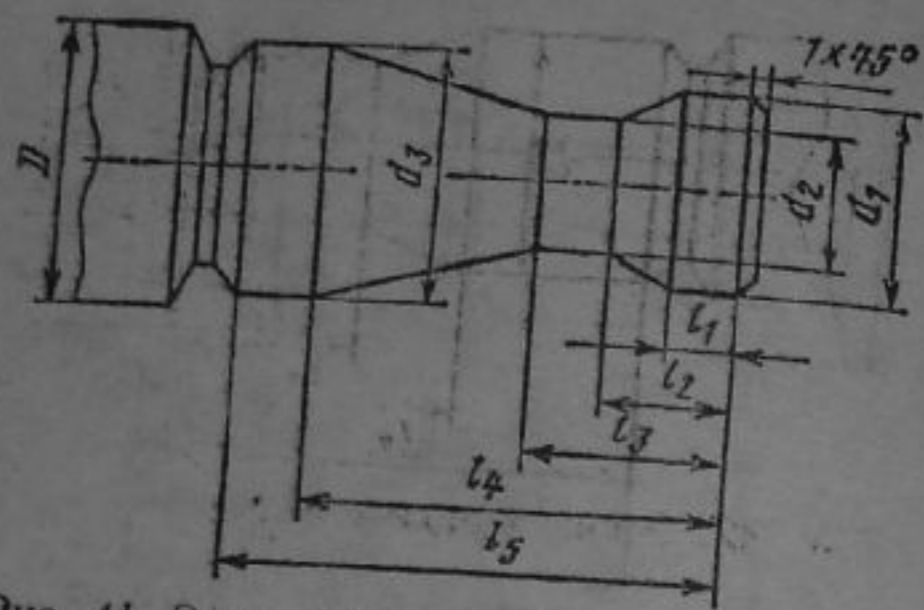


Рис. 41. Эскиз детали к задаче 29

9. Габаритные и конструктивные размеры резца выбираем по табл. 44 в зависимости от наибольшей глубины профиля  $t_{\max}$  изготавливаемой детали.

10. Выполняем рабочий чертеж фасонного призматического резца согласно указаниям (см. гл. 1, § 3).

11. Если передний угол лезвия  $\gamma = 0$ , то профиль фасонного призматического резца строится в том же порядке, только линия передней поверхности будет горизонтальна, т. е. точки  $1'-2'$ ,  $3'-4'$  и  $5'-6'$  совпадут с точками  $A_{1-2}$ ,  $A_{3-4}$  и  $A_{5-6}$ .

Задача 28. Рассчитать и сконструировать круглый фасонный резец для обработки заготовки из прутка диаметром  $D$  (рис. 40). Перед обработкой заготовки из стали готовят канавку под последующее отрезание (табл. 50).

Задача 29. Рассчитать и сконструировать фасонный призматический резец для обработки заготовки (рис. 41) из прутка диаметром  $D$  из стали марки 40Г с  $\sigma_B = 600$  МПа. Перед обработкой заготовки готовят канавку под последующее отрезание (табл. 51).

51. Данные к задаче 29 (размеры в мм)

№ варианта	$D$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
1	20	16	12	18	2	5	8	12	15
2			14		3		10		
3	40	38	30	38	10	15	20	25	40
4		30	26	39	25	30	35	40	50
5	25	20	18	24	4	7	10	15	16
6		18	16		5		12		
7	30	20	12	28	5	8	12	16	20
8			15	29			6		
9	35	30	20	33	6	12	15	19	25
10		25	18	34			8		

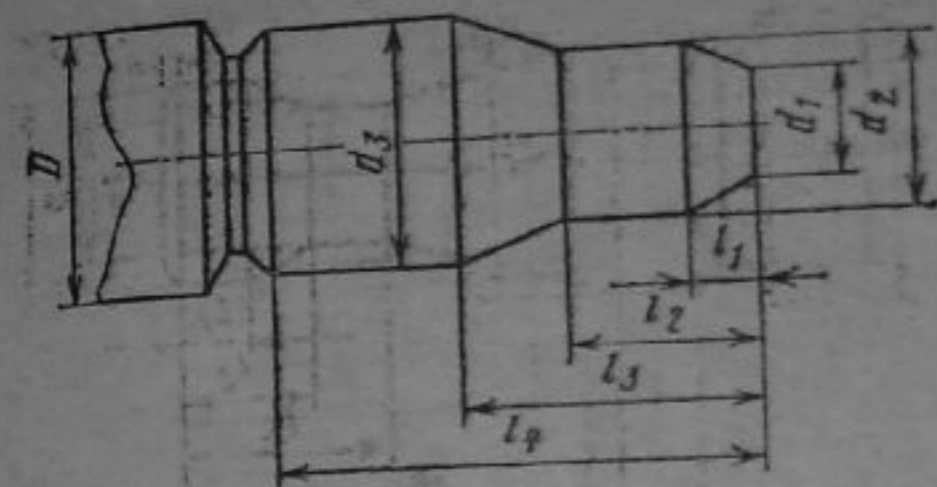


Рис. 42. Эскиз к задаче 30

52. Данные к задаче 30 (размеры в мм)

№ варианта	$D$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	Материал
1	40	12	30	38	20	35	40	45	Бронза
2	25	16	20	24	5	20	25	35	Сталь 40ХН $\sigma_B = 850$ МПа ( $\approx 85$ кгс/мм <sup>2</sup> )
3	30	18		28	15	23	31	46	
4		20	24	29	10	16	20	30	
5	40	16	20	39	12	28	38	0	
6	50	30	38	48	22	28	50	50	Бронза Бр. АЖН 10-4-4, 170 НВ
7		26	36		40	45		60	
8	20	10	16	18	10	20	25	30	Сталь 40, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )
9		12		19	20	27			
10		25	15	20	23	15	25		



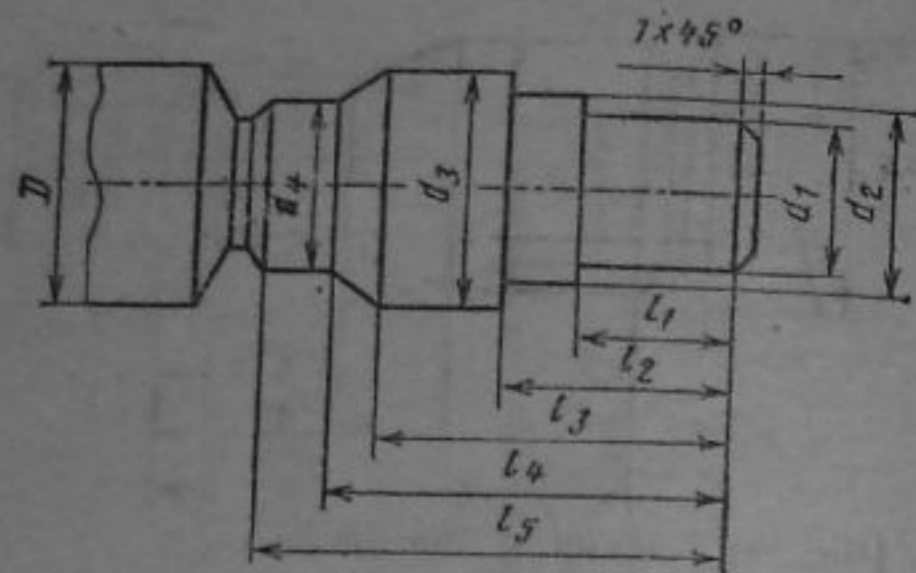


Рис. 43. Эскиз к задаче 31

**Задача 30.** Сконструировать круглый фасонный резец для обработки заготовки (рис. 42) из прутка диаметром  $D$ , подготовив канавку под последующее отрезание (табл. 52). Профиль резца определить графическим способом.

**Задача 31.** Сконструировать фасонный призматический резец для обработки заготовки (рис. 43), подготовив канавку под последующее отрезание (табл. 53). Профиль резца определить графическим способом. Материал заготовки — пруток диаметром  $D$  из стали 45 с  $\sigma_B = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>).

53. Данные к задаче 31 (размеры в мм)

№ варианта	$D$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
1	24	10	18	22	16	16	20	23	26	28
2	26	16		24	20	14		22	28	30
3	27		20	25	18	20	22	25	30	35
4	32	20	25	30	25		15		30	40
5					20	10				
6	30	16	18	28	24	25	35	40	45	
7	22	14	16	20	12	10	12	18	20	24
8	34	24	30	32	20	15	20	28	32	40
9	32	22	26	30		20	26	30	38	
10	38	25	30	36		5	20	22	38	

§ 1. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА ПОПЕРЕЧНО-СТРОГАЛЬНЫХ СТАНКАХ

**Пример 31.** На поперечно-строгальном станке 7305 производится строгание поверхности шириной  $B = 90$  мм и длиной  $l = 200$  мм. Припуск на обработку  $h = 2$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Rz = 20$  мкм. Материал заготовки — сталь 35 с  $\sigma_B = 600$  МПа, заготовка — поковка, предварительно обработанная. Поперечное сечение резца  $20 \times 30$  мм (по размерам резцедержателя станка). Система станок—инструмент—заготовка жесткая. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем резец и устанавливаем значения его геометрических элементов. Принимаем строгальный проходной резец. Материал его рабочей части — быстрорежущая сталь P18 (или P6M5). Значения геометрических элементов резца выбираем по прил. 2 (с. 358—359): форма передней поверхности — радиусная с фаской; ширина фаски  $f = 0,2$  мм; радиус стружкоотводящей лунки  $R = 26$  мм; ширина лунки  $B = 7,5$  мм;  $\varphi = 45^\circ$ .

II. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем глубину резания. При данных условиях обработки припуск можно снять за один рабочий ход; следовательно,  $t = h = 2$  мм.

2. По карте 95 (с. 169) назначаем подачу. Для заданного параметра шероховатости обработанной поверхности  $Rz = 20$  мкм (старое обозначение  $\nabla 5$ ) и радиуса при вершине резца  $r = 2$  мм  $S_{2x} = 0,5 \dots 0,7$  мм/дв. ход. Корректируем подачу по станку:  $S_{2x} = 0,6$  мм/дв. ход.

3. Назначаем период стойкости резца. В используемых нормативах отсутствуют рекомендации по стойкости



строгальных резцов. При строгании заготовок из конструкционных сталей с пластинами из быстрорежущей стали P18 рекомендуется обычно для нормальных условий работы период стойкости  $T = 120$  мин. При  $T = 60$  мин вводится поправочный коэффициент на скорость резания  $K_{T_0} = 1,1$ , а при стойкости  $T = 180$  мин —  $K_{T_0} = 0,95$  ([12], с. 365, табл. 11, примеч. 5).

Допустимый износ резца по задней поверхности  $h_3 = 1,5$  мм (прил. 3, с. 370).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца (по карте 96, с. 170—171). Для  $\sigma_n = 58 \div 61$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 2,8 мм,  $S_{2,2}$  до 0,61 мм/дв. ход, предварительно обработанной поковки и угла  $\varphi = 45^\circ$   $v_{табл} = 24$  м/мин. Поправочные коэффициенты на скорость в карте не приводятся. Следовательно,  $v_n = v_{табл} = 24$  м/мин ( $\approx 0,40$  м/с).

5. Число двойных ходов ползуна в 1 мин, соответствующее найденной скорости главного движения резания:

$$K = \frac{1000 v_{р. х}}{L(1+m)},$$

где  $m = \frac{v_{р. х}}{v_{х. х}}$  — отношение скоростей рабочего и обратного ходов ползуна.

Скорость рабочего хода  $v_{р. х} = v_n = 24$  м/мин. Длина хода ползуна (резца)  $L = l + l_{пер}$ . Перебег резца в обе стороны ( $l_{пер}$ ) при длине строгания  $l = 200$  мм составит 50 мм (прил. 4, с. 379). Тогда  $L = 200 + 50 = 250$  мм.

По паспортным данным станка (прил. 1 настоящего пособия) находим отношение скоростей рабочего и обратного ходов при длине хода ползуна  $L = 250$  мм;  $m = 0,799$ . Тогда

$$K = \frac{1000 \cdot 24}{250(1+0,799)} = 53,4 \text{ дв. ход/мин.}$$

6. Корректируем число двойных ходов ползуна по паспортным данным станка и устанавливаем действительное число двойных ходов ползуна  $K_d = 53$  дв. ход/мин.

7. Действительная скорость рабочего хода ползуна

$$v_d = \frac{K_d L (1+m)}{1000} = \frac{53 \cdot 250 (1+0,799)}{1000} = 23,8 \text{ м/мин}$$

$$(\approx 0,40 \text{ м/с}).$$

54. Данные к задаче 32

№ в. планов	Материал заготовки	Заготовка	Обработка и параметр шероховатости поверхности Rz, мкм	Система станок — инструмент — заготовка	В	мм	
						l	h
1	Сталь 30Л, $\sigma_b = 500$ МПа ( $\approx 50$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Отливка с коркой	Черновая	Недостаточно жесткая	70	475	3,5
2	Серый чугун, 200 НВ	То же	Получистовая; 40	Нежесткая	120	290	3,5
3	Сталь 45, $\sigma_b = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат, предварительно варительно обработанный	Получистовая; 20	Жесткая	100	550	1,5
4	Серый чугун, 170 НВ	Отливка с коркой	Черновая	»	90	200	3,5
5	Бронза Бр.АМц 9-2, 170 НВ	Отливка без корки	Получистовая; 20	Нежесткая	55	115	1,5
6	Сталь 45Х, $\sigma_b = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	Получистовая; 40	Жесткая	60	375	3
7	Серый чугун, 160 НВ	Отливка без корки	Получистовая; 20	Недостаточно жесткая	140	250	1,5
8	Сталь 35Л, $\sigma_b = 550$ МПа ( $\approx 55$ кгс/мм <sup>2</sup> )	То же	Получистовая; 20	Нежесткая	80	300	1
9	Серый чугун, 220 НВ	Отливка с коркой	Черновая	Жесткая	160	200	3
10	Латунь ЛК80-3, 110 НВ	То же	»	Недостаточно жесткая	75	100	3



8. Определяем главную составляющую силы резания (по карте 97, с. 172). Для  $\sigma_B = 40 \dots 66 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $S_{2x}$  до 0,60 мм/дв. ход и  $t$  до 2,4 мм  $P_z \text{ табл.} = 240 \text{ кгс}$ . Находим поправочный коэффициент на силу резания, принимая для резца передний угол  $\gamma = 20^\circ$  при обработке заготовки из стали с  $\sigma_B \leq 80 \text{ кгс/мм}^2$ :  $K_{\gamma P_z} = 1$  (там же). Следовательно,  $P_z = P_z \text{ табл.} = 240 \text{ кгс}$  или  $P_z = 9,81 \cdot 240 = 2,355 \text{ кН}$ .

9. Сопоставляем главную составляющую силы резания  $P_z$  с максимальной допускаемой силой на ползуне станка  $P_{\text{max}}$ . Находим по паспорту станка для  $L = 250 \text{ мм}$  и  $k_d = 53 \text{ дв. ход/мин}$   $P_{\text{max}} = 8,22 \text{ кН}$ . Обработка возможна, если выполнено условие  $P_z \leq P_{\text{max}}$ . В данном случае  $P_z < P_{\text{max}}$  ( $2,355 < 8,22$ ); следовательно, обработка возможна. В связи с тем, что в паспорте поперечно-строгального станка 7305 имеются данные о допускаемых тяговых силах при различных скоростях рабочего хода стола, позволяющие проверить выполнение условия  $P_z \leq P_{\text{max}}$ , установленный режим резания по мощности станка можно не проверять.

### III. Основное время

$$T_0 = \frac{B + B_1 + B_2}{k_d S_{2x}}$$

Боковое врезание резца  $B_1 = t \text{ ctg } \varphi = 2 \text{ ctg } 45^\circ = 2 \text{ мм}$ . Боковой сход резца  $B_2 = 2 \dots 3 \text{ мм}$ ; принимаем  $B_2 = 2 \text{ мм}$ .

$$T_0 = \frac{90 + 2 + 2}{53 \cdot 0,6} = 2,95 \text{ мин.}$$

**Задача 32.** На поперечно-строгальном станке 7305 производится строгание плоской поверхности шириной  $B$  и длиной  $l$ ; припуск на обработку  $h$  (табл. 54). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] можно пользоваться источниками [12, 16, 18].

## § 2. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА ПРОДОЛЬНО-СТРОГАЛЬНЫХ СТАНКАХ

**Пример 32.** На продольно-строгальном станке 7A256 производится строгание двух поверхностей заготовки («плиты») — верхней плоской поверхности шириной  $B = 520 \text{ мм}$  и боковой поверхности шириной  $b =$

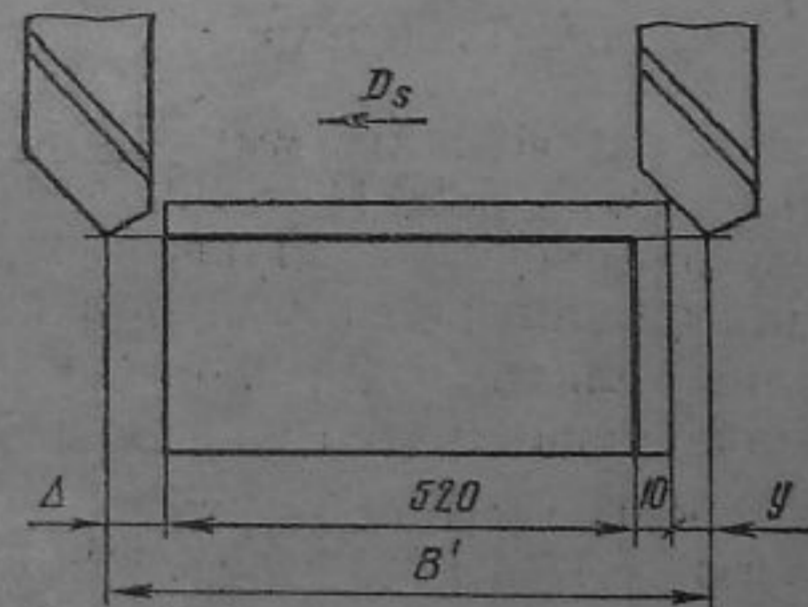
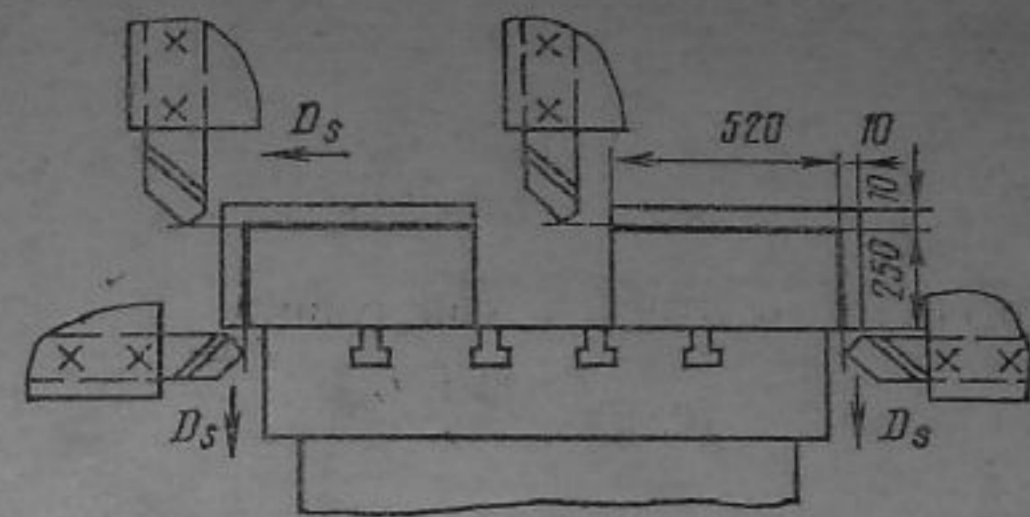


Рис. 44. Эскиз обработки к примеру 32

$= 250 \text{ мм}$ . Длина каждой обрабатываемой поверхности 4000 мм. Припуск на обработку  $h = 10 \text{ мм}$ . Материал заготовки — серый чугун СЧ 15 твердостью 190 НВ. Обработка предварительная по корке. Одновременно обрабатываются две параллельно расположенные на столе станка заготовки с использованием четырех суппортов станка (верхние поверхности заготовок обрабатываются двумя вертикальными суппортами с горизонтальной подачей, а боковые — двумя боковыми суппортами с вертикальной подачей). Система станок—инструмент—заготовка жесткая. Эскиз обработки показан на рис. 44. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). 1. Выбираем инструмент и устанавливаем значение его геометрических элементов. Для выполнения данной операции используем четыре проходных строгальных резца, оснащенных пластинами из твердого сплава ВК8 (карта 90, с. 163). На крупных продольно-строгальных станках применяют обычно резцы больших сечений. Принимаем резцы с размером поперечного сечения державки  $B \times H = 40 \times 60 \text{ мм}$ .



Для принятого сечения резцов ГОСТ 2209—82 предусматривает пластины из твердого сплава формы 0123 (толщина пластины 10,5 мм). Геометрические элементы резцов выбираем по прил. 2 (с. 358, 359): форма передней поверхности — плоская;  $\varphi = 45^\circ$ .

II. Назначаем режим резания. Так как условия работы резцов в наладке почти не различаются, то рассчитываемый режим резания будет общим для всех четырех резцов.

1. Устанавливаем глубину резания. При снятии припуска за один рабочий ход  $t = h = 10$  мм.

2. Назначаем подачу (по карте 86, с. 158). Для строгания чугуна, сечения резца  $40 \times 60$  мм и  $t$  до 12 мм  $S_{2x} = 3 \dots 2,5$  мм/дв. ход. Проверяем рекомендуемую подачу по лимитирующим факторам: а) находим максимальную подачу, допускаемую прочностью державки резца (по прил. 9, с. 386): для резца из твердого сплава,  $t$  до 10 мм и сечения державки  $B \times H = 40 \times 60$  мм  $S_{2x} = 8,7$  мм/дв. ход. Поправочный коэффициент на подачу в зависимости от длины вылета резца не вводим, принимая нормальный вылет (мм)  $l = 2,5H$  (для этого вылета поправочный коэффициент  $K_{l_s} = 1$ ); б) находим максимальную подачу, допускаемую прочностью пластины из твердого сплава (по прил. 10, с. 387). Для угла  $\varphi = 45^\circ$ ,  $t$  до 13 мм и толщины пластины  $b \geq 10$  мм  $S_{доп} = 7,8$  мм/дв. ход. Учитываем поправочный коэффициент 0,8, так как при строгании происходит обработка с ударами (там же, примеч. 1):  $S_{доп} = 7,8 \times 0,8 = 5,8$  мм/дв. ход. Таким образом, ни прочностные державки, ни прочностные пластинки из твердого сплава резца не лимитируют рекомендуемую картой 86 подачу:  $S_{2x} = 3,0 \dots 2,5$  мм/дв. ход. Корректируя подачу по станку, принимаем  $S_{2x} = 3$  мм/дв. ход.

3. Назначаем период стойкости резца. В используемых нормативах отсутствуют рекомендации по стойкости строгальных резцов. При строгании заготовки из серого чугуна резцами с пластинами из твердого сплава ВК8 рекомендуется обычно для нормальных условий работы период стойкости  $T = 120$  мин. При стойкости  $T = 60$  мин вводится поправочный коэффициент на скорость резания  $K_{T_0} = 1,1$ , а при стойкости  $T = 180$  мин  $K_{T_0} = 0,95$  (1121, с. 366, табл. 12, примеч. 5).

Допустимый износ резца по задней поверхности  $h_a = 1$  мм (прил. 3, с. 370).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца (по карте 90, с. 163). Для 143—229 НВ,  $t$  до 20 мм,  $S_{2x}$  до 3,3 мм/дв. ход при предварительно необработанной поверхности и угле  $\varphi = 45^\circ$   $v_{табл} = 18,8$  м/мин. Поправочные коэффициенты на скорость в карте не приведены. Следовательно,  $v_n = v_{табл} = 18,8$  м/мин ( $\approx 0,31$  м/с). Найденное значение скорости главного движения может быть установлено на станке, так как скорость движения стола станка 7А256 регулируется бесступенчато в пределах 6—75 м/мин.

5. Число двойных ходов стола в 1 мин, соответствующее найденной скорости главного движения резания:

$$K = \frac{1000v_{p.x}}{L(1+m)}$$

Скорость рабочего хода стола  $v_{p.x} = v_n = 18,8$  м/мин. Скорость обратного хода устанавливаем по паспорту станка; принимаем максимальную скорость  $v_{x.x} = 75$  м/мин. Тогда  $m = \frac{18,8}{75} = 0,25$ . Длина хода стола  $L = l + l_{пер}$ . Перебег стола в обе стороны при длине строгания до 4000 мм составит 325 мм (прил. 4, с. 379). Следовательно,  $L = 4000 + 325 = 4325$  мм;

$$K = \frac{1000 \cdot 18,8}{4325(1+0,25)} = 3,5 \text{ дв. ход/мин.}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания (по карте 92, с. 165). Для твердого сплава ВК8,  $S_{2x}$  до 3,1 мм/дв. ход,  $t$  до 11,5 мм  $P_z$  табл. = 2000 кгс. Приведенные в карте поправочные коэффициенты на силу резания при заданных условиях обработки не влияют (при углах  $\varphi = 45^\circ$  и  $\gamma = 8^\circ$ ). Следовательно,  $P_z = P_z$  табл. = 2000 кгс. Так как одновременно работают с одинаковыми режимами резания четыре резца (по условию одновременно обрабатываются две заготовки), то силу резания необходимо умножить на 4:  $P_z = 2000 \times 4 = 8000$  кгс; в единицах СИ  $P_z = 9,81 \cdot 8000 = 78\,500$  Н = 78,5 кН.

7. Сравниваем силу  $P_z$  с максимально допустимой силой  $P_{max}$ . В паспорте станка для  $v_{p.x} = 18,8$  м/мин (по графе « $v = 20$  м/мин») находим  $P_{max} = 95$  кН, допускаемую приводом, и  $P_{max} = 180$  кН, допускаемую наиболее слабым звеном. Обработка возможна, если  $P_z \leq P_{max}$ . В данном случае  $78,5 < 95$ , т. е. обработка возможна.



№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	Обработка и параметр шероховатости поверхности $R_z$ , мкм	$B$	$b$	$l$	$h$
				мм			
1	Серый чугун, 185 НВ	Отливка с коркой	Черновая	460	200	4200	11
2	Сталь 30Л, $\sigma_B = 500$ МПа ( $\approx 50$ кгс/мм <sup>2</sup> )	То же	»	400	180	3800	9,5
3	Серый чугун, 190 НВ	Отливка без корки	Получистовая; 40	650	260	3500	2
4	Сталь 35Л, $\sigma_B = 550$ МПа ( $\approx 55$ кгс/мм <sup>2</sup> )	То же	Получистовая; 20	375	150	3700	1,5
5	Серый чугун, 220 НВ	Отливка с коркой	Черновая	380	160	3300	9
6	Сталь Ст3, $\sigma_B = 460$ МПа ( $\approx 46$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Сварная конструкция, предварительно обработанная	Получистовая; 20	580	280	4400	2,5
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка с коркой	Черновая	560	250	5200	11,5
8	Сталь 45Л, $\sigma_B = 650$ МПа ( $\approx 65$ кгс/мм <sup>2</sup> )	То же	»	500	220	5000	11
9	Серый чугун, 175 НВ	Отливка без корки	Получистовая; 20	440	190	4000	2
10	Сталь 20, $\sigma_B = 540$ МПа ( $\approx 54$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Сварная конструкция	Черновая	600	350	4500	10

$B_2 = 3$  мм. Основное время рассчитываем по более продолжительному переходу строгания верхней поверхности заготовки. К ее ширине 520 мм следует прибавить припуск на боковую сторону 10 мм. Тогда  $B = 520 + 10 = 530$  мм. Длина рабочего хода в направлении подачи  $B' = 530 + 10 + 3 = 543$ ;

$$T_0 = \frac{543}{3,5 \cdot 3} = 51,7 \text{ мин.}$$

Так как одновременно обрабатываются две заготовки, то основное время, затрачиваемое на строгание одной заготовки:

$$T_0 = \frac{51,7}{2} = 25,85 \text{ мин.}$$

**Задача 33.** На продольно-строгальном станке 7А256 производится строгание двух поверхностей заготовки — верхней плоской поверхности шириной  $B$  и боковой шириной  $b$ . Длина обрабатываемых поверхностей  $l$ . Припуск на обработку  $h$ . Одновременно обрабатываются две параллельно расположенные на столе станка заготовки с использованием четырех суппортов станка (верхние поверхности обрабатываются двумя вертикальными суппортами с горизонтальной подачей, а боковые поверхности — двумя боковыми суппортами с вертикальной подачей). Система станок—инструмент—заготовка жесткая (табл. 55). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время. При решении задач кроме нормативов [7] можно пользоваться источниками [12, 16, 18].

В связи с тем, что в паспорте продольно-строгального станка 7А256 имеются данные о допускаемых тяговых силах при различных скоростях рабочего хода стола, позволяющие проверить выполнение условия  $P_z \leq P_{\max}$ , установленный режим резания по мощности станка можно не проверять.

### III. Основное время

$$T_0 = \frac{B + B_1 + B_2}{K S_{2x}}$$

Боковое врезание резца  $B_1 = t \operatorname{ctg} \varphi = 10 \operatorname{ctg} 45^\circ = 10$  мм. Боковой сход резца  $B_2 = 2 \dots 3$  мм; принимаем



§ 1. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

Пример 33. На вертикально-сверлильном станке 2Н135 сверлят сквозное отверстие диаметром  $D = 28H12^{(+0,21)}$  на глубину  $l = 120$  мм. Материал заготовки — сталь 40Х с пределом прочности  $\sigma_b = 700$  МПа ( $\approx 70$  кгс/мм<sup>2</sup>), заготовка — прокат горячекатаный. Охлаждение — эмульсией. Эскиз обработки показан на рис. 45. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания (допускаемую сверлом скорость главного движения резания  $v_{ш}$ ; крутящий момент  $M$  от сил сопротивления резанию и осевую составляющую силы резания  $P_0$  подсчитать по эмпирическим формулам); определить основное время.

Решение (по справочнику [18]). I. Выбираем сверло и устанавливаем значения его геометрических элементов. Сверло диаметром  $D = 28$  мм с рабочей частью из быстрорежущей стали Р18 (принято по табл. 5, с. 148 для обработки конструкционной стали с  $\sigma_b$  до 85—90 кгс/мм<sup>2</sup>). Можно использовать также сталь Р6М5, которая не приведена в данной таблице. Геометрические элементы: форма заточки (табл. 43, с. 201) — двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки ДПЛ; углы сверла  $2\varphi = 118^\circ$ ;  $2\varphi_0 = 70^\circ$ ;  $\psi = 40 \dots 60^\circ$ ; при стандартной заточке  $\psi = 55^\circ$ ;  $\alpha = 11^\circ$ ; по табл. 44, с. 203 принимаем угол  $\omega = 24 \dots 32^\circ$ ; у стандартных сверл диаметром  $D \geq 10$  мм для обработки конструкционной стали  $\omega = 30^\circ$ .

II. Назначаем режим резания.

1. Для сверления стали с  $\sigma_b \leq 80$  кгс/мм<sup>2</sup> и диаметре сверла 25—30 мм подача (табл. 27, с. 433).  $S_0 = 0,45 \dots 0,55$  мм/об. Приведенные в примеч. 1 к табл. 27 поправочные коэффициенты на подачу для заданных

условий обработки равны единице, как так осуществляется сверление отверстия с полем допуска по Н12 (бывшего 5-го класса точности) в жесткой заготовке при глубине сверления  $l < 5D$  ( $120 < 5 \cdot 28$ , т. е.  $120 < 140$ ). Принимаем среднее значение диапазона  $S_0 = 0,5$  мм/об.

В случаях, когда поправочный коэффициент  $K_{l_s}$  на подачу, учитывающий глубину сверления, не равен единице, необходимо умножить рекомендуемое табличное значение подачи (мм/об) на этот коэффициент:

$$S_0 = S_{0 \text{ табл}} K_{l_s} \quad (1)^*$$

Корректируем подачу по паспортным данным станка:  $S_0 = 0,4$  мм/об.

Проверяем принятую подачу по осевой составляющей силы резания, допускаемой прочностью механизма подачи станка. Для этого определяем осевую составляющую силы резания (с. 435)

$$P_0 = C_P D^{q_P} S_0^{y_P} K_P \quad (2)$$

Выписываем из табл. 31, с. 436 коэффициент и показатели степеней формулы для случая сверления конструкционной стали с  $\sigma_b = 75$  кгс/мм<sup>2</sup> инструментом из быстрорежущей стали:  $C_P = 68$ ;  $q_P = 1$ ;  $y_P = 0,7$ . В примечании к табл. 31 указано, что эти данные приведены для сверл с подточенной перемычкой, т. е. для принятой выше заточки сверла.

\* В скобках указаны номера формул, на которые делаются ссылки в п. I примера 34.

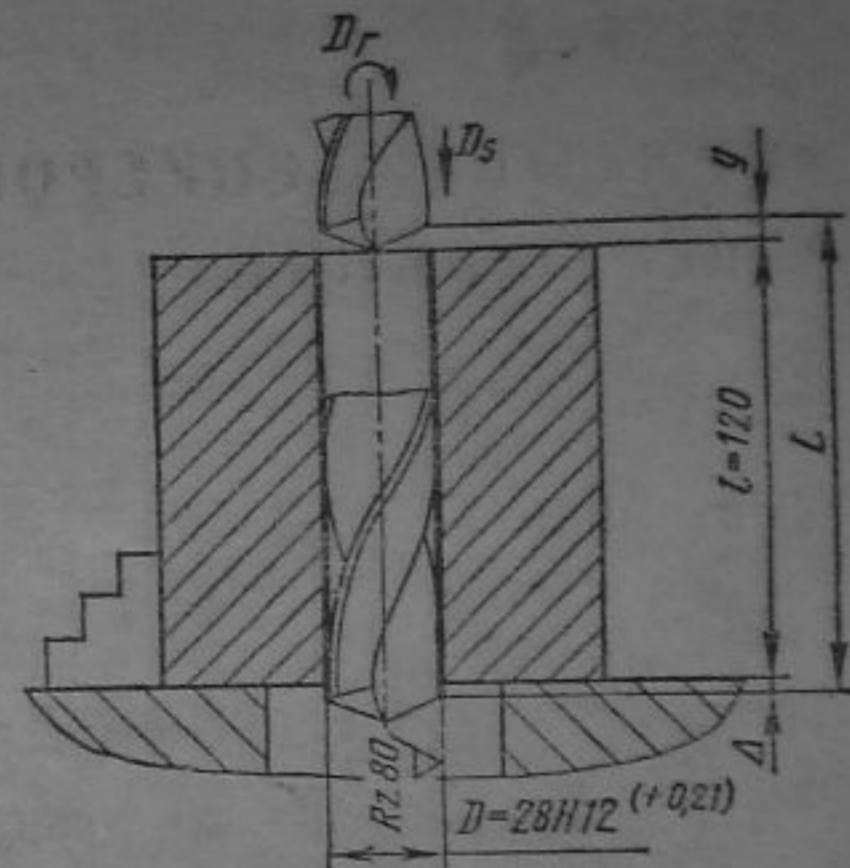


Рис. 45. Эскиз обработки к примеру 33



Учитываем поправочный коэффициент на осевую составляющую силы резания  $K_P = K_{MP}$  (по табл. 21 и 22, с. 430):

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_P}; \quad (3)$$

$$n_P = 0,75; \quad K_{MP} = \left(\frac{70}{75}\right)^{0,75} = 0,93^{0,75} = 0,95.$$

В единицах СИ  $P_0 = 9,81 \cdot 68 \cdot 28 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,95 = 9,81 \times 68 \cdot 28 \cdot 0,53 \cdot 0,95 = 9404 \text{ Н}$  (958,7 кгс). Необходимо выполнить условие

$$P_0 \leq P_{\max}, \quad (4)$$

где  $P_{\max}$  — максимальное значение осевой составляющей силы резания, допускаемой механизмом подачи станка. По паспортным данным станка 2Н135  $P_{\max} = 15\,000 \text{ Н}$ . Так как  $9404 < 15\,000$ , то назначенная подача  $S_0 = 0,4 \text{ мм/об}$  вполне допустима.

В случаях перегрузки механизма подачи станка (т. е. при  $P_0 > P_{\max}$ ) нужно уменьшить подачу  $S_0$  настолько, чтобы выполнить условие  $P_0 = P_{\max}$ . Таким образом, необходимо определить подачу, допускаемую силой  $P_{\max}$  при конкретных условиях обработки:

$$P_0 = P_{\max}; \quad 9,81 C_P D^{q_P} S_0^{u_P} K_P = P_{\max};$$

$$S_0^{u_P} = \frac{P_{\max}}{9,81 C_P D^{q_P} K_P}; \quad S_0 = \sqrt[u_P]{\frac{P_{\max}}{9,81 C_P D^{q_P} K_P}}. \quad (5)$$

2. Назначаем период стойкости сверла (по табл. 20, с. 435). Для сверла диаметром  $D = 28 \text{ мм}$  при обработке конструкционной стали сверлом из быстрорежущей стали рекомендуется период стойкости  $T = 50 \text{ мин}$ . Допустимый износ сверла (табл. 9, с. 153)  $h_s = 0,8 \dots 1,0 \text{ мм}$  (для обработки стали сверлами из быстрорежущей стали,  $D > 20 \text{ мм}$ ).

3. Скорость (м/мин) главного движения резания, допускаемая режущими свойствами сверла (с. 435):

$$v_H = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m l^{x_v} S_0^{y_v}} K_v. \quad (6)$$

Выписываем из табл. 28 (с. 434) коэффициент и показатели степеней формул для обработки конструкционной

углеродистой стали с  $\sigma_B = 75 \text{ кгс/мм}^2$  сверлом из быстрорежущей стали Р18 при  $S_0 > 0,2 \text{ мм/об}$ :  $C_v = 9,8$ ;  $q_v = 0,4$ ;  $x_v = 0$ ;  $y_v = 0,5$ ;  $m = 0,2$ . В примечании к таблице указано, что эти данные приведены для сверл с двойной заточкой и подточкой перемычки, т. е. для принятой выше формы заточки сверла.

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания:  $K_{M_v}$  по табл. 9 и 10, с. 424:

$$K_{M_v} = C_M \left(\frac{75}{\sigma_B}\right)^{n_v}; \quad (7)$$

$C_M = 1$ ;  $n_v = 0,9$ ;  $K_{M_v} = 1 \left(\frac{75}{70}\right)^{0,9} = 1,07^{0,9} = 1,065$ ;  $K_{n_v}$  по табл. 15 (с. 426):  $K_{n_v} = 1$ , так как значения коэффициента и показателей степеней формулы выписаны из табл. 28 для сверла из быстрорежущей стали Р18, которая практически равноценна быстрорежущей стали Р6М5; поправочный коэффициент, учитывающий глубину сверления  $K_{l_v}$ , принимается в зависимости от отношения  $\frac{l}{D}$ ;

так как  $\frac{l}{D} = \frac{120}{28} = 4,28$ , то  $K_{l_v} = 0,85$ .

Общий поправочный коэффициент на скорость резания  $K_v$  представляет собой произведение отдельных коэффициентов:

$$K_v = K_{M_v} K_{n_v} K_{l_v}; \quad (8)$$

$$K_v = 1,065 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,905;$$

$$v_H = \frac{9,8 \cdot 28^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,905 =$$

$$= \frac{9,28 \cdot 3,08}{2,19 \cdot 0,63} \cdot 0,905 = 24,43 \text{ м/мин} (0,407 \text{ м/с}).$$

4. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000 v_H}{\pi D} \text{ мин}^{-1}; \quad n = \frac{1000 \cdot 24,43}{3,14 \cdot 28} = 278 \text{ мин}^{-1}. \quad (9)$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 250 \text{ мин}^{-1}$ .



5. Действительная скорость (м/мин) главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000}; \quad (10)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 250}{1000} = 21,98 \text{ м/мин (0,366 м/с)}.$$

6. Крутящий момент от сил сопротивления резанию при сверлении (с. 435)

$$M = C_M D^{q_M} S_0^{y_M} K_P. \quad (11)$$

Выписываем из табл. 31 (с. 436) коэффициент и показатели степеней формулы для сверления конструкционной стали с  $\sigma_B = 75 \text{ кгс/мм}^2$ :  $C_M = 0,0345$ ;  $q_M = 2$ ;  $y_M = 0,8$ .

Учитываем поправочный коэффициент  $K_P$  (по табл. 21 и 22, с. 430); этот коэффициент уже определен выше в п. 1 решения при подсчете осевой составляющей силы резания  $K_P = K_{M_P} = 0,95$ .

В единицах СИ  $M = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 28^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,95 = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 784 \cdot 0,48 \cdot 0,95 = 120,99 \text{ Н}\cdot\text{м (12,33 кгс}\cdot\text{м)}$ .

7. Мощность, затрачиваемая на резание (с. 437):

$$N_{\text{рез}} = \frac{Mn}{975} \text{ кВт}; \quad N_{\text{рез}} = \frac{12,33 \cdot 250}{975} = 3,16 \text{ кВт}. \quad (12)$$

8. Проверяем, достаточна ли мощность станка. Обработка возможна, если

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}. \quad (13)$$

Мощность (кВт) на шпинделе станка  $N_{\text{шп}} = N_d \eta$ . У станка 2Н135  $N_d = 4,5 \text{ кВт}$ , а  $\eta = 0,8$ ;  $N_{\text{шп}} = 4,5 \times 0,8 = 3,6 \text{ кВт}$ .  $3,16 < 3,6$ , т. е. обработка возможна.

В случае перегрузки станка по мощности необходимо определить коэффициент перегрузки —  $K_{\Pi}$ :

$$K_{\Pi} = \frac{N_{\text{рез}}}{N_{\text{шп}}}. \quad (14)$$

Далее определяем новое меньшее значение частоты вращения шпинделя станка  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ), при котором будет выполняться условие  $N_{\text{рез}} = N_{\text{шп}}$ . При этом исходят из того, что мощность, затрачиваемая на резание, прямо

пропорциональна скорости главного движения резания  $v$  и частоте вращения шпинделя  $n$ :

$$n = \frac{n_d}{K_{\Pi}}, \quad (15)$$

где  $n_d$  — действительное значение частоты вращения шпинделя, принятое в п. 4 решения.

Нужно учитывать также, что электродвигатели металлорежущих станков допускают кратковременную (длительностью до 1 мин) перегрузку на 25 % их номинальной мощности.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{n S_0}. \quad (16)$$

При двойной заточке сверла врезание (мм)  $y = 0,4D$ ;  $y = 0,4 \cdot 28 \approx 11 \text{ мм}$ . Перебег сверла  $\Delta = 1 \dots 3 \text{ мм}$ ; принимаем  $\Delta = 2 \text{ мм}$ . Тогда  $L = 120 + 11 + 2 = 133 \text{ мм}$ .

$$T_0 = \frac{133}{250 \cdot 0,4} = 1,33 \text{ мин}.$$

**Пример 34.** Для условий примера 33 выполнить расчет режима резания с использованием ЭВМ. Необходимо: разработать схему алгоритма и программу расчета; ввести в ЭВМ конкретные исходные данные и получить результаты расчета.

**Решение** [см. методические указания (гл. 1, § 5)].

I. *Разработка алгоритма расчета режима резания при сверлении конструкционной стали сверлами из быстрорежущей стали Р6М5 и сверления чугуна сверлами с пластинами из твердого сплава ВК8.* В качестве математической модели, использованной для разработки схемы алгоритма, принимаем приведенный в примере 33 расчет режима резания при сверлении по эмпирическим формулам. В приведенной схеме алгоритма (см. прил. 2) указаны в скобках цифры, обозначающие номера расчетных формул примера 33.

II. *Разработка программы расчета.* В прил. 2 приведена программа расчета режима резания при сверлении, составленная на алгоритмическом языке ФОРТРАН и предназначенная для работы в диалоговом режиме. Программа предусматривает возможность самостоятельной работы обучающихся под руководством преподавателя при проведении практических занятий в дисплейном классе.



Программа составлена и отлажена для ЭВМ серии СМ, например СМ-4. Могут быть использованы также ЭВМ «Электроника-79» и «Электроника-82».

III. Результаты расчета режима резания на ЭВМ и их анализ. В прил. 2 приведена полученная на алфавитно-цифровом печатающем устройстве (АЦПУ) распечатка результатов расчета, выполненного по приведенной выше программе.

Анализ результатов расчета, полученного на ЭВМ, показывает, что они полностью совпадают с данными расчета режима резания, выполненными по эмпирическим формулам в примере 33. Это свидетельствует о том, что программа составлена и отлажена правильно.

Пример 35. На вертикально-сверлильном станке 2Н135 сверлят глухое отверстие диаметром  $D = 24H12^{+0,21}$  на глубину  $l = 95$  мм. Материал обрабатываемой заготовки — серый чугун СЧ 25 твердостью 210 НВ. Обработка без охлаждения. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

Решение (по нормативам [7]). I. Выбираем сверло и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем спиральное сверло диаметром  $D = 24$  мм; материал режущей части — твердый сплав ВК8 (прил. 1, с. 353). Геометрические элементы выбираем по прил. 2 (с. 361):  $2\varphi = 118^\circ$  (форма заточки — одинарная);  $\alpha = 16^\circ$ ;  $\omega = 20^\circ$ ;  $\omega_1 = 6^\circ$ .

II. Назначаем режим резания.

1. Подача (по карте 68, с. 130). Для НВ < 229,  $D$  до 24 мм и I группы подач, так как по условию обрабатывается отверстие с полем допуска по  $H12$  (по старому стандарту — 5-го класса точности);  $S_0 = 0,45 \dots 0,55$  мм/об.

Учитываем поправочный коэффициент на подачу:  $K_{l_s} = 0,9$ , так как  $l/D = 95/24 \approx 4$  (там же). Тогда  $S_0 = (0,45 \dots 0,55) \cdot 0,9 = 0,405 \dots 0,495$  мм/об. Корректируем подачу по станку:  $S_0 = 0,4$  мм/об. Проверяем принятую подачу по осевой составляющей силы резания, допускаемой прочностью механизма подачи станка (прил. 14, с. 394): для серого чугуна с 202—240 НВ,  $P_{доп}$  до 1720 кгс (по паспорту станка 2Н135 допускаемая осевая сила  $P_{max} = 1500$  кгс) и  $D$  до 26 мм  $S_{доп} = 0,62$  мм/об. Следовательно, назначенная подача  $S_0 = 0,4$  мм/об вполне допустима.

2. Назначаем период стойкости сверла (табл. 2, с. 93). Для сверла из твердого сплава диаметром  $D = 24$  мм рекомендуется период стойкости  $T = 75$  мин. Допустимый износ сверла по задней поверхности (на расстоянии 1,5 мм от уголка)  $h_z = 0,3$  мм (прил. 3, с. 371).

3. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами сверла (карта 69, с. 131). Для 170—250 НВ,  $S_0$  до 0,41 мм/об и  $D = 24$  мм  $v_{табл} = 68$  м/мин (определено интерполированием значений  $v_{табл} = 64$  м/мин для  $D = 20$  мм и  $v_{табл} = 74$  м/мин для  $D = 30$  мм).

Учитываем поправочный коэффициент  $K_{lv} = 0,85$ , так как  $\frac{l}{D} = \frac{95}{24} \approx 4$  (там же);

$$v_{н} = v_{табл} K_{lv} = 68 \cdot 0,85 = 57,7 \text{ м/мин (0,96 м/с).}$$

4. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_{н}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 57,7}{3,14 \cdot 24} = 764 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 710 \text{ мин}^{-1}$ .

5. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 710}{1000} = 54 \text{ м/мин } (\approx 0,9 \text{ м/с}).$$

6. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 70, с. 132). Для НВ до 229,  $D$  до 26 мм,  $S_0$  до 0,41 мм/об и  $v = 54$  м/мин  $N_{табл} = 4,3$  кВт (определено интерполированием значений  $N_{табл} = 3,9$  кВт для  $v = 49$  м/мин и  $N_{табл} = 4,7$  кВт для  $v = 59$  м/мин). Поправочные коэффициенты на мощность в карте не приведены. Следовательно,  $N_{рез} = N_{табл} = 4,3$  кВт.

7. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка:  $N_{рез} \leq N_{шп}$ . У станка 2Н135  $N_{шп} = N_{д} \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6$  кВт;  $4,3 > 3,6$ , т. е. станок по мощности перегружен. Определяем загрузку станка по мощности

$$\frac{N_{рез}}{N_{шп}} 100 = \frac{4,3}{3,6} 100 = 120\%.$$



Следовательно, станок перегружен по мощности на 20 %. Для кратковременного резания (длительностью до 1 мин) допускается перегрузка электродвигателя станка на 25 % его номинальной мощности. Для того чтобы установить, допустима ли перегрузка в решаемом примере, необходимо узнать ее продолжительность, т. е. определить основное время.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{nS_0}; \quad L = l + y + \Delta;$$

при одинарной заточке сверла  $y = 0,3D$  мм;  $y = 0,3 \times 24 \approx 7$  мм; при сверлении глухих отверстий  $\Delta = 0$ ;  $L = 95 + 7 = 102$  мм;

$$T_0 = \frac{102}{710 \cdot 0,4} = 0,36 \text{ мин.}$$

Таким образом, если сверлильная операция осуществляется в условиях серийного производства на универсальном оборудовании и состоит из нескольких последовательно выполняемых переходов обработки, то перегрузка станка по мощности в одном из этих переходов на 20 % продолжительностью 0,36 мин вполне допустима.

При решении других задач может оказаться, что перегрузка станка по мощности недопустима. В таком случае снижают  $N_{рез}$  путем соответствующего уменьшения скорости резания (частоты вращения) либо принимают другую модель станка с большей мощностью привода.

**Задача 34.** На вертикально-сверлильном станке производят сверление отверстия диаметром  $D$  и глубиной  $l$  (табл. 56). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время. При решении задач кроме справочника [18] и нормативов [7] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16].

**Пример 36.** На вертикально-сверлильном станке 2Н135 рассверливают сквозное отверстие диаметром  $d = 20$  мм до диаметра  $D = 50H12(+0,25)$  на глубину  $l = 70$  мм. Обрабатываемый материал — сталь 45 с  $\sigma_B = 680$  МПа ( $\approx 68$  кгс/мм<sup>2</sup>); заготовка — штамповка. Охлаждение — эмульсией. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [74]). I. Выбираем сверло и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем

56. Данные к задаче 34

№ варианта	Материал заготовки	D	l	Отверстие	Обработка	Модель станка
		мм				
1	Сталь Ст3, $\sigma_B = 460$ МПа ( $\approx 46$ кгс/мм <sup>2</sup> )	15H12	60	Глухое	С охлаждением	2Н125
2	Серый чугун, 160 НВ	16H12	65	Сквозное	Без охлаждения	2Н135
3	Сталь 40, $\sigma_B = 660$ МПа ( $\approx 66$ кгс/мм <sup>2</sup> )	18H12	70	Глухое	С охлаждением	2Н125
4	Серый чугун, 180 НВ	20H12	45	Сквозное	Без охлаждения	2Н135
5	Серый чугун, 190 НВ	22H12	30	»	То же	2Н135
6	Бронза БрАЖН 11-6-6, 200 НВ	24H12	40	»	»	2Н135
7	Серый чугун, 210 НВ	25H12	90	Глухое	»	2Н135
8	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 780$ МПа ( $\approx 78$ кгс/мм <sup>2</sup> )	26H12	50	»	С охлаждением	2Н135
9	Сталь 12Х18Н9Т в состоянии поставки, 143 НВ	28H12	35	Сквозное	То же	2Н135
10	Латунь ЛМцЖ52-4-1 100 НВ	30H12	40	»	Без охлаждения	2Н135

спиральное сверло диаметром  $D = 50$  мм; материал режущей части — быстрорежущая сталь Р18 (прил. 1, с 353). Можно применять также сталь Р6М5, которая не приведена в прил. 1.

Геометрические элементы: форма заточки — двойная (прил. 2, с. 359). Из-за отсутствия в нормативах [7] рекомендаций по выбору остальных геометрических элементов принимаем их по справочнику [18]:  $2\phi = 118^\circ$ ;  $2\phi_0 = 70^\circ$ ;  $\psi = 40 \div 40^\circ$ ; при стандартной заточке  $\psi = 55^\circ$ ;  $\alpha = 11^\circ$ ; длина вторичной кромки  $b = 9$  мм (табл. 43, с. 201);  $\omega = 24 \dots 32^\circ$ ; у стандартных сверл  $D > 10$  мм для обработки конструкционной стали  $\omega = 30^\circ$  (табл. 44, с. 203).

II. Назначаем режим резания (по нормативам [7]).



### 1. Глубина резания

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{50-20}{2} = 15 \text{ мм.}$$

2. Назначаем подачу (карта 52, с. 116). По II группе подач, считая, что рассверливается заготовка средней жесткости, находим для обработки стальной заготовки  $D = 50$  мм и  $d = 20$  мм  $S_0 = 0,6 \dots 0,8$  мм/об. Корректируем подачу по станку:  $S_0 = 0,8$  мм/об.

Проверяем принятую подачу по осевой силе, допускаемой прочностью механизма подачи станка. Из-за отсутствия в нормативах [7] таблицы значений осевой составляющей силы резания при рассверливании определяем ее значение по справочнику [18]:  $P_0 = C_P D^{q_P} t^{x_P} S_0^{y_P} K_P$  (с. 435).

Выписываем из табл. 31 (с. 436) коэффициент и показатели степеней формулы для рассверливания конструкционной стали с  $\sigma_B = 75$  кгс/мм<sup>2</sup> инструментом из быстрорежущей стали:  $C_P = 37,8$ ;  $q_P = 0$ ;  $x_P = 1,3$ ;  $y_P = 0,7$ .

Учитываем поправочный коэффициент на силу резания  $K_P = K_{MP}$  (по табл. 21 и 22, с. 430):

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_P}; \quad n_P = 0,75;$$

$$K_{MP} = \left(\frac{68}{75}\right)^{0,75} = 0,91^{0,75} = 0,93;$$

$$P_0 = 37,8 \cdot 15^{1,3} \cdot 0,8^{0,7} \cdot 0,93 = \\ = 37,8 \cdot 33,8 \cdot 0,855 \cdot 0,93 = 1016 \text{ кгс.}$$

В единицах СИ  $P_0 = 9,81 \cdot 1016 = 9967$  Н. У станка 2Н135  $P_{\max} = 1500$  кгс;  $P_0 < P_{\max}$  ( $1016 < 1500$ ); следовательно, назначенная подача  $S_0 = 0,8$  мм/об вполне допустима.

3. Назначаем период стойкости сверла ([7], табл. 2, с. 98). Для сверла с  $D = 50$  мм рекомендуется период стойкости  $T = 90$  мин. Допустимый износ сверла (прил. 3, с. 371): по задней поверхности  $h_z = 1$  мм; по ленточке  $h_a = 1,5$  мм.

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами сверла. По карте 53 (с. 117) находим для формы заточки ДП, разности диа-

метров  $D - d = 50 - 20 = 30$  мм (по графе «до 50 мм»),  $S_0$  до 1 мм/об, что  $v_{\text{табл}} = 13,6$  м/мин. Для заданных условий обработки приведенный в карте 53 поправочный коэффициент  $K_{и_0} = 1$ . Согласно примечанию к карте 53 необходимо дополнительно учесть по карте 42 (с. 104—105) поправочный коэффициент  $K_{M_0}$ . Для стали 45 с  $\sigma_B = 68$  кгс/мм<sup>2</sup> (см. диапазон 56—75)  $K_{M_0} = 1$ , поэтому  $v_{и} = v_{\text{табл}} = 13,6$  м/мин ( $\approx 0,23$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_{и}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 13,6}{3,14 \cdot 50} = 86 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_d = 90$  мин<sup>-1</sup> (принято ближайшее большее значение  $n_d$ , так как оно не превышает расчетного  $n$  более чем на 5 %).

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 90}{1000} = 14,1 \text{ м/мин } (\approx 0,24 \text{ м/с}).$$

7. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 54, с. 118—119). Для  $\sigma_B = 56 \dots 68$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $D - d$  до 32 мм,  $S_0$  до 0,84 мм/об при  $v$  до 15,1 м/мин находим  $N_{\text{табл}} = 3,3$  кВт. Поправочные коэффициенты на мощность в указанной карте не приведены, следовательно,  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 3,3$  кВт.

8. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка:  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$ . У станка 2Н135  $N_{\text{шп}} = N_d \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6$  кВт. Следовательно, обработка возможна ( $3,3 < 3,6$ ).

### III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{nS_0}; \quad L = l + y + \Delta.$$

При рассверливании сверлом с одинарной заточкой врезание  $y = t \operatorname{ctg} \varphi$ , а с двойной заточкой  $y = t_1 \operatorname{ctg} \varphi_0 + t_2 \operatorname{ctg} \varphi$ , где  $t_1$  — глубина резания на участке вторичных кромок;  $t_1 = b \sin \varphi_0$ ; длина вторичной кромки  $b = 9$  мм;  $2\varphi_0 = 70^\circ$ ;  $2\varphi = 118^\circ$  (см. раздел I решения);  $t_1 = 9 \sin 35^\circ = 9 \cdot 0,57 = 5,1$  мм;  $t_2$  — глубина резания (мм) на участке главных режущих кромок;  $t_2 = l - t_1$ .



№ варианта	Материал заготовки	D	d	l	Отверстие	Обработка
		мм				
1	Сталь 20, $\sigma_B = 500$ МПа ( $\approx 50$ кгс/мм <sup>2</sup> )	25H12	10	60	Сквозное	С охлаждением
2	Серый чугун, 150 НВ	25H12	15	25	Глухое	Без охлаждения
3	Сталь 50, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	30H12	15	40	Сквозное	С охлаждением
4	Серый чугун, 220 НВ	30H12	20	45	Глухое	Без охлаждения
5	Сталь 45X, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	40H12	15	70	Сквозное	С охлаждением
6	Серый чугун, 170 НВ	40H12	20	55	Глухое	Без охлаждения
7	Бронза БрАЖ9-4, 120 НВ	50H12	20	65	Сквозное	То же
8	Сталь 12ХНЗА, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	50H12	30	30	Глухое	С охлаждением
9	Алюминиевый сплав АЛ7, 60 НВ	60H12	30	35	Сквозное	Без охлаждения
10	Медь МЗ, 75 НВ	60H12	40	50	»	То же

где  $t$  — глубина резания (мм) при рассверливании (см. п. 1 решения);  $t_2 = 15 - 5,1 = 9,9$  мм;  $y = 5,1 \operatorname{ctg} 35^\circ + 9,9 \operatorname{ctg} 59^\circ = 5,1 \cdot 1,43 + 9,9 \cdot 0,6 = 7,3 + 5,9 = 13,2$  мм. Перебег  $\Delta = 1 \dots 3$  мм; принимаем  $\Delta = 3$  мм. Тогда  $L = 70 + 13,2 + 3 = 86,2$  мм;

$$T_0 = \frac{86,2}{90 \cdot 0,8} = 1,2 \text{ мин.}$$

**Задача 35.** На вертикально-сверлильном станке 2Н135 рассверливают отверстие диаметром  $d$  до диаметра  $D$  на глубину  $l$  (табл. 57). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] и справочника [18] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16].

**Пример 37.** На вертикально-сверлильном станке 2Н135 зенкеруют сквозное отверстие диаметром  $d = 37$  мм до диаметра  $D = 40H11(+0,16)$  на глубину  $l = 50$  мм. Обра-

батываемый материал — сталь 35 с пределом прочности  $\sigma_B = 620$  МПа ( $\approx 62$  кгс/мм<sup>2</sup>); заготовка — горячекатаный прокат; охлаждение — эмульсией. Эскиз обработки приведен на рис. 46. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с помощью нормативных таблиц; определить основное время.

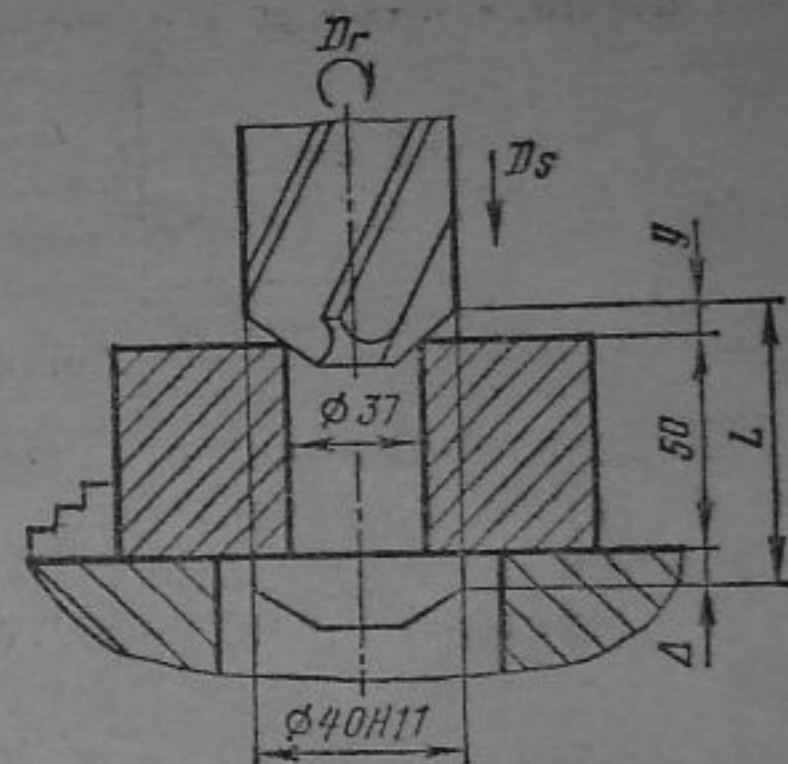


Рис. 46. Эскиз обработки к примеру 37

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем насадной зенкер с  $D = 40$  мм из быстрорежущей стали Р18 (или Р6М5) с числом зубьев  $z = 4$  (прил. 2, с. 361). Из-за отсутствия в используемых нормативах рекомендаций по выбору геометрических элементов зенкера устанавливаем их по справочнику [16] (табл. 48, с. 155) для обработки стали,  $\sigma_B = 62$  кгс/мм<sup>2</sup> ( $\approx 170$  НВ):  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 30^\circ$ ;  $\omega = 25^\circ$ .

II. Назначаем режим резания (по нормативам [7]).

1. Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{40 - 37}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

2. Назначаем подачу (карта 58; с. 122). Для  $D = 40$  мм по II группе подач  $S_0 = 0,7 \dots 0,8$  мм/об. Корректируем подачу по станку:  $S_0 = 0,8$  мм/об.

3. Назначаем период стойкости зенкера (табл. 2, с. 98). Для зенкера с  $D = 40$  мм рекомендуется период стойкости  $T = 50$  мин. Допустимый износ зенкера по задней поверхности  $h_3 = 1,2 \dots 1,5$  мм (прил. 3, с. 371).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами зенкера (карта 59, с. 123). Для  $D = 40$  мм,  $t = 1,5$  мм и  $S_0$  до 1 мм/об  $v_{\text{табл}} = 13$  м/мин.

В соответствии с примечанием к карте 59 учитываем поправочный коэффициент в зависимости от группы и механической характеристики стали (карта 42, с. 104, 105): для стали 35 с  $\sigma_B = 62$  кгс/мм<sup>2</sup> ( $\sigma_B = 51 \dots$



75 кгс/мм<sup>2</sup>)  $K_{M_p} = 1,3$ . Тогда  $v_{н} = v_{табл} K_{M_p} = 13 \times 1,3 = 16,9$  м/мин ( $\approx 0,28$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания,

$$n = \frac{1000v_{н}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,9}{3,14 \cdot 40} = 134 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_d = 125 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 125}{1000} = 15,7 \text{ м/мин } (\approx 0,26 \text{ м/с}).$$

При обработке зенкерами из быстрорежущей стали мощность, затрачиваемая на резание, незначительна (по сравнению с мощностью, затрачиваемой при сверлении и рассверливании). Поэтому, достаточна ли мощность привода станка, в этом случае обычно не проверяют.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{nS_0};$$

$L = l + y + \Delta$ ;  $y = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 60^\circ = 1,5 \cdot 0,58 \approx 0,9$  мм;  $\Delta = 1 \dots 3$  мм; принимаем  $\Delta = 2$  мм. Тогда  $L = 50 + 0,9 + 2 = 52,9$  мм;

$$T_0 = \frac{52,9}{125 \cdot 0,8} = 0,53 \text{ мин.}$$

**Пример 38.** На вертикально-сверлильном станке 2Н135 зенкеруют предварительно обработанное сквозное отверстие диаметром  $d = 47,5$  мм до диаметра  $D = 49,7$  мм на глубину  $l = 60$  мм (под последующую обработку одной разверткой). Материал обрабатываемой заготовки — серый чугун СЧ 20 твердостью 210 НВ. Обработка без охлаждения. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). 1. Выбираем пасадной зенкер  $D = 49,7$  мм с пластинами из твердого сплава ВК8; число зубьев  $Z = 4$  (прил. 2, с. 362). Из-за отсутствия в используемых нормативах рекомендаций по

выбору геометрических элементов зенкера устанавливаем их по справочнику [16] (табл. 48, с. 155) для обработки чугуна с НВ  $> 200$ :  $\gamma = 0$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 30^\circ$ ;  $\omega = 10^\circ$ .

II. Назначаем режим резания (по нормативам [7]).

1. Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{49,7 - 47,5}{2} = 1,1 \text{ мм.}$$

2. Назначаем подачу (карта 73, с. 135). Для чугуна с НВ до 229, диаметра зенкера  $D$  до 50 мм по II группе подач  $S_0 = 1,1 \dots 1,3$  мм/об. Корректируем подачу по станку:  $S_0 = 1,12$  мм/об.

3. Назначаем период стойкости зенкера (табл. 2, с. 98). Для зенкера с  $D = 49,7$  мм рекомендуется период стойкости  $T = 60$  мин. Допустимый износ твердосплавного зенкера по задней поверхности  $h_3 = 1,4$  мм (прил. 3, с. 371).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами зенкера (карта 76, с. 139).

Для 210 НВ (диапазон 170—225 НВ),  $t$  до 1,3 мм и  $S_0$  до 1,3 мм/об  $v_{табл} = 68$  м/мин. Для заданных условий обработки каждый из приведенных в карте 76 поправочных коэффициентов на скорость равен единице, поэтому  $v_{н} = v_{табл} = 68$  м/мин ( $\approx 1,13$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания,

$$n = \frac{1000v_{н}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 68}{3,14 \cdot 49,7} = 437 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_d = 355 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49,7 \cdot 355}{1000} = 55,5 \text{ м/мин } (\approx 0,93 \text{ м/с}).$$

7. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 77, с. 140, 141).

Для 210 НВ (диапазон 170—225),  $t$  до 1,3 мм,  $S_0$  до 1,3 мм/об и  $v$  до 59 м/мин  $N_{табл} = 3,0$  кВт. Поправочные



коэффициенты на мощность в указанной карте не приведены, следовательно,  $N_{рез} = N_{табл} = 3,0$  кВт.

8. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка  $N_{рез} \leq N_{шп.}$  У станка 2Н135  $N_{шп.} = N_{д\eta} = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6$  кВт. Следовательно, обработка возможна ( $3,0 < 3,6$ ).

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{L}{nS_0};$$

$L = l + y + \Delta$  мм;  $y = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,1 \operatorname{ctg} 60^\circ = 1,1 \times 0,53 = 0,6$  мм;  $\Delta = 1 \dots 3$  мм; принимаем  $\Delta = 2$  мм. Тогда  $L = 60 + 0,6 + 2 = 62,6$  мм;

$$T_0 = \frac{62,6}{355 \cdot 1,12} = 0,16 \text{ мин.}$$

**Задача 36.** На вертикально-сверлильном станке 2Н135 зенкеруют предварительно обработанное отверстие диаметром  $d$  до диаметра  $D$  на глубину  $l$  (табл. 58). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] и справочника [16] можно использовать справочники [10, 12, 18].

**Пример 39.** На вертикально-сверлильном станке 2Н125 развертывают глухое отверстие диаметром  $d = 24,8$  мм до диаметра  $D = 25H9^{(+0,052)}$  на глубину  $l = 55$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2,0$  мкм. Обрабатываемый материал — сталь 40ХН с  $\sigma_b = 700$  МПа ( $\approx 70$  кгс/мм<sup>2</sup>); заготовка — горячекатаный прокат; охлаждение — эмульсией. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем развертку и устанавливаем ее геометрические элементы (прил. 2, с. 363): принимаем машинную цельную развертку диаметром  $D = 25$  мм из быстрорежущей стали Р18 (или Р6М5). Для глухих отверстий  $\varphi = 60^\circ$ . Из-за отсутствия в используемых нормативах остальных геометрических элементов развертки принимаем их по справочнику [16] (табл. 53, с. 160):  $\gamma = 0$ ;  $\alpha = 6 \dots 12^\circ$ ; принимаем  $\alpha = 9^\circ$ .

II. Назначаем режим резания (по нормативам [7]).

58. Данные к задаче 36

№ варианта	Материал заготовки	$D$	$d$	$l$	Отверстие	Обработка
		мм				
1	Сталь 38ХМЮА, $\sigma_b = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	20H11	18	30	Глухое	С охлаждением
2	Серый чугун, 160НВ	25H11	22,6	40	Сквозное	Без охлаждения
3	Сталь 65Г, $\sigma_b = 850$ МПа ( $\approx 85$ кгс/мм <sup>2</sup> )	30H11	27,6	15	»	С охлаждением
4	Серый чугун, 180НВ	35H11	32,5	50	Глухое	Без охлаждения
5	Бронза БрАМц 9-2, 100 НВ	45H11	42	45	Сквозное	То же
6	Силумин АЛ4, 50 НВ	19,8H11	18	70	Глухое	»
7	Сталь 35, $\sigma_b = 580$ МПа ( $\approx 58$ кгс/мм <sup>2</sup> )	24,8H11	23	55	Сквозное	С охлаждением
8	Серый чугун, 220 НВ	29,8H11	28	35	»	Без охлаждения
9	Сталь Ст5, $\sigma_b = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	34,7H11	33	60	Глухое	С охлаждением
10	Латунь ЛК80-3, 110 НВ	44,7H11	43	25	Сквозное	Без охлаждения

Примечание. В вариантах № 6—10 предусматривается зенкерование под последующую обработку одной разверткой.

1. Глубина резания

$$l = \frac{D - d}{2} = \frac{35 - 34,8}{2} = 0,1 \text{ мм.}$$

2. Назначаем подачу (карта 62, с. 125). Согласно условию обрабатывается отверстие с допуском по H9 (соответствует 3-му классу точности старого стандарта) и параметром шероховатости поверхности  $Ra = 2,0$  мкм (старое обозначение  $\nabla 6$ ). Поэтому принимаем по карте II группу подач. Для  $D = 25$  мм по II группе подач  $S_0 =$



$= 0,9$  мм/об. Однако согласно примечанию к указанной карте для развертывания глухих отверстий рекомендуются подачи  $S_0 = 0,2 \dots 0,5$  мм/об. Принимаем подачу по паспортным данным станка:  $S_0 = 0,4$  мм/об.

3. Назначаем период стойкости развертки (табл. 2, с. 98). Для развертки  $D = 25$  мм рекомендуется период стойкости  $T = 80$  мин. Допустимый износ развертки по задней поверхности заборного конуса  $h_3 = 0,6 \dots 0,8$  мм (прил. 3, с. 371).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами развертки (карта 63, с. 126). Для обработанной поверхности с параметром шероховатости  $Ra = 2,0$  мкм ( $\nabla 6$ ),  $v_{\text{табл}} = 4 \dots 5$  м/мин. При окончательном развертывании поправочные коэффициенты на скорость картой не предусматриваются; принимаем  $v_n = 5$  м/мин ( $\approx 0,08$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 5}{3,14 \cdot 25} = 64 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка: действительная частота вращения  $n_d = 63 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 63}{1000} = 4,9 \text{ м/мин } (\approx 0,08 \text{ м/с}).$$

Мощность, затрачиваемая на резание при развертывании, незначительна. Поэтому, достаточна ли мощность привода станка, при развертывании не проверяют.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{n S_0};$$

$L = l + y + \Delta$ ;  $y = l \text{ ctg } \varphi = 0,1 \text{ ctg } 60^\circ = 0,1 \cdot 0,58 = 0,058$  мм; при обработке глухих отверстий  $\Delta = 0$ . Таким образом,  $L \approx 55$  мм;

$$T_0 = \frac{55}{63 \cdot 0,4} = 2,18 \text{ мин.}$$

Пример 40. На вертикально-сверлильном станке 2Н135 развертывают сквозное отверстие диаметром  $d = 44,7$  мм

до диаметра  $D = 45H9^{(+0,062)}$  на глубину  $l = 60$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2$  мкм. Обрабатываемый материал — сталь 45X с  $\sigma_v = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>); заготовка — горячекатаный прокат. Эскиз обработки приведен на рис. 47. Необходимо: выбрать твердосплавный режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

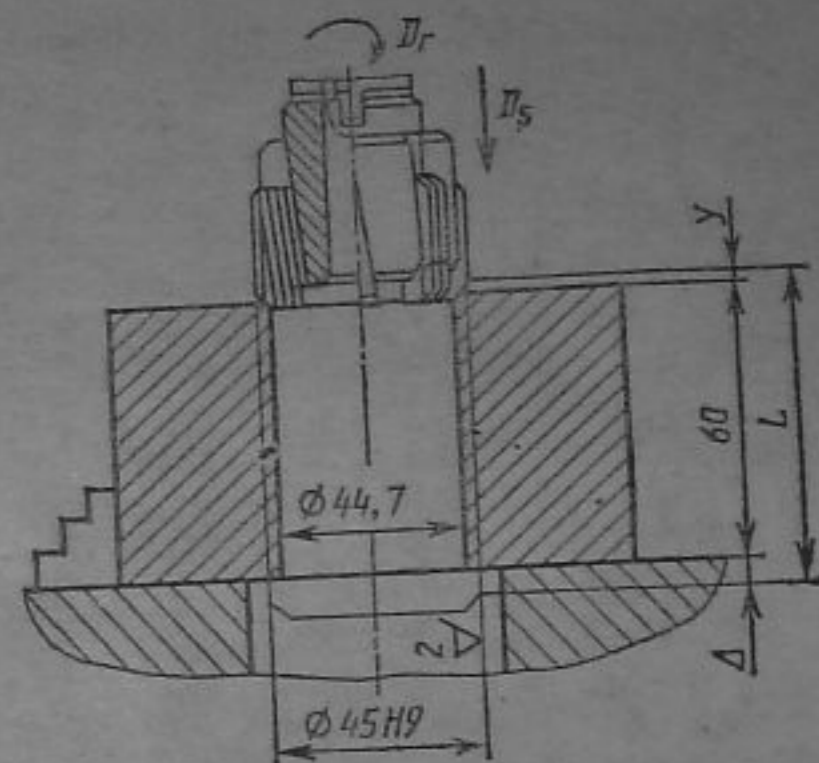


Рис. 47. Эскиз обработки к примеру 40

Решение (по нормативам [7]). I. Принимаем машинную насадную развертку диаметром  $D = 45$  мм с напаянными пластинами из твердого сплава (прил. 2 с. 363). Марка твердого сплава Т15К6, так как осуществляется окончательная обработка конструкционной стали.

Из-за отсутствия в используемых нормативах рекомендаций по выбору геометрических элементов развертки принимаем их по справочнику [16] (табл. 53, с. 160):  $\gamma = 0$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ; угол в плане  $\varphi = 45^\circ$  (табл. 51, с. 159, форма заточки I).

II. Назначаем режим резания (по нормативам [7]).

1. Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{45 - 44,7}{2} = 0,15 \text{ мм.}$$

2. Назначаем подачу (карта 81, с. 146). Для  $D = 45$  мм  $S_0 = 1,0 \dots 1,5$  мм/об. Принимаем среднее значение  $S_0 = 1,25$  мм/об. Корректируем подачу по паспортным данным станка:  $S_0 = 1,12$  мм/об.

3. Устанавливаем допустимый износ развертки по задней поверхности заборного конуса:  $h_3 = 0,4 \dots 0,7$  (прил. 2, с. 367). Период стойкости разверток с пластинами из твердого сплава в используемых нормативах не приведен. По справочнику [16]  $T = 90$  мин (табл. 30, с. 280).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами развертки ([7], карта 81, с. 146).



Для стали с  $\sigma_b = 60 \dots 90$  кгс/мм<sup>2</sup>, материала развертки — сплава Т15К6 и параметра шероховатости поверхности  $Ra = 2$  мкм (старое обозначение  $\nabla 6$ )  $v_{\text{табл}} = 60 \dots 80$  м/мин. Поправочные коэффициенты на скорость в указанной карте не приводятся; следовательно,  $v_n = v_{\text{табл}} = 60 \dots 80$  м/мин. Принимаем среднее значение  $v_n = 70$  м/мин ( $\approx 1,7$  м/с). При обработке стальных заготовок развертками с пластинами из твердого сплава требуется обильное охлаждение инструмента сульфозрезолом (примечание к карте 81).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 45} = 496 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 500$  мин<sup>-1</sup> (принято ближайшее большее значение  $n_d$ , так как оно не превышает расчетного  $n$  более чем на 5 %).

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 500}{1000} = 70,6 \text{ м/мин } (\approx 1,8 \text{ м/с}).$$

Установленный режим резания по мощности привода станка не проверяем вследствие незначительной потребной мощности.

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{L}{n S_0};$$

$$L = l + y + \Delta \text{ мм; } y = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,15 \operatorname{ctg} 15^\circ = 0,15 \cdot 3,73 = 0,55 \text{ мм; } \Delta = 1 \div 3 \text{ мм; принимаем } \Delta = 2 \text{ мм. Тогда } L = 60 + 0,55 + 2 = 62,55 \text{ мм;}$$

$$T_0 = \frac{62,55}{500 \cdot 1,2} = 0,11 \text{ мин.}$$

**Задача 37.** На вертикально-сверлильном станке 2Н135 развертывают отверстие диаметром  $d$  до диаметра  $D$  на глубину  $l$ . Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2,0$  мкм (табл. 59). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

59. Данные к задаче 37

№ варианта	Материал заготовки	$D$	$d$	$l$	Отверстие	Обработка
		мм				
1	Сталь 45, $\sigma_b = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	20H9	19,8	30	Глухое	С охлаждением
2	Серый чугун, 170 НВ	22H9	21,8	60	Сквозное	Без охлаждения
3	Алюминиевый сплав АК2, $\sigma_b = 420$ МПа ( $\approx 42$ кгс/мм <sup>2</sup> )	24H9	23,8	25	»	С охлаждением
4	Серый чугун, 190 НВ	25H9	24,8	75	Глухое	Без охлаждения
5	Сталь 40ХН, $\sigma_b = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	28H9	27,8	50	Сквозное	С охлаждением
6	Серый чугун, 210 НВ	30H9	29,8	65	Глухое	Без охлаждения
7	Бронза Бр.ОЦ 4-3, 70 НВ	35H9	34,7	40	Сквозное	То же
8	Сталь 30ХН3А, $\sigma_b = 800$ МПа ( $\approx 80$ кгс/мм <sup>2</sup> )	40H9	39,7	45	»	С охлаждением
9	Серый чугун, 230 НВ	45H9	44,7	70	Глухое	Без охлаждения
10	Латунь ЛМцОС 58-2-2-2, 90 НВ	50H9	49,7	55	Сквозное	То же

При решении задач кроме нормативов [7] и справочника [18] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16].

## § 2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СВЕРЛ

По форме и конструкции различают сверла спиральные, с прямыми канавками, перовые, для глубокого сверления, кольцевые, центровочные, с канавками для подвода смазочно-охлаждающей жидкости, с многогранными пластинами. Сверла выполняют с цилиндрическим, коническим и четырехгранным хвостовиками. Основные размеры и углы лезвия сверл стандартизованы. Геометрические элементы рабочей части сверл ( $\omega$ ,  $\gamma$  и  $2\varphi$ ) в зависимости от материалов заготовки и сверла можно выбрать для сверл диаметром свыше 10 мм из инструментальной стали по табл. 60, для сверл, оснащенных пластинами



60. Рекомендуемые углы наклона винтовой канавки  $\omega$  и углы при вершине в плане  $2\phi$  спиральных сверл диаметром свыше 10 мм из инструментальной стали

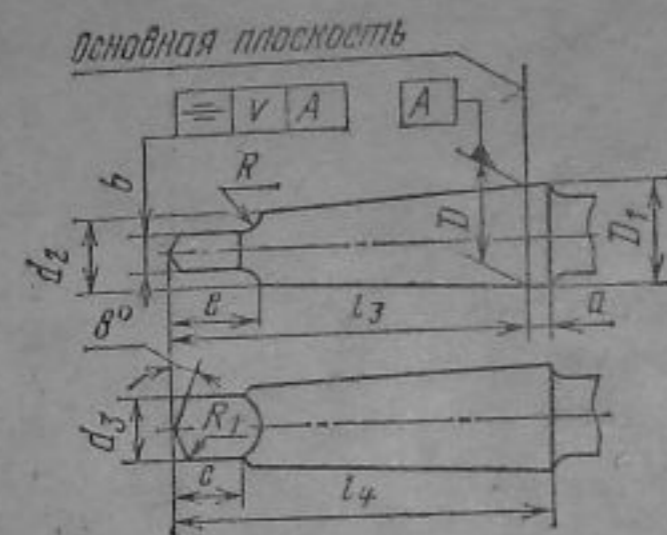
Материал заготовки	$\omega$	$2\phi$
	Сталь с $\sigma_B = \text{МПа (кгс/мм}^2\text{)}$ : до 500 (до 50) 500—700 ( $\approx 50-70$ ) 700—1000 ( $\approx 70-100$ ) 1000—1400 ( $\approx 100-140$ ) коррозионно-стойкая	35 30 25 20
Чугун серый	25—30	116—120
Медь красная	35—45	125
Медные отливки и латунь	25—30	130
Бронза с НВ: 100 и выше	15—20	135
до 100	8—12	125
Алюминиевые сплавы литейные	35—45	130—140
Алюминиевые сплавы деформируемые	45	140
Пластмассы, эбонит, бакелит	8—12	60—100

61. Рекомендуемые передние углы  $\gamma$  и углы при вершине в плане  $2\phi$  сверл, оснащенных пластинами из твердых сплавов

Материал заготовки	$\gamma$	$2\phi$
	Сталь: конструкционная, углеродистая и легированная	0—4
инструментальная	—3	116—118
марганцовистая твердая литая	0	116—118
термически обработанная	—3	116—118
Чугун с НВ: до 200	—3	130—135
более 200	6	116—118
Бронза, латунь, алюминий	0	116—118
Баббит	4—6	116—118
Пластмассы	4—6 0—2	140 60—100

из твердого сплава, — по табл. 61. Угол наклона поперечной режущей кромки  $\phi$  для сверл диаметром до 12 мм принимают  $50^\circ$ , для сверл диаметром свыше 12 мм —  $55^\circ$ . Задний угол  $\alpha$  различен в различных точках режущей кромки. У стандартных спиральных сверл в наиболее уда-

62. Основные размеры, мм, наружных инструментальных конусов Морзе с ланкой (ГОСТ 25557—82)



Обозначение величины конуса	Конусы Морзе						
	0	1	2	3	4	5	6
	при конусности						
	$1:19,212$ $0,05205$	$1:20,047$ $0,04988$	$1:20,020$ $0,04995$	$1:19,922$ $0,05020$	$1:19,254$ $0,05194$	$1:19,002$ $0,05263$	$1:19,180$ $0,05214$
$D$	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
$D_1$	9,2	12,2	18,0	24,1	31,6	44,7	63,8
$d_2$	6,1	9,0	14,0	19,1	25,2	36,5	52,4
$d_{2\max}$	6,0	8,7	13,5	18,5	24,5	35,7	51,0
$l_{3\max}$	56,5	62,0	75,0	94,0	117,5	149,5	210,0
$l_{4\max}$	59,5	65,5	80,0	99,0	124,0	156,0	218,0
$a$	3,0	3,5	5,0	5,0	6,5	6,5	8,0
$bh_{13}$	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19,0
$c$	6,5	8,5	10,0	13,0	16,0	19,0	27,0
$e_{\max}$	10,5	13,5	16,0	20,0	24,0	29,0	40,0
$R$	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	13,0
$R_1$	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
$v$	0,06	0,06	0,065	0,065	0,07	0,07	0,07

Примечания: 1. Размеры  $D_1$  и  $d_2$  являются теоретическими, вытекающими соответственно из диаметра  $D$  и номинальных размеров  $a$  и  $l_3$  (положения основной плоскости). 2. Допуски конусов Морзе — по АТ8 (ГОСТ 2848—75\*). 3. Центровое отверстие — форма В (ГОСТ 14034—74\*).



ленной от оси сверла точке (вершина лезвия)  $\alpha = 8 \dots 15^\circ$ , в ближайшей к оси точке  $\alpha = 20 \dots 26^\circ$ . У сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава, задний угол  $\alpha$  соответственно равен  $4-6^\circ$  и  $16-20^\circ$ . Меньшие из приведенных значений углов относятся к большим диаметрам сверл, большие значения — к малым диаметрам сверл. Формы и размеры заточки режущих кромок, перемычек и ленточек сверл приведены в нормативах ([18], табл. 43, с. 200).

Технические требования к изготовлению спиральных сверл приведены в ГОСТ 2034—80\*Е.

Хвостовики сверл с коническим хвостовиком имеют конус Морзе, выполняемый по ГОСТ 25557—82 (табл. 62).

**Пример 41.** Рассчитать и сконструировать спиральное сверло из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком для обработки сквозного отверстия под метрическую резьбу М27 глубиной  $l = 50$  мм в заготовке из конструкционной углеродистой стали с пределом прочности  $\sigma_B = 450$  МПа ( $\approx 45$  кгс/мм<sup>2</sup>).

**Решение.** 1. Определяем диаметр сверла. По ГОСТ 19257—73 находим необходимый диаметр сверла для нарезания резьбы 27 мм. Диаметр сверла  $D$  должен быть 23,9 мм; по ГОСТ 885—77\* указанный диаметр имеется.

2. Определяем режим резания по нормативам [18]:

а) подачу на оборот находим по табл. 27, с. 433:  $S_0 = 0,39 \dots 0,47$  мм/об; принимаем  $S_0 = 0,4$  мм/об;

б) по табл. 28—30 находим коэффициенты для определения скорости главного движения резания;  $v = 32$  м/мин (подробнее см. пример 33, п. 3).

3. Осевая составляющая силы резания

$$P_x = 9,81 C_p D^{x_p} S_0^{y_p} K_{M_p}$$

По табл. 31, с. 436 находим

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{0,75} = \left(\frac{45}{75}\right)^{0,75} = 0,6^{0,75} = 0,682;$$

$$P_x = 9,81 \cdot 68 \cdot 23,9 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,682 = 5850 \text{ Н } (\approx 585 \text{ кгс}).$$

4. Момент сил сопротивления резанию (крутящий момент)

$$M_{c.p} = 9,81 C_m D^{z_m} S_0^{y_m} K_{M_m}$$

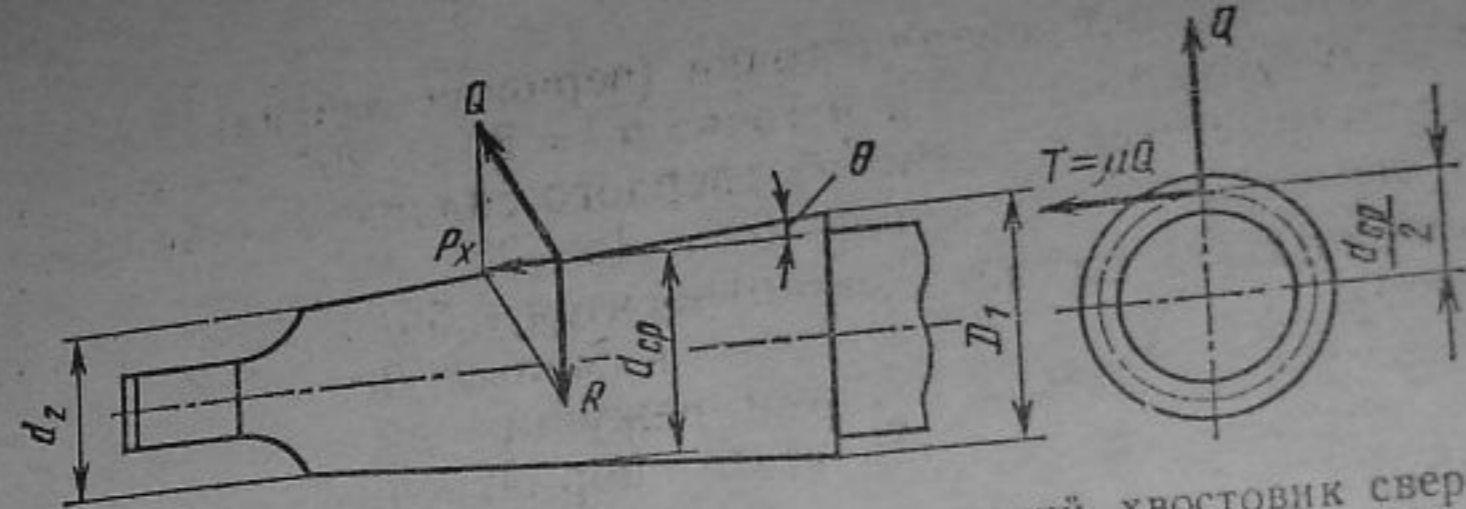


Рис. 48. Схема сил, действующих на конический хвостовик сверла

По табл. 31, с. 436 находим  $C_m = 0,0345$ ;  $z_m = 2,0$ ;  $y_m = 0,8$ ;

$$K_{M_m} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{0,75} = \left(\frac{45}{75}\right)^{0,75} = 0,682;$$

$$M_{c.p} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 23,9^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,682 = 64,2 \text{ Н}\cdot\text{м } (\approx 6400 \text{ кгс}\cdot\text{мм} = 6,4 \text{ кгс}\cdot\text{м}).$$

5. Определяем номер конуса Морзе хвостовика (рис. 48).

Осевую составляющую силы резания  $P_x$  можно разложить на две силы:  $Q$  — действующую нормально к образующей конуса:  $Q = \frac{P_x}{\sin \theta}$ , где  $\theta$  — угол конусности хвостовика, и силу  $R$  — действующую в радиальном направлении и уравновешивающую реакцию на противоположной точке поверхности конуса.

Сила  $Q$  создает касательную составляющую  $T$  силы резания; с учетом коэффициента трения поверхности конуса о стенки втулки  $\mu$

$$T = \mu Q = \frac{\mu P_x}{\sin \theta}.$$

Момент трения между хвостовиком и втулкой

$$M_{тр} = \frac{\mu P_x (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04 \Delta \theta).$$

Приравниваем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию, т. е. к моменту, создающемуся при работе затупившимся сверлом, который увеличивается до 3 раз по сравнению с моментом, принятым для нормальной работы сверла.



Следовательно,

$$3M_{с.р} = M_{тр} = \frac{\mu P_x (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04\Delta\theta).$$

Средний диаметр конуса хвостовика

$$d_{ср} = \frac{D_1 + d_2}{2},$$

или

$$d_{ср} = \frac{6M_{ср} \sin \theta}{\mu P_x (1 - 0,04\Delta\theta)},$$

где  $M_{ср} \approx 64,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$  ( $\approx 6420 \text{ кгс}\cdot\text{мм}$ ) — момент сопротивления сил резанию;  $P_x = 5850 \text{ Н}$  ( $\approx 585 \text{ кгс}$ ) — осевая составляющая силы резания;  $\mu = 0,096$  — коэффициент трения стали по стали; угол  $\theta$  для большинства конусов Морзе равен приблизительно  $1^\circ 30'$ ;  $\sin 1^\circ 30' = 0,02618$ ;  $\Delta\theta = 5'$  — отклонение угла конуса;

$$d_{ср} = \frac{6 \cdot 6420 \sin 1^\circ 30'}{0,096 \cdot 585 (1 - 0,2)} = 21,7 \text{ мм};$$

в единицах СИ

$$d_{ср} = \frac{6 \cdot 64,2 \sin 1^\circ 30'}{0,096 \cdot 5850 (1 - 0,2)} = 0,0217 \text{ м} = 21,7 \text{ мм}.$$

По ГОСТ 25557 — 82 выбираем ближайший больший конус, т. е. конус Морзе № 3 с лапкой, со следующими основными конструктивными размерами:  $D_1 = 24,1 \text{ мм}$ ;  $d_2 = 19,1 \text{ мм}$ ;  $l_3 = 19,1 \text{ мм}$ ;  $l = 99 \text{ мм}$ ; конусность 1 : 19,922 = 0,05020 или угол  $\theta = 1^\circ 26' 16''$ .

Остальные размеры хвостовика указывают на чертеже инструмента из табл. 62.

6. Определяем длину сверла. Общая длина сверла  $L$ ; длины рабочей части  $l_0$  хвостовика и шейки  $l_2$  могут быть приняты по ГОСТ 10908—75\* или ГОСТ 4010—77\*:  $L = 280 \text{ мм}$ ;  $l_0 = 170 \text{ мм}$ ;  $l_2 = 113 \text{ мм}$ ;  $d_1 = D_1 - 1,0 = 24,1 - 1 \approx 23 \text{ мм}$ . При наличии у обрабатываемой заготовки выступающих частей, высокой кондукторной втулки или исходя из других конструктивных соображений длина рабочей части или шейки может быть другой. Центровое отверстие выполняется по форме В ГОСТ 14034—74.

7. Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части сверла. По нормативам ([18],

карта 43, с. 200, 201) находим формулу (рис. 50, а). Угол наклона винтовой канавки  $\omega = 30^\circ$ . Углы между режущими кромками:  $2\varphi = 118^\circ$ ;  $2\varphi_0 = 70^\circ$ . Задний угол  $\alpha = 12^\circ$ . Угол наклона поперечной кромки  $\psi = 55^\circ$ . Размеры подточенной части перемычки:  $A = 2,5 \text{ мм}$ ;  $l = 5 \text{ мм}$ . Шаг винтовой канавки

$$H = \frac{\pi D}{\text{tg } \omega} = \frac{3,14 \cdot 23,9}{\text{tg } 30^\circ} = 130,5 \text{ мм}.$$

8. Толщину  $d_c$  сердцевин сверла выбирают в зависимости от диаметра сверла:

$D, \text{ мм}$	0,25—1,25	1,5—12,0	13,0—80,0
$d_c, \text{ мм}$	(0,28—0,20) $D$	(0,19—0,15) $D$	(0,14—0,25) $D$

Принимаем толщину сердцевин у переднего конца сверла равной  $0,14D$ . Тогда  $d_c = 0,14D = 0,14 \cdot 23,9 = 3,35 \text{ мм}$ . Утолщение сердцевин по направлению к хвостовику 1,4—1,8 мм на 100 мм длины рабочей части сверла. Принимаем это утолщение равным 1,5 мм (см. рис. 50, б).

9. Обратная конусность сверла (уменьшение диаметра по направлению к хвостовику) на 100 м длины рабочей части должна составлять:

$D, \text{ мм}$	До 6	Св. 6	Св. 18
Обратная конусность, мм	0,03—0,08	0,04—0,10	0,05—0,12

Принимаем обратную конусность 0,08 мм.

10. Ширину ленточки (вспомогательной задней поверхности лезвия)  $f_0$  и высоту затылка по спинке  $K$  выбираем по табл. 63. В соответствии с диаметром  $D$  сверла  $f_0 = 1,6 \text{ мм}$ ;  $K = 0,7 \text{ мм}$ .

11. Ширина пера  $B = 0,58D = 0,58 \cdot 23,9 = 13,9 \text{ мм}$ .

12. Геометрические элементы профиля фрезы для фрезерования канавки сверла определяют графическим или аналитическим способом. Воспользуемся упрощенным аналитическим методом [1].

Большой радиус профиля

$$R_0 = C_R C_r C_\varphi D,$$

где

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 118 \sqrt[3]{118}}{30} = 0,493;$$

$$C_r = \left( \frac{0,14D}{d_c} \right)^{0,044};$$



63. Рекомендуемые ширина ленточки (вспомогательной задней поверхности)  $f_0$  и высота затылка по спинке  $K$  спиральных сверл, мм

Диаметр сверла $D$	Ширина ленточки $f_0$	Высота затылка по спинке $K$
0,55—0,75 0,8—1,0 1,1—2,0	0,2 0,3 0,4	0,1
2—5 5—8 8—10	0,6 0,7 0,8	0,15 0,2 0,3
10—12 12—15	0,9 1,0	0,4
15—20 20—25 25—30	1,2 1,6 1,8	0,6 0,7 0,8
30—35 35—40	1,8 2,0	0,9
40—45 45—50 50—80	2,3 2,6 3,0	1,0 1,2 1,5

Примечание. Сверла диаметром до 0,5 мм изготавливают без ленточек.

при отношении толщины сердцевины  $d_c$  к диаметру сверла  $D$ , равном 0,14,  $C_r = 1$ ;

$$C_\phi = \left( \frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9},$$

где  $D_\phi$  — диаметр фрезы.

При  $D_\phi = 13\sqrt{D}$   $C_\phi = 1$ . Следовательно,  $R_0 = 0,493 \times 23,9 = 11,75$  мм.

Меньший радиус профиля  $R_k = C_k D$ , где  $C_k = 0,015\omega^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,191$ .

Следовательно,  $R_k = 0,191 \cdot 23,9 = 4,56$  мм. Ширина профиля  $B = R_0 + R_k = 11,75 + 4,56 = 16,31$  мм.

13. По найденным размерам строим профиль канавочной фрезы (рис. 49). Устанавливаем основные технические

требования и допуски на размеры сверла (по ГОСТ 885—77\*).

Предельные отклонения диаметров сверла  $D = 23,9h9_{(-0,052)}$  мм. Допуск на общую длину и длину рабочей части сверла равен удвоенному допуску по 14-му качеству с симметричным расположением предельных отклонений  $\left( \pm \frac{IT_{14}}{2} \right)$  по ГОСТ 25347—82.

Предельные отклонения размеров конуса хвостовика устанавливают по ГОСТ 2848—75\* (степень точности АТ8). Радиальное биение рабочей части сверла относительно оси хвостовика не должно превышать 0,15 мм. Углы  $2\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$ ;  $2\phi_0 = 70^\circ + 5^\circ$ . Угол наклона винтовой канавки  $\omega = 30_{-2}^\circ$ .

Предельные отклонения размеров подточки перемычки режущей части сверла  $+0,5$  мм. Твердость рабочей части сверла 63—66 HRC<sub>3</sub>, у лапки хвостовика сверла 32—46,5 HRC<sub>3</sub>.

14. Выполняем рабочий чертеж (рис. 50). Рабочий чертеж должен иметь три проекции (винтовые линии при черчении заменяют прямыми линиями). Форму заточки сверла с геометрическими параметрами режущей кромки, центровое отверстие, а также профиль канавочной фрезы вычерчивают отдельно в большом масштабе (см. рис. 50, в, г). На чертеже также указывают основные технические требования к сверлу (см. указания в гл. 1, § 3).

Задача 38. Рассчитать и сконструировать спиральное сверло из быстрорежущей стали для сверления под последующую технологическую операцию (табл. 64). Форму заточки выбрать самостоятельно. Диаметр сверла выбрать по справочнику [18], карты 39 и 41, с. 196—198 или [12], с. 238—241.

Задача 39. Рассчитать и сконструировать сверло с цилиндрическим хвостовиком, оснащенное пластиной из твердого сплава, для сверления отверстия диаметром  $D$ , глубиной  $l$  (табл. 65). Основные размеры сверла выбрать по ГОСТ 22735—77\*.

Задача 40. Рассчитать и сконструировать сверло с цилиндрическим хвостовиком, оснащенное пластиной из твердого сплава, для сверления отверстия диаметром  $D$ ,

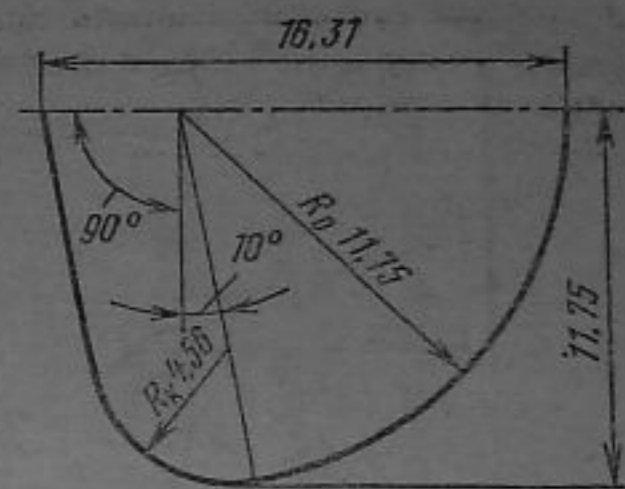


Рис. 49. Профиль канавочной фрезы



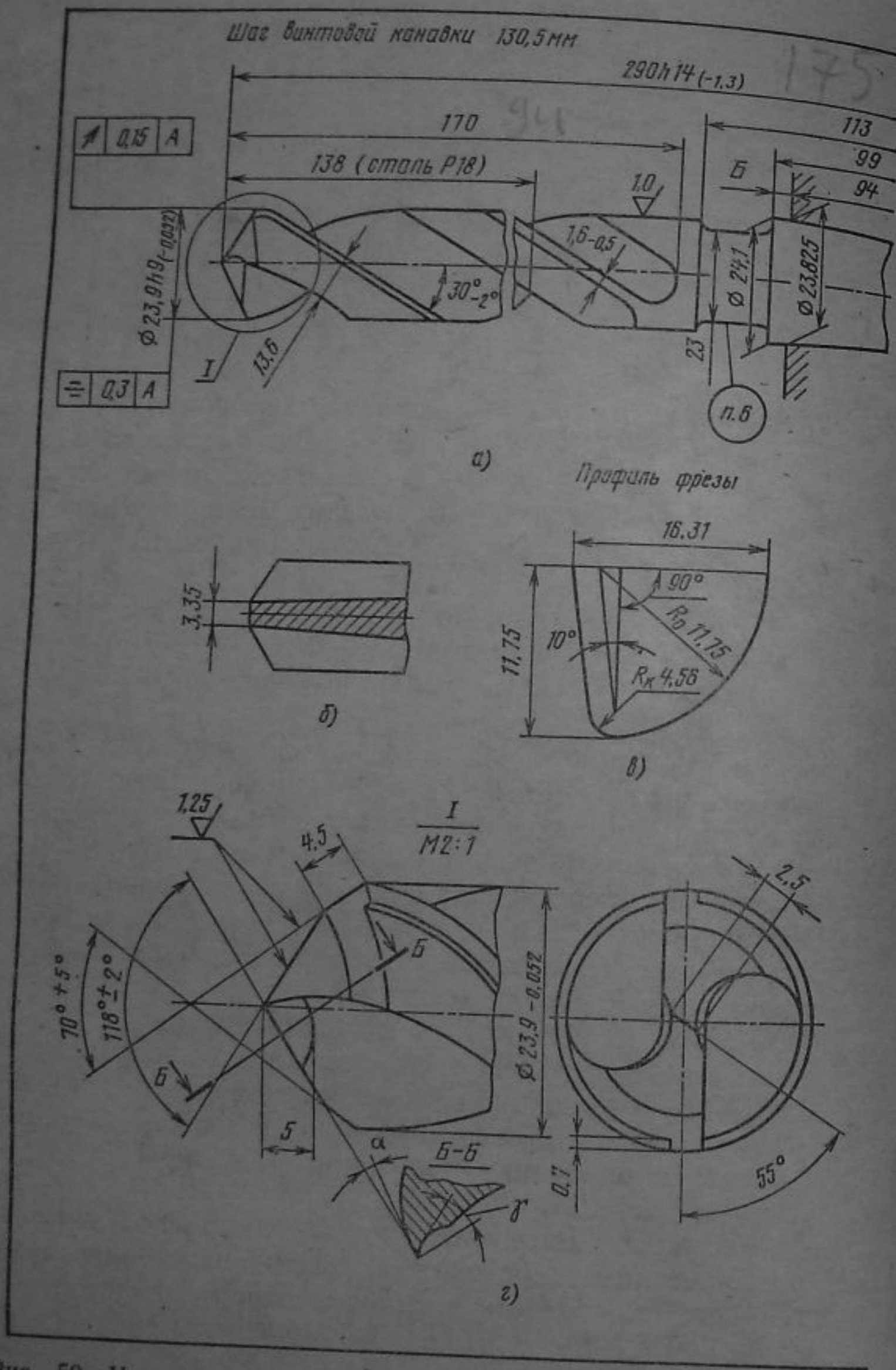
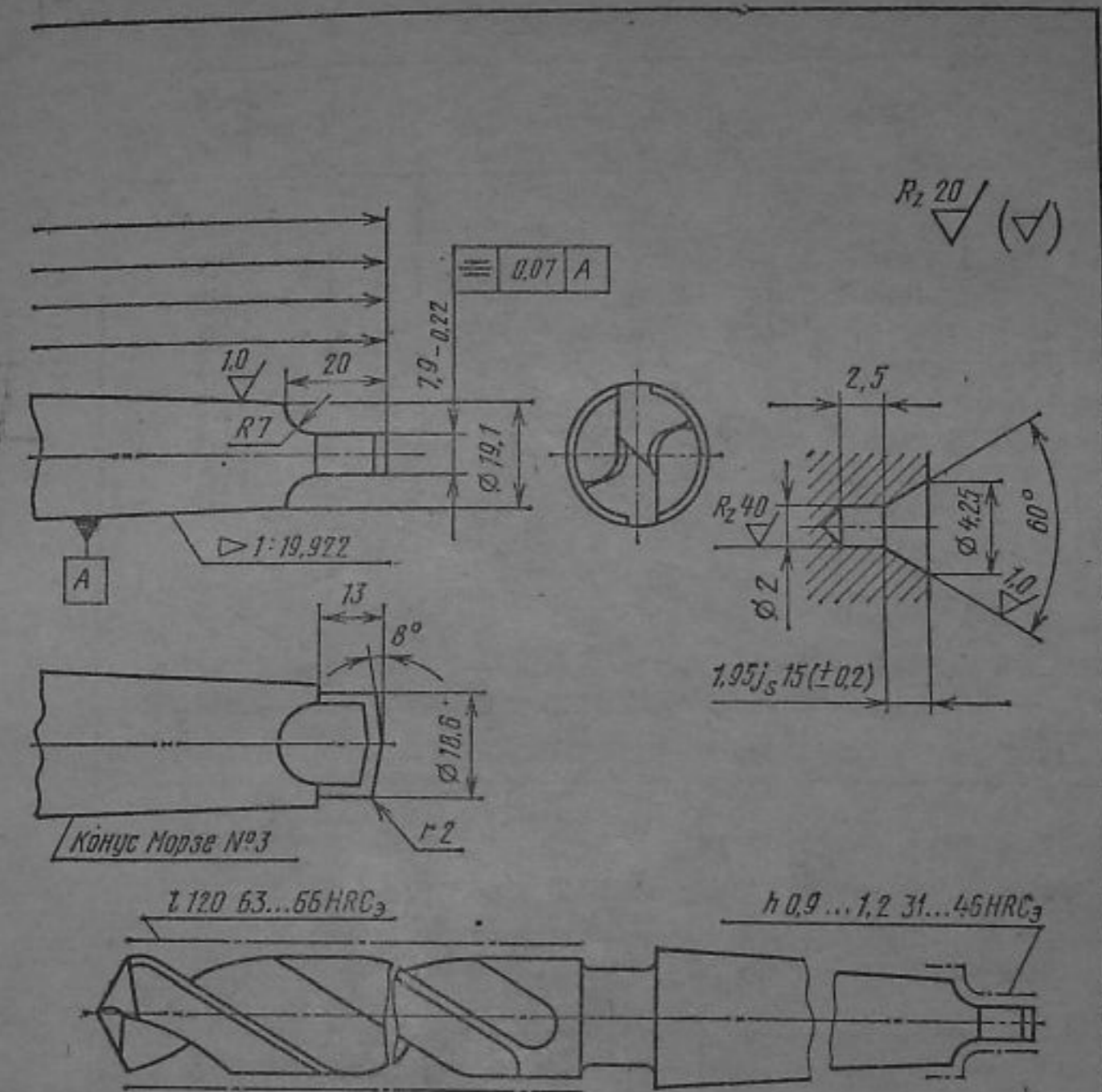


Рис. 50. Чертеж спирального сверла:  
 а — сверло; б — сердцевина; в — профиль канавочной фрезы; г — форма



1. Материал режущей части сверла — быстрорежущая сталь P18 или другой марки по ГОСТ 19265-73\*
2. Материал хвостовой части — сталь 40X по ГОСТ 4543-71\*
3. Сверло должно удовлетворять техническим требованиям по ГОСТ 5756-81\*E
4. Неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm \frac{IT14}{2}$  по ГОСТ 25347-82.
5. Допускается сварка трением.
6. Маркировать: диаметр сверла, марку стали режущей части, товарный знак завода-изготовителя (23,9-P18-Q).

Курсовая работа						
Изм. лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сверла спиральное 23,9мм с коническим хвостовиком	Литер	Масса
Разраб.	Петров А.В.		07.11.92		К	420г
Пров.	Иванов Б.А.		25.11.92		Лист 1	Листов 1
Т.контр.					МСИТ гп. 3504 Д	
И.контр.						
Утв.						

заточки



№ варианта	Назначение сверления	Глубина сверления, мм
1	Под резьбу $1\frac{1}{2}''$	40
2	Под зенкер $d = 16$ мм	60
3	Под развертку $d = 35$ мм	70
4	Напроход под болт с резьбой M24	30
5	Под зенкер $d = 40$ мм	100
6	Под резьбу M16	25
7	Под зенкер $d = 16$ мм	30
8	Под развертку $d = 14$ мм	20
9	Напроход под заклепку с $d = 19$ мм	10
10	Под резьбу M20×1,5	25

Примечание. В вариантах № 1—5 материал заготовки — сталь 45ХН, 207 НВ; в вариантах № 6—10 — чугун СЧ 35, 243 НВ.

№ варианта	D	d
	мм	
1	12	55
2	13	60
3	17	100
4	18	110
5	20	120
6	8	40
7	10	40
8	10,5	50
9	14	70
10	15	90

Примечание. В вариантах № 1—5 материал заготовки — сталь 50,  $\sigma_s = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>); в вариантах № 6—10 — СЧ 20, 170 НВ.

№ варианта	D	l	Материал заготовки
	мм		
1	2,5	10	Серый чугун СЧ 15
2	3	10	Сталь У10
3	4	15	Сталь 60Г
4	5	15	Серый чугун СЧ 35
5	6	20	Серый чугун СЧ 20
6	7	20	Сталь 20
7	8	25	Сталь 40Х
8	9	25	Сталь Ст5
9	9,5	30	Серый чугун СЧ 15
10	10,5	30	Серый чугун СЧ 35

№ варианта	D	l	Материал пластины
	мм		
1	6	35	T5K10
2	10	60	T14K8
3	14,3	100	T15K6
4	18	60	T30K4
5	20	75	T60K6
6	21,2	120	BK8
7	23	100	BK8B
8	25,3	150	T5K12B
9	28	125	TT7K12
10	30	175	BK15

глубиной  $l$  (табл. 66). Основные размеры сверла выбрать по ГОСТ 22735—77\*.

**Задача 41.** Рассчитать и сконструировать сверло с прямой канавкой, оснащенное пластиной из твердого сплава, для сверления отверстия диаметром  $D$ , глубиной  $l$  в заготовке из стали 30ХГН, 266 НВ (табл. 67). Основные размеры сверла выбрать по ГОСТ 22735—77\* и ГОСТ 22736—77\*; конструктивные размеры и геометрические параметры выбрать по справочным данным.

### § 3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗЕНКЕРОВ

Различают зенкеры цельные с коническим хвостовиком, насадные цельные, насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали и с напаянными пластинами из твердого сплава.

Если зенкер предназначен для предварительной обработки отверстий после сверления под развертывание (зенкер № 1), диаметр его выбирают меньше номинального диаметра отверстия на величину припуска под развертывание. Если зенкер предназначен для окончательной обработки отверстий (зенкер № 2), диаметр его принимают с учетом допуска отверстия, увеличения диаметра и припуска на изнашивание. Отклонения диаметров зенкеров № 1 и 2 и другие технические требования приведены в ГОСТ 1677—75\* для зенкеров цельных и со вставными ножами из быстрорежущей стали и в ГОСТ 12509—75\*



для зенкеров, оснащенных пластинами из твердого сплава. Кроме указанных выше конструкций, применяют двузубые зенкеры для обработки отверстий с большими припусками и комбинированные зенкеры в сочетании со сверлом, которыми можно обрабатывать отверстия в сплошном металле. Для обработки углублений под цилиндрические и конические головки винтов, конических поверхностей центровых отверстий, торцовых поверхностей бобышек и ступиц применяют конические и торцовые зенковки и цековки.

Основные размеры зенкеров и технические требования к ним приведены в ГОСТ 2255—71\*, ГОСТ 3231—71\*, ГОСТ 12489—71\*, ГОСТ 21541—76\*, а также в справочниках [12, 18]. Геометрические элементы лезвия рабочей части зенкеров для обработки черных металлов определяют по нормативам [18]. При выборе основных размеров цельных зенкеров можно руководствоваться следующими данными: минимальная длина рабочей части у хвостовых цельных зенкеров  $l = l_3 + 3D$ , где  $l_3$  — глубина зенкерования; длина заборной части зенкера  $l_1 = 0,04D + 2$  мм; длина шейки  $l_2 = 10 \dots 12$  мм. При наличии у обрабатываемой заготовки выступающих частей или при высокой кондукторной втулке длина шейки может быть увеличена. Диаметр шейки принимают меньше диаметра зенкера на 0,5—2 мм. Размеры конуса хвостовика (Морзе) принимают по ГОСТ 25557—82 (см. табл. 62).

Крепление насадных зенкеров осуществляют на конической оправке с конусностью 1:30. Общую длину оправки выбирают в зависимости от конкретных условий обработки. Размеры конического отверстия и шпоночного паза для торцовой шпонки выбирают по ГОСТ 9472—83. Параметры профиля и винтовых канавок зенкеров приведены в табл. 68. Конструкции крепления ножей указаны в ГОСТ 2568—71\*. Размеры ножей и клиньев выбирают по ГОСТ 16858—71 и ГОСТ 16859—71\*.

Наиболее распространены конструкции зенкеров, приведенные на рис. 51. В корпусе зенкера (рис. 51, а) выполнены клиновидные пазы с рифлениями; ножи также имеют рифленую поверхность и клиновидную форму. Конструкция обеспечивает надежное крепление. Регулирование диаметров выполняют путем перестановки ножа на одно рифление. Корпус зенкера, изображенного на рис. 51, б, имеет пазы клиновидной формы. Сторона паза и примыкающая к ней сторона ножа снабжены продоль-

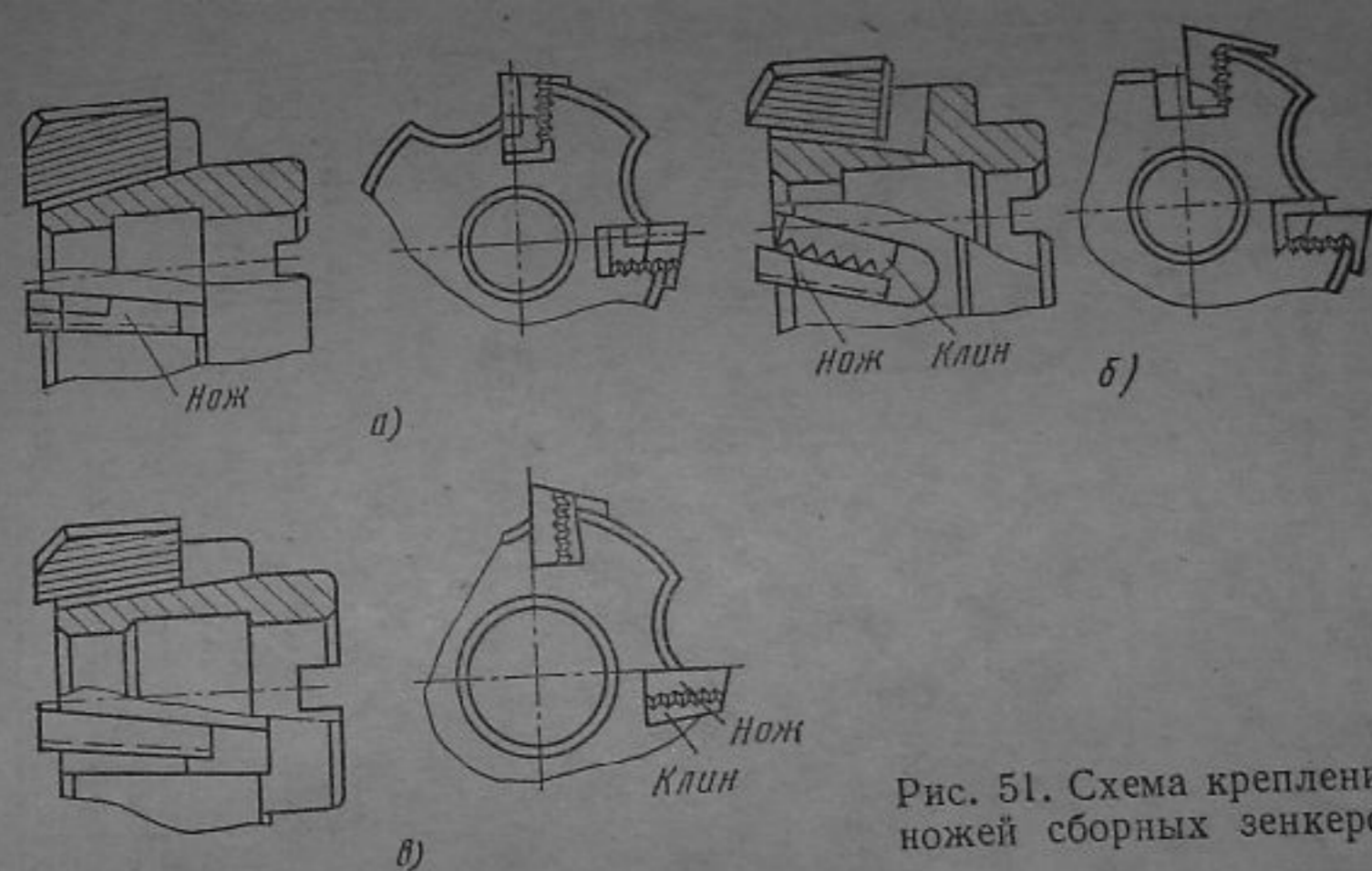


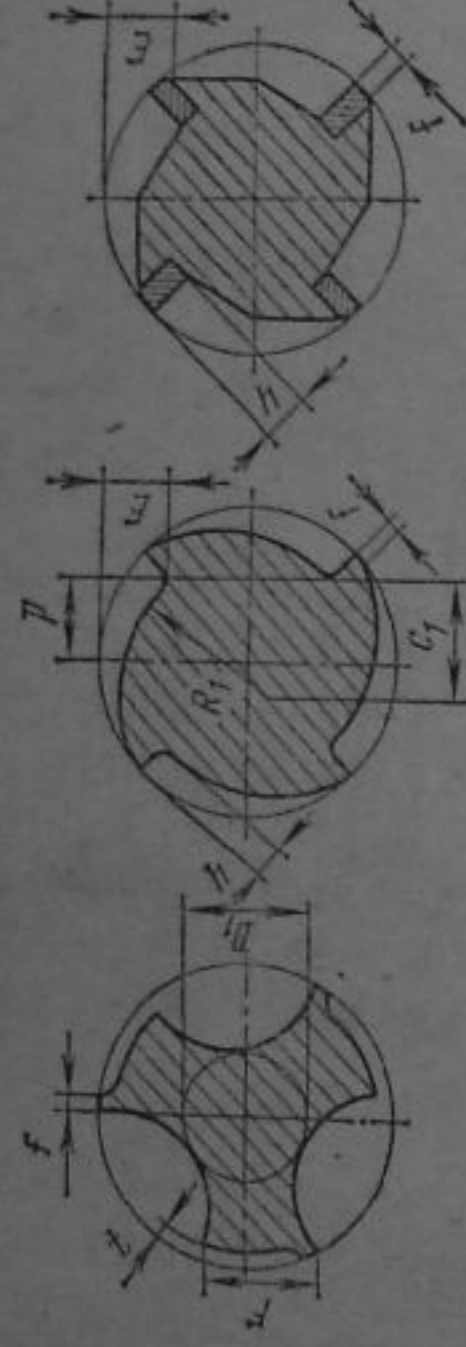
Рис. 51. Схема крепления ножей сборных зенкеров

ными рифлениями. Для закрепления ножа в пазу корпуса предусмотрен клин, снабженный на стороне, прилегающей к ножу, поперечными рифлениями, которые входят в соответствующие рифления ножа. Эта конструкция позволяет осуществить осевое и радиальное регулирование ножей, но такие зенкеры сложны в изготовлении. Корпус зенкера, изображенного на рис. 51, в, имеет пазы с радиальным уклоном  $5^\circ$  и продольным (осевым) уклоном  $3^\circ$ . Ножи и клинья снабжены продольными рифлениями. Конструкция допускает осевое и радиальное регулирование ножей.

Рекомендуемые размеры профиля фрез для обработки винтовых канавок и спинок зубьев, а также схемы установки канавочных фрез на фрезерных станках приведены в ГОСТ 3231—71\* и ГОСТ 12489—71\*.

Инструменты для обработки цилиндрической, конической и торцовой поверхностей входного участка отверстия, а также для обработки многоступенчатых отверстий называют зенковками и цековками; они снабжены направляющей цилиндрической частью, которая выполняется сменной или за одно целое с корпусом инструмента. Сменная направляющая часть крепится с помощью конуса или прижимного винта. Сменные зенкеры и зенковки выполняются с укороченным конусом Морзе по ГОСТ 9953—82, который может иметь лапку, квадрат или шестигранник, и цилиндрическим хвостовиком, закрепляемым в быстро-





Номинальный диаметр, мм	f	Зенкер с z = 3				Зенкер с z = 4									
		из быстрорежущей стали		с пластинами из твердого сплава		из быстрорежущей стали			с пластинами из твердого сплава						
		D <sub>1</sub>	F	D <sub>1</sub>	F	h	R <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	p	E	h	R <sub>1</sub> *	c <sub>1</sub> *	p*	E
10	1,0	4,8	5,2	—	—	2,5	11,5	6,5	2,2	2,1	—	—	—	—	—
12	1,0	4,8	5,6	—	—	2,5	11,5	7,3	3,1	3,6	—	—	—	—	—
14	1,0	5,6	6,5	—	—	2,5	11,5	7,3	3,2	4,0	—	—	—	—	—
16	1,0	6,4	7,5	—	—	2,5	11,5	7,3	3,8	4,2	—	—	—	—	—
18	1,2	7,2	8,4	—	—	2,5	14,0	8,9	4,9	4,9	—	—	—	—	—
20	1,2	8,0	9,2	9,2	11,3	2,5	14,0	8,9	5,4	5,0	—	—	—	—	—

Номинальный диаметр, мм	f	Зенкер с z = 3				Зенкер с z = 4									
		из быстрорежущей стали		с пластинами из твердого сплава		из быстрорежущей стали			с пластинами из твердого сплава						
		D <sub>1</sub>	F	D <sub>1</sub>	F	h	R <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	p	E	h	R <sub>1</sub> *	c <sub>1</sub> *	p*	E
22	1,2	9,0	10,3	11,8	14,6	2,5	14,0	8,9	5,9	5,1	—	—	—	—	—
25	1,5	10,0	11,7	14,4	18,5	2,5	17,5	10,5	7,0	5,6	—	—	—	—	—
28	1,5	12,0	13,2	15,6	20,0	3,5	21,0	11,6	7,0	6,4	—	—	—	—	—
30	1,5	13,0	14,0	17,4	—	3,5	21,0	11,6	7,2	7,6	—	—	—	—	—
32	1,8	13,5	15,0	18,5	—	3,5	24,0	14,6	9,2	7,8	—	—	—	—	—
35	1,8	—	—	20,0	—	4,2	24,0	14,6	9,3	8,2	—	—	—	—	—
40	1,8	—	—	—	—	5,1	33,0	19,0	11,0	10,1	—	—	—	—	—
45	2,0	—	—	—	—	5,4	33,0	19,0	11,7	10,3	—	—	—	—	—
50	2,0	—	—	—	—	5,4	38,5	22,0	14,0	11,8	—	—	—	—	—
55	2,0	—	—	—	—	6,0	38,5	22,0	14,9	12,1	—	—	—	—	—
60	2,0	—	—	—	—	6,0	38,5	24,2	17,0	13,3	—	—	—	—	—
65	2,5	—	—	—	—	6,5	38,5	26,1	18,8	15,0	—	—	—	—	—
70	2,5	—	—	—	—	7,0	38,5	26,1	19,2	15,0	—	—	—	—	—
75	2,5	—	—	—	—	8,0	55,0	31,3	21,0	16,9	—	—	—	—	—
80	2,5	—	—	—	—	8,2	55,0	31,3	21,6	17,1	—	—	—	—	—

\* Эскиз зенкера с пластинами из твердого сплава дан для диаметра D ≤ 25 мм, поэтому параметры R<sub>1</sub>, c<sub>1</sub> и p на эскизе не показаны; при построении профиля канавок зенкоров больших диаметров эти параметры можно брать по эскизу зенкера из быстрорежущей стали или по приложениям к ГОСТ 12489—71 и ГОСТ 3231—71.



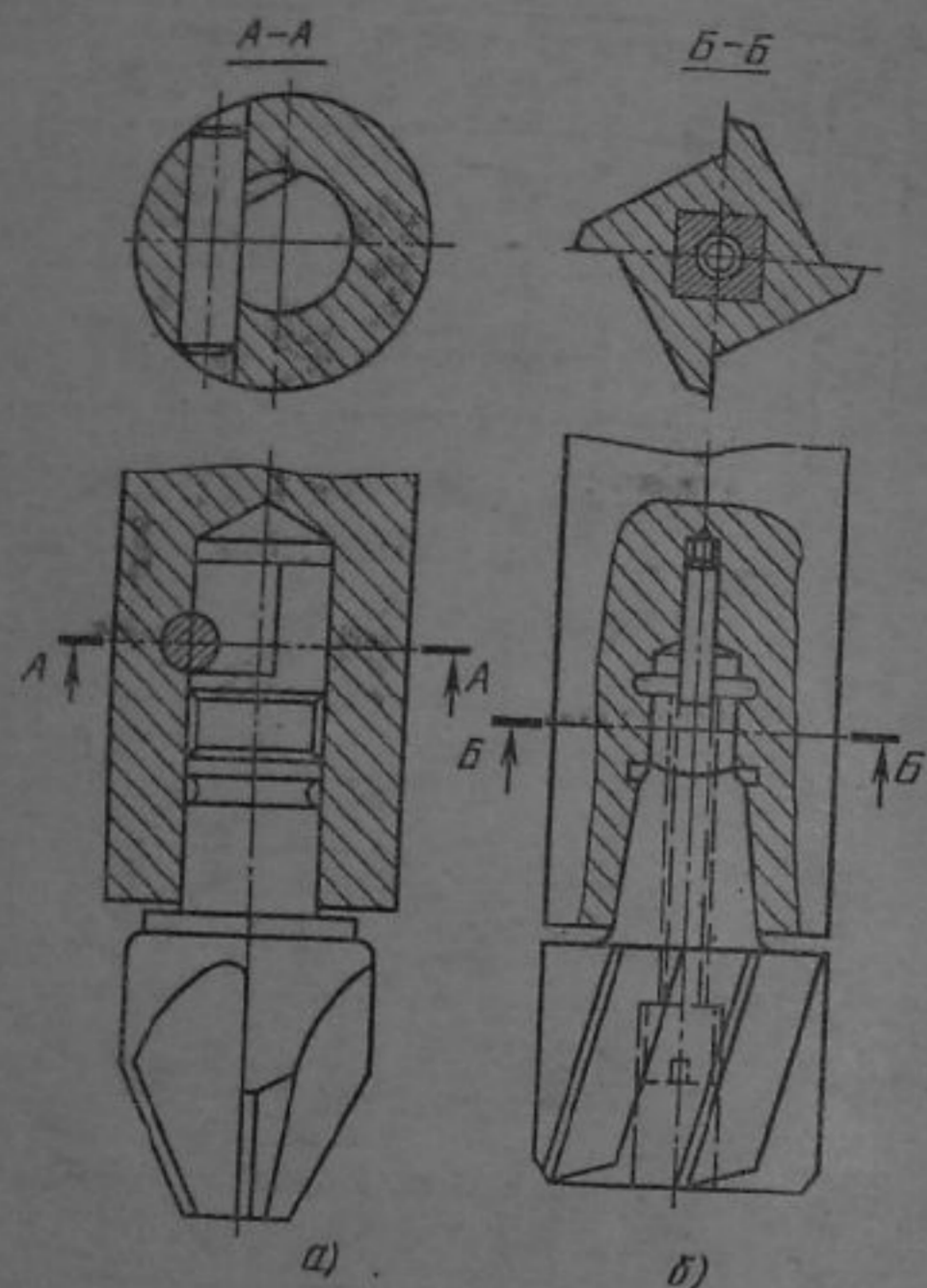


Рис. 52. Схемы крепления сменных зенковок (а) и цековок (б) с укороченными хвостовиками

сменных патронах с помощью штифтовых замков по ГОСТ 3009—78 (рис. 52).

**Пример 42.** Рассчитать и сконструировать насадной зенкер с напаянными пластинами из твердого сплава под развертывание сквозного отверстия диаметром 23,6 мм до диаметра 26 мм, глубиной  $l = 50$  мм в заготовке из конструкционной стали с пределом прочности  $\sigma_b = 450$  МПа ( $\approx 45$  кгс/мм<sup>2</sup>).

**Решение.** 1. Диаметр зенкера  $D$  принимается равным диаметру обрабатываемого отверстия с учетом допуска. По ГОСТ 12509—75\* принимаем для зенкера № 1 (под черновое развертывание):  $D = 26_{-0,245}^{-0,290}$ .

2. Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части зенкера [7, 12, 18]. Задний угол  $\alpha$  на задней поверхности лезвия  $10^\circ$ , на калибрующей части  $8^\circ$ . Передний угол  $\gamma = 0$  (на фаске шириной  $f_0 =$

$= 0,3$  мм). Угол наклона винтовой канавки  $\omega = 10^\circ$ . Угол врезания пластины  $\omega_1 = 10^\circ$ , профиль канавки принимаем прямолинейным. Шаг винтовой канавки  $H = \pi D \operatorname{ctg} 10^\circ = 3,14 \cdot 26 \cdot 5,6713 = 463$  мм. Главный угол в плане  $\varphi = 60^\circ$ . Угол в плане переходной кромки  $\varphi_1 = 30^\circ$ . Обратную конусность на длине пластины из твердого сплава принимаем равной 0,05 мм.

3. Конструктивные элементы зенкера принимаем по справочным данным {например [12, 18]} или по ГОСТ 3231—71\*.

4. Размеры конического отверстия и шпоночного паза выбираем по ГОСТ 9472—83: конусность 1 : 30; диаметр отверстия  $d = 13$  мм; ширина паза  $b = 4,3H13^{(+0,18)}$  мм; глубина паза  $l = 4,8H13^{(+0,18)}$  мм; радиус дна паза  $R = 0,6 \dots 2,15$  мм; допуск смещения оси паза  $z = 0,075$  мм. Угол уклона конического отверстия  $\alpha = 57'17''$ . Допуск на угол уклона  $\frac{\delta}{2} = 1'30''$ , или  $\frac{a}{2} = \pm 0,0036$  мм.

5. Твердый сплав пластины для обработки конструкционной стали принимаем марки Т15К6, форму 2515 по ГОСТ 2209—82 или форму 21 по ГОСТ 25400—82. В качестве припоя назначаем латунь Л68. Для корпуса зенкера принимаем сталь 40Х по ГОСТ 4543—71\*.

6. Технические требования к зенкерам, оснащенным пластинами из твердого сплава, принимаем по ГОСТ 12509—75\*.

7. Выполняем рабочий чертеж зенкера (рис. 53) с указанием основных технических требований (см. указания в гл. 1, § 3).

**Задача 42.** Рассчитать и сконструировать насадной цельный зенкер из быстрорежущей стали Р9К5 для обработки отверстия в заготовке из стали У8 с  $\sigma_b = 900$  МПа ( $\approx 90$  кгс/мм<sup>2</sup>). Глубина отверстия  $l = 3d$  (табл. 69). Основные размеры зенкера выбрать по ГОСТ 12489—71\*. Начертить оправку для зенкера, используя ГОСТ 9472—83 или ГОСТ 25557—82.

**Задача 43.** Рассчитать и сконструировать насадной зенкер с вставными ножами из быстрорежущей стали марки Р6М5 для обработки сквозного отверстия в заготовке из стали 30 с пределом прочности  $\sigma_b = 600$  МПа ( $\approx 60$  кгс/мм<sup>2</sup>). Глубина отверстия  $l = 4d$  (табл. 70). Основные размеры зенкера выбрать по ГОСТ 2255—71\*.







69. Данные к задаче 42

№ варианта	$d$	Диаметр предварительно просверленного отверстия
		мм
1	40	37
2	45	42
3	70	64
4	75	70
5	80	75
6	32	29,6
7	34	31,6
8	38	35
9	50	47
10	60	56

70. Данные к задаче 43

№ варианта	$d$	Диаметр предварительно просверленного отверстия
		мм
1	90	84
2	100	94
3	50	47
4	52	48
5	55	50
6	60	57
7	65	62
8	70	66
9	75	70
10	80	76

71. Данные к задаче 44

№ варианта	Материал заготовки	$D$	$l$	Зенкерование
		мм		
1	Сталь с НВ 235—290	16	50	Под чистовое развертывание
2	Алюминий	20	60	Под отверстие с полем допуска $H11$
3	Чугун	18	75	Под черновое развертывание
4	Сталь с НВ 190	28	100	Под отверстие с полем допуска $H11$
5	Алюминий	32	120	Под чистовое развертывание
6	Чугун	22	60	
7	Сталь с НВ: 150 235—290	25	75	Под отверстие с полем допуска $D11$
8		12	50	
9	Сталь с НВ $\leq 150$	10	40	Под черновое развертывание
10	Чугун	14		Под отверстие с полем допуска $D11$

72. Данные к задаче 45

№ варианта	$D$ , мм	Материал заготовки	Точность обрабатываемого отверстия
1	36	Серый чугун СЧ 35	Под отверстие с полем допуска $D11$
2	40		Под чистовое развертывание
3	50		
4	32		
5	45	Сталь 9ХС	Под чистовое развертывание
6	55		
7	60		
8	70		Под отверстие с полем допуска $H11$
9	80		
10	50		

Метод крепления ножей выбрать самостоятельно по ГОСТ 16858—71\* и ГОСТ 16859—71\*.

**Задача 44.** Рассчитать и сконструировать цельный зенкер с коническим хвостовиком для обработки отверстия диаметром  $D$  на глубину  $l$ . Для вариантов № 1—5 отверстие сквозное, для вариантов № 6—10 — глухое (табл. 71). Основные размеры зенкера выбрать по ГОСТ 12489—71\*.

73. Данные к задаче 46

№ варианта	$D$	$d$	Сборный зенкер
	мм		
1	60	28	Двузубый с направляющей частью
2	70	32	
3	80	38	
4	75	32	
5	100	38	Комбинированный со сверлом
6	42	20	Двузубый с направляющей частью
7	45	20	
8	48	24	Комбинированный со сверлом
9	50	24	
10	55	28	



№ варианта	$D$	$d$	$h$
	мм		
1	32	20	18
2	36	22	20
3	40	24	20
4	45	30	22
5	55	33	26
6	13,5	7	6
7	18	11	8
8	20	14	10
9	24	16	10
10	30	16	15

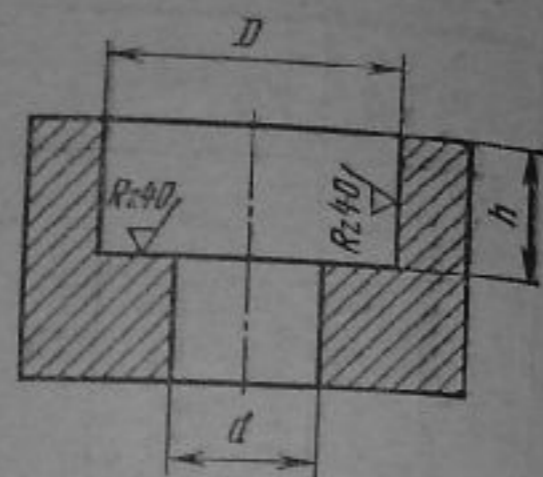


Рис. 54. Эскиз обрабатываемой поверхности заготовки к задаче 47

**Задача 45.** Рассчитать и сконструировать насадной зенкер с напаянными пластинами из твердого сплава для обработки сквозного отверстия диаметром  $D$  (табл. 72). Основные размеры зенкера выбрать по ГОСТ 3231—71\*.

**Задача 46.** Сконструировать двузубый сборный зенкер (зенкер-улитку) для обработки отверстия диаметром  $D$  в заготовке из стали 60 с  $\sigma_B = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>). Тип (конструкцию) сборного зенкера выбрать самостоятельно [7, 12, 18].

Для вариантов № 1, 2, 6, 7, 8 и 9  $d$  — диаметр предварительно просверленного отверстия, мм; для вариантов № 3, 4, 5 и 10  $d$  — диаметр сверла (табл. 73).

№ варианта	$D$	$d$	$h$
	мм		
1	16	9	4
2	19	11	5
3	25	15	6
4	33	19	8
5	37	21	9
6	12	7	3
7	16	9	4
8	23	13	6
9	33	19	8
10	39	25	14

**Примечание.** Зенковка в оправке крепится с помощью быстросменного штифтового замка (варианты № 1—5) или укороченного конуса Морзе (варианты № 6—10).

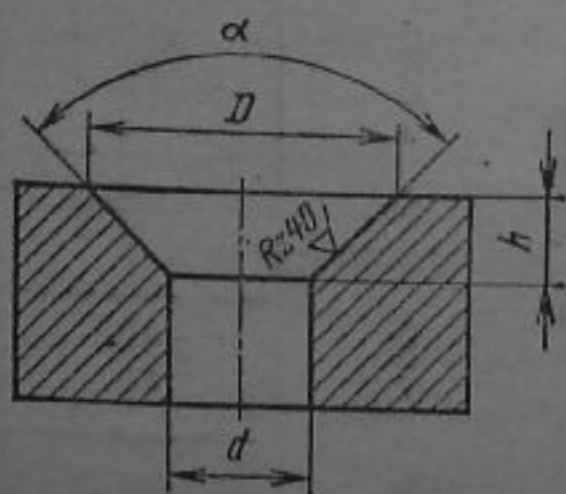


Рис. 55. Эскиз обрабатываемой поверхности заготовки к задаче 48

**Задача 47.** Рассчитать и сконструировать цековку цилиндрическую для обработки места под головку винта (рис. 54), снабженную сменной цилиндрической направляющей частью (табл. 74). Конструкцию инструмента выбрать по СТ СЭВ 701—77 со сменной цилиндрической цапфой по СТ СЭВ 702—77.

**Задача 48.** Рассчитать и сконструировать зенковку для обработки места под коническую потайную головку винта с углом  $\alpha = 90^\circ$  (рис. 55 и табл. 75). Конструкцию зенковки выбрать самостоятельно по ГОСТ 14953—80\*Е.

#### § 4. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАЗВЕРТОК

Основные типы, конструкции, размеры разверток и технические требования к ним приведены в стандартах. Машинные развертки изготовляют из инструментальных углеродистых сталей У10А и У12А, легированной стали 9ХС и быстрорежущих сталей Р6М5 и Р18. Хвостовую часть сварных разверток выполняют из стали 45; корпуса разверток и ножей к ним с напаянными пластинами из твердого сплава — из стали У7, 9ХС или 40Х. Твердость разверток после термической обработки режущей части 61—65 HRC<sub>2</sub>; корпусов, клиньев, корпусов ножей и крепежной части хвостовиков 32—46,5 HRC<sub>2</sub>. Пластины из твердого сплава выбирают по ГОСТ 2209—82 (развертки для сквозных отверстий снабжают пластинами формы 26) или по ГОСТ 25425—82. Марку твердого сплава выбирают по ГОСТ 3882—74\* или справочной литературе в зависимости от физико-механических свойств обработанного материала.

Поля допусков на исполнительные диаметры с припуском под доводку приведены в табл. 76. Кроме того, при конструировании разверток допуски можно выбирать по ГОСТ 11173—76\* и ГОСТ 13779—77\*.

Допуски диаметров рабочей части цилиндрических разверток в зависимости от поля допуска на обрабатываемое отверстие ( $IT$ ) рассчитывают по следующей схеме (рис. 56):

максимальный диаметр развертки должен быть равен максимальному диаметру отверстия минус  $0,15IT$ ;

минимальный диаметр развертки должен быть равен максимальному диаметру развертки минус  $0,35IT$ .

Значения  $0,15IT$  и  $0,35IT$  округляют в сторону больших значений на 0,001 мм.



76. Поля допусков на исполнительные размеры диаметров разверток с припуском под доводку

Предельное отклонение	Предельное отклонение диаметра развертки, мкм, при номинальном диаметре разверток, мм								Поле допуска отверстия, для которого предназначается развертка
	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	
Верхнее Нижнее	+17 +11	+19 +12	+21 +13	+25 +16	+28 +18	+33 +21	+36 +22	+41 +25	N7; M7; K6; K7; P7
Верхнее Нижнее	+23 +17	+26 +19	+29 +21	+34 +25	+38 +28	+45 +33	+50 +36	+57 +41	J <sub>s</sub> 6; J <sub>s</sub> 7; H6; H7; G6
Верхнее Нижнее	+30 +23	+34 +26	+39 +29	+46 +34	+52 +38	+61 +45	+70 +50	+82 +57	H8; G7
Верхнее Нижнее	+37 +30	+42 +34	+53 +43	+64 +52	+76 +62	+90 +74	+105 +85	+122 +97	F8; H9
Верхнее Нижнее	+49 +39	+61 +49	+73 +59	+86 +70	+104 +84	+126 +101	+145 +117	+167 +135	H10; F9; E8
Верхнее Нижнее	+69 +57	+85 +71	+102 +86	+124 +104	+152 +127	+180 +152	+214 +182	+251 +213	H11; D9

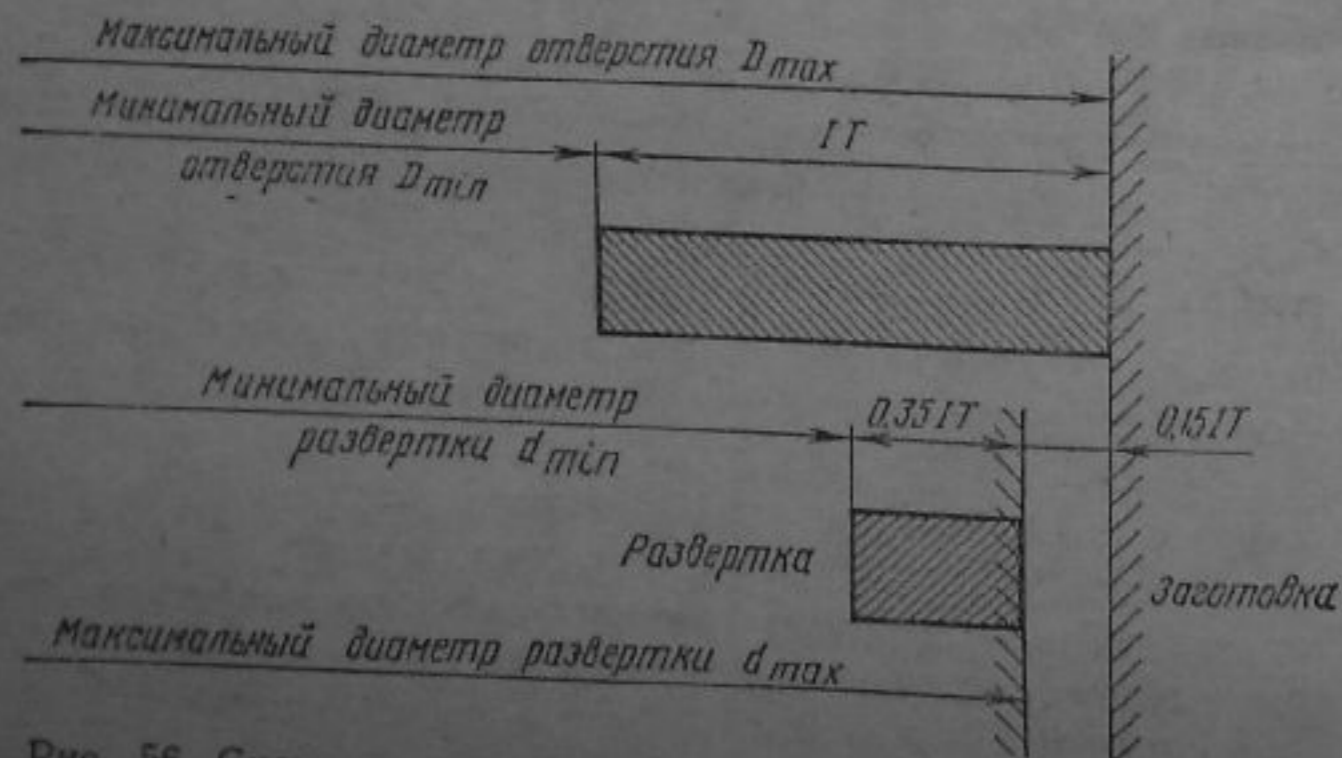


Рис. 56. Схема расчета полей допусков и диаметров развертки

77. Предельные отклонения, мкм, диаметров разверток

Номинальный диаметр развертки, мм	Поля допусков отверстий											
	Св.		E9	F8	H7	H8	H9	H11	J <sub>s</sub> 7	K7	N7	P7
	До	Св.										
1	3	+35 +26	+17 +12	+8 +4	+11 +6	+21 +12	+51 +30	+3 -1	-2 -6	-6 -10	-8 -12	
3	6	+45 +34	+25 +18	+10 +5	+15 +8	+25 +14	+63 +36	+4 -1	+1 -4	-6 -11	-10 -15	
6	10	+55 +42	+31 +23	+12 +6	+18 +10	+30 +17	+76 +44	+5 -1	+2 -4	-7 -13	-12 -18	
10	18	+68 +52	+38 +28	+15 +8	+22 +12	+36 +20	+93 +54	+6 -1	+3 -4	-8 -15	-14 -21	
18	30	+84 +65	+48 +36	+17 +9	+28 +16	+44 +25	+110 +64	+7 -1	+2 -6	-11 -19	-18 -26	
30	50	+102 +80	+58 +44	+21 +12	+33 +19	+52 +30	+136 +80	+8 -1	+3 -6	-12 -21	-21 -30	

Предельные отклонения номинального диаметра развертки для требуемого поля допуска отверстия находят в приведенной ниже последовательности.

Например, надо рассчитать максимальный и минимальный диаметры развертки для обрабатываемого отверстия  $20H7$  ( $20^{+0,021}$  мм). Следовательно, по ГОСТ 25347—82:

номинальный диаметр отверстия 20,000 мм;  
 максимальный диаметр отверстия 20,021 мм;  
 допуск диаметра отверстия ( $IT$ ), соответствующий заданному допуску  $H7$ , составляет 0,021 мм;

$$0,15IT = 0,15 \cdot 0,021 = 0,00315 \text{ мм} \approx 0,004 \text{ мм};$$

$$0,35IT = 0,35 \cdot 0,021 = 0,00735 \text{ мм} \approx 0,008 \text{ мм};$$

максимальный диаметр развертки

$$d_{max} = 20,021 - 0,004 = 20,017 \text{ мм};$$

минимальный диаметр развертки

$$d_{min} = 20,017 - 0,008 = 20,009 \text{ мм}.$$

Предельные отклонения диаметров разверток для наиболее часто применяемых полей допусков отверстий при-



Число зубьев развертки	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\omega_4$	$\omega_5$	$\omega_6$	$\omega_7$	$\omega_8$	$\omega_9$	$\omega_{10}$
4	87° 55'	92° 05'	—	—	—	—	—	—	—	—
6	58° 01'	59° 53'	62° 05'	—	—	—	—	—	—	—
8	41° 53'	44° 05'	46° 06'	47° 56'	—	—	—	—	—	—
10	33° 15'	34° 32'	36° 00'	37° 28'	38° 45'	—	—	—	—	—
12	27° 33'	28° 28'	29° 34'	30° 30'	31° 25'	32° 36'	—	—	—	—
14	23° 30'	24° 15'	25° 00'	25° 55'	26° 25'	27° 00'	27° 55'	—	—	—
16	20° 34'	21° 08'	21° 41'	22° 13'	22° 46'	23° 20'	23° 53'	24° 25'	—	—
18	17° 20'	18° 00'	18° 40'	19° 20'	20° 00'	20° 40'	21° 20'	22° 00'	22° 40'	—
20	15° 00'	15° 40'	16° 20'	17° 00'	17° 40'	18° 20'	19° 00'	19° 40'	20° 20'	21° 00'



введены в табл. 77. Для других полей допусков и диаметров разверток свыше 50 мм можно пользоваться приложением к ГОСТ 13779—77\*.

Геометрические элементы лезвия разверток определяют по источникам [7, 12, 18]. В месте сопряжения заборной части развертки и ее калибрующей части создается плавный переход длиной  $f_0 = 1 \dots 1,5$  мм с углом в плане  $\varphi_0 = 2^\circ$ .

Обратную конусность на длине рабочей части машинных разверток принимают 0,04—0,06 мм, при закреплении разверток в качающемся патроне 0,06—0,1 мм.

Длина заборной части развертки

$$l_1 = \frac{D - D_2}{2} \operatorname{ctg} \varphi + m.$$

Здесь  $D$  — диаметр развертки, мм;  $D_2 = D - (2,6 - 2,8)h$  — диаметр заборной части, мм, где  $h$  — припуск под развертывание на сторону, мм;  $m = 1 \dots 3$  мм — длина направляющего конуса.

Число зубьев развертки при обработке хрупких металлов (чугун, бронза)  $z = 1,5\sqrt{D} + 4$ ; в остальных случаях  $z = 1,5\sqrt{D} + 2$ .

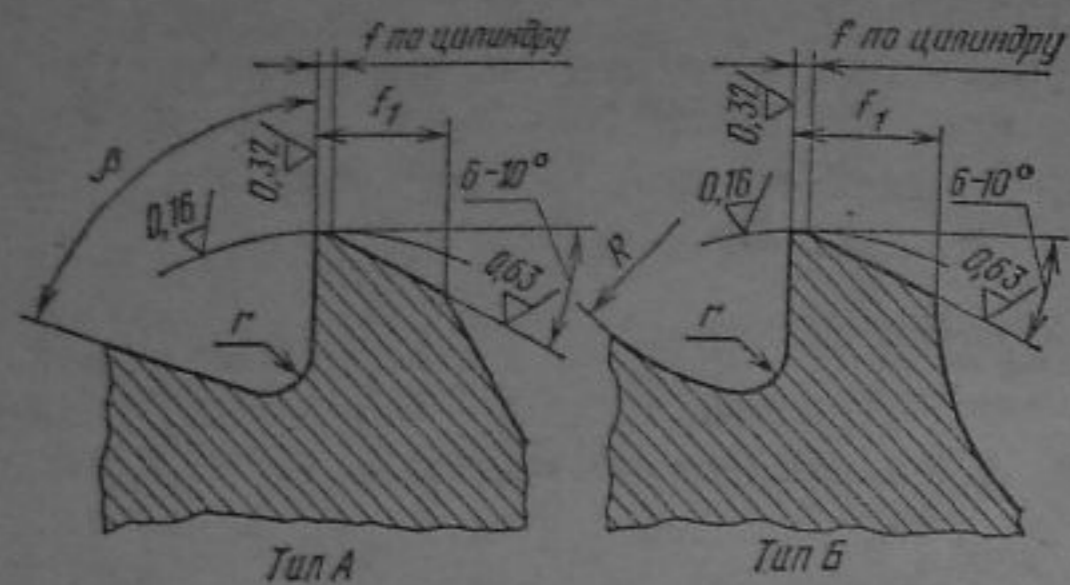
У разверток со вставными ножами для обеспечения достаточной прочности крепления ножа в корпусе число зубьев принимают меньшим. Для облегчения контроля диаметра разверток микрометром число зубьев рекомендуется выбирать четным. Угловой шаг зубьев развертки  $\omega$  делается неравномерным; выбрать шаг  $\omega$  можно по табл. 78 или по ГОСТ 7722—77\* (в издании 1981 г.).

Основные размеры профиля канавок у разверток выбирают по табл. 79. Канавки обычно делают прямыми. У разверток для обработки отверстий с продольными пазами в стенках и отверстий с малыми отклонениями размеров диаметров делают винтовые канавки с направлением, противоположным направлению вращения инструмента и со следующим углом наклона  $\omega$ :

Материал заготовки	$\omega, ^\circ$
Серый чугун, сталь, 235 НВ	7—8
Ковкий чугун и сталь, НВ $\leq 150$	12—20
Алюминий и легкие сплавы	35—45

Размеры квадратов и диаметры хвостовиков ручных разверток выбирают по ГОСТ 9523—84.





Номи- нальный диаметр разверт- ки	Тип ка- навки	Число зубьев	i	f <sub>1</sub>		β, °	R	r
				номи- нальный	до- пуск			
3—5,5	А	6	0,08—	0,25—	0,2	85	—	0,3
			0,15	0,4				
5,5—10		0,1—0,2	0,5—0,7	85—90	—	0,5		
10—20	Б	8	0,1—0,25	0,6—1,0	0,3	75—80	—	0,75
20—28			0,15—0,3	1,0—1,2				
28—34		10	0,2—0,4	1,3	0,5	—	30	1,0
34—45		12	0,2—0,4	1,4—1,6	0,6	—	15	
45—50	0,25—0,5		1,7—1,8	—	20			

Машинные развертки со вставными ножами выполняются с коническим хвостовиком Морзе по ГОСТ 25557—82 (при диаметре развертки 25—40 мм) и насадными (при диаметре развертки 40—100 мм). Насадные развертки крепятся на конической оправе с конусностью 1 : 30 (ГОСТ 9472—83). Наиболее распространенные конструкции разверток с вставными ножами приведены на рис. 57. Развертка, показанная на рис. 57, а, имеет клиновидные рифленые ножи. Регулирование производится путем перестановки ножа на одно рифление в радиальном направлении. Расстояние рифлений до дна паза в соседних пазах различное, в результате чего, переставляя ножи из одного паза в другой, можно увеличить диаметр развертки. Развертка, показанная на рис. 57, б, имеет пазы с одной рифленой стороной, в которые вставляются плоские

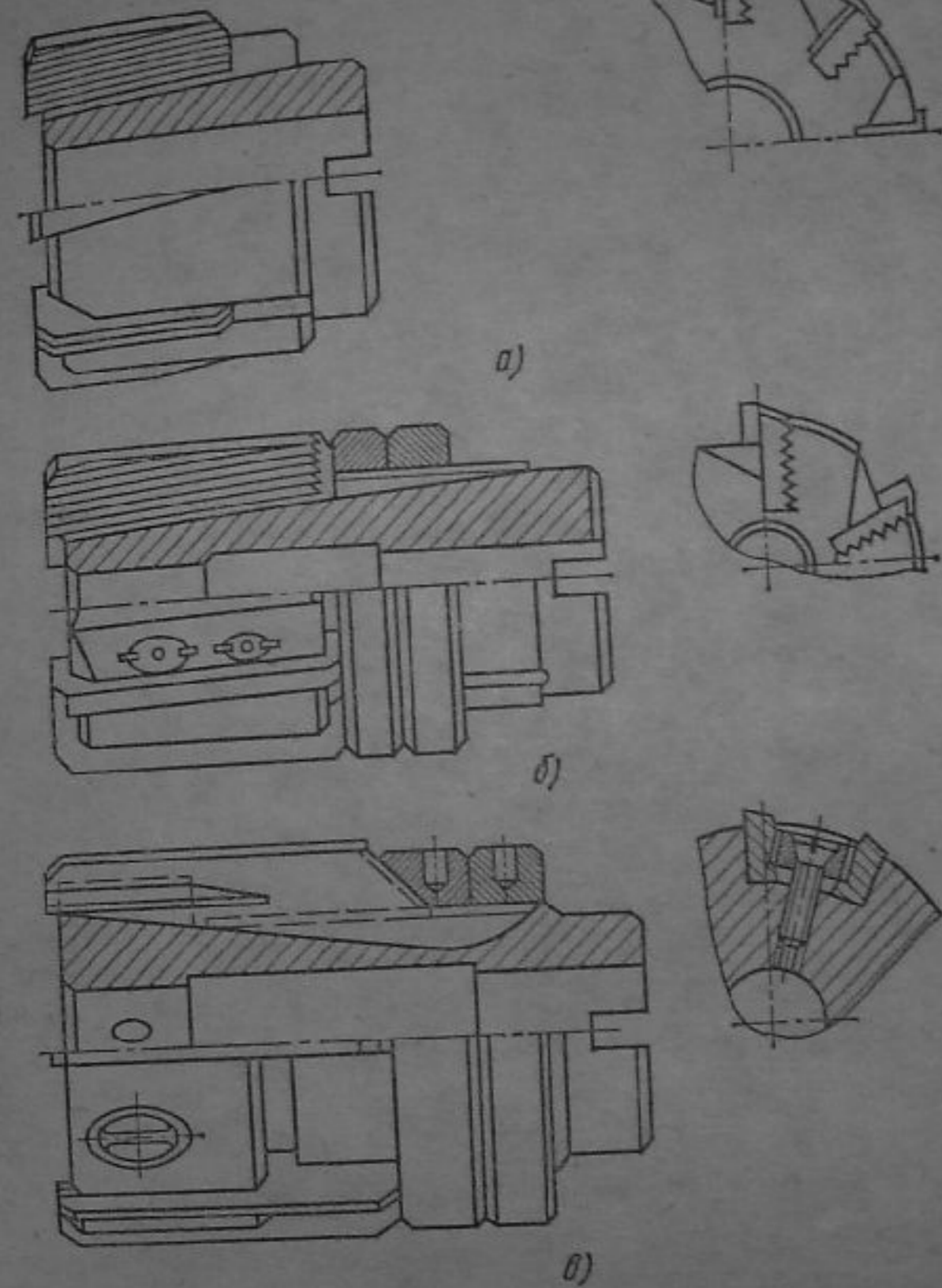


Рис. 57. Схемы крепления ножей сборных разверток

рифленые ножи, упирающиеся торцами в регулировочные кольца. Рифления наклонены к оси развертки под углом 5°, что позволяет увеличивать диаметр развертки, передвигая нож вдоль оси корпуса. Ножи в пазах корпуса закрепляют специальными эксцентричными зажимными кулачками, отшлифованными по архимедовой спирали. Развертка, показанная на рис. 57, в, имеет наклонные пазы с гладкими параллельными стенками. В них вставляют плоские ножи, зажимаемые шайбой (по два ножа одновременно), которая, в свою очередь, зажимается винтом. Размер развертки изменяется с помощью регулировочных колец.



Основные размеры различных типов цельных цилиндрических разверток выбирают по ГОСТ 1672—80. Технические требования к цилиндрическим разверткам приведены в ГОСТ 5735—81\*Е и ГОСТ 16088—70\*.

**Пример 43.** Рассчитать и сконструировать сборную насадную развертку со вставными ножами, оснащенную пластинами из твердого сплава, для обработки сквозного отверстия с диаметром  $D_0 = 55H7$  в заготовке из стали 40ХН с  $\sigma_B = 1050$  МПа ( $\approx 105$  кгс/мм<sup>2</sup>). Диаметр предварительно обработанного отверстия  $d = 54,65$  мм.

**Решение.** 1. Определяем исполнительные диаметры рабочей части развертки для отверстия с  $D_0 = 55H7$ : поле допуска на обрабатываемое отверстие  $D_0$  по ГОСТ 25347—82 равно  $55^{+0,035}$  ( $D_{0\max} = 55,035$ ;  $D_{0\min} = 55,000$ );

максимальный диаметр развертки  $D_{\max} = D_{0\max} - 0,15IT$ ;

минимальный диаметр развертки  $D_{\min} = D_{0\min} - 0,35IT$ ,

где

$$0,15IT = 0,15 \cdot 0,035 = 0,00525 \approx 0,006 \text{ мм};$$

$$0,35IT = 0,35 \cdot 0,035 = 0,01225 \approx 0,013 \text{ мм},$$

откуда

$$D_{\max} = 55,035 - 0,006 = 55,029 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = 55,029 - 0,013 = 55,016 \text{ мм}.$$

2. Габаритные размеры развертки принимаем по ГОСТ 11176—71\*.

3. Конструкцию крепления ножей в корпусе принимаем по рис. 57, а (клиновидные рифленые ножи). Основные размеры ножей, пазов в корпусе развертки и размеры профиля рифлений выбираем по ГОСТ 2568—71\*.

4. Обратную конусность на длине ножа  $D-D_0$  принимаем равной 0,05 мм.

5. Геометрические элементы лезвия рабочей части развертки выбираем по нормативам [7], карта 7 или справочнику [18]; главный угол в плане  $\varphi = 45^\circ$ ; передний угол  $\gamma = 5^\circ$ ; задний угол по главной режущей кромке (заборной части)  $\alpha = 8^\circ$ ; задний угол по вспомогательной режущей кромке (периферии)  $\alpha_1 = 10^\circ$ ; задний угол по спинке ножа  $\alpha_0 = 20^\circ$ ; ширина ленточки  $f_1 = 0,2 \dots 0,25$  мм.

6. Длина заборной части развертки

$$l_1 = \frac{D-D_2}{2} \operatorname{ctg} \varphi + m,$$

где  $D_2 = D - 2,6h = 56 - 2,6 \cdot 0,18 = 54,53$  мм;  
 $\operatorname{ctg} 45^\circ = 1$ ;  $m = 1 \dots 3$  мм (в зависимости от диаметра развертки); принимаем  $m = 2$  мм.

Тогда

$$l_1 = \frac{55 - 54,53}{2} + 2 \approx 2,25 \text{ мм}.$$

7. Число зубьев развертки  $z = 1,5 \sqrt{D} + 2 = 15 \sqrt{55} + 2 = 14$ .

По конструктивным соображениям для обеспечения достаточной прочности крепления ножей в корпусе принимаем число ножей  $z = 10$ .

8. Выбираем угловой шаг зубьев развертки (табл. 78):  
 $\omega_1 = 33^\circ 15'$ ;  $\omega_2 = 34^\circ 32'$ ;  $\omega_3 = 36^\circ 00'$ ;  $\omega_4 = 37^\circ 28'$ ;  
 $\omega_5 = 38^\circ 45'$ .

9. Размеры конического отверстия и шпоночного паза выбираем по ГОСТ 9472—83; конусность отверстия 1 : 30; диаметр отверстия  $d = 22$  мм; ширина паза  $b = 7,4H13^{(+0,18)}$  мм; глубина паза  $l = 7,6H13^{(+0,18)}$  мм; радиус паза  $R = 1 \div 3,7$  мм; допуск смещения оси паза  $z = 0,1$  мм.

Угол уклона конического отверстия  $\alpha = 57' 17''$ . Допуск на угол уклона  $\frac{\delta}{2} = 1' 15''$ , или  $\frac{a}{2} = 0,0045$  мм.

10. Твердый сплав пластины для обработки стали 40ХН принимаем марки Т15К6 формы 2623А по ГОСТ 2209—82 или формы 26 по ГОСТ 25425—82. В качестве припоя назначаем латунь Л68. Для корпуса развертки и ножей принимаем сталь 40Х по ГОСТ 4543—71\*.

11. Технические требования к разверткам, оснащенным пластинами из твердого сплава, принимаем по ГОСТ 5735—81\*Е.

12. Выполняем рабочий чертеж развертки (рис. 58) с указанием основных технических требований (см. указание в гл. 1, § 3).

**Задача 49.** Рассчитать и сконструировать машинную цельную развертку из быстрорежущей стали Р6М5 для обработки сквозного отверстия диаметром  $D$ . Обработка производится после черного развертывания (диаметр



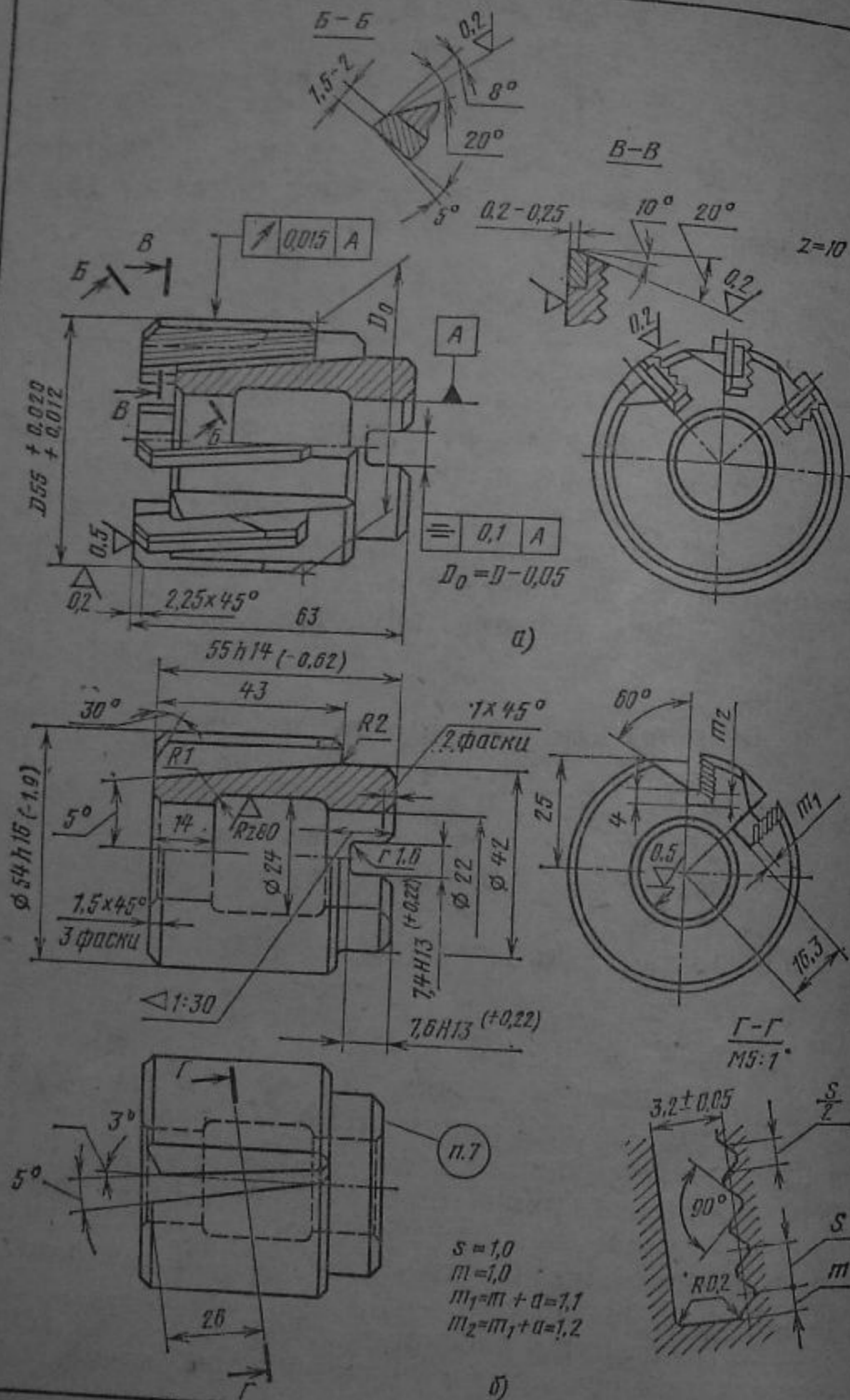
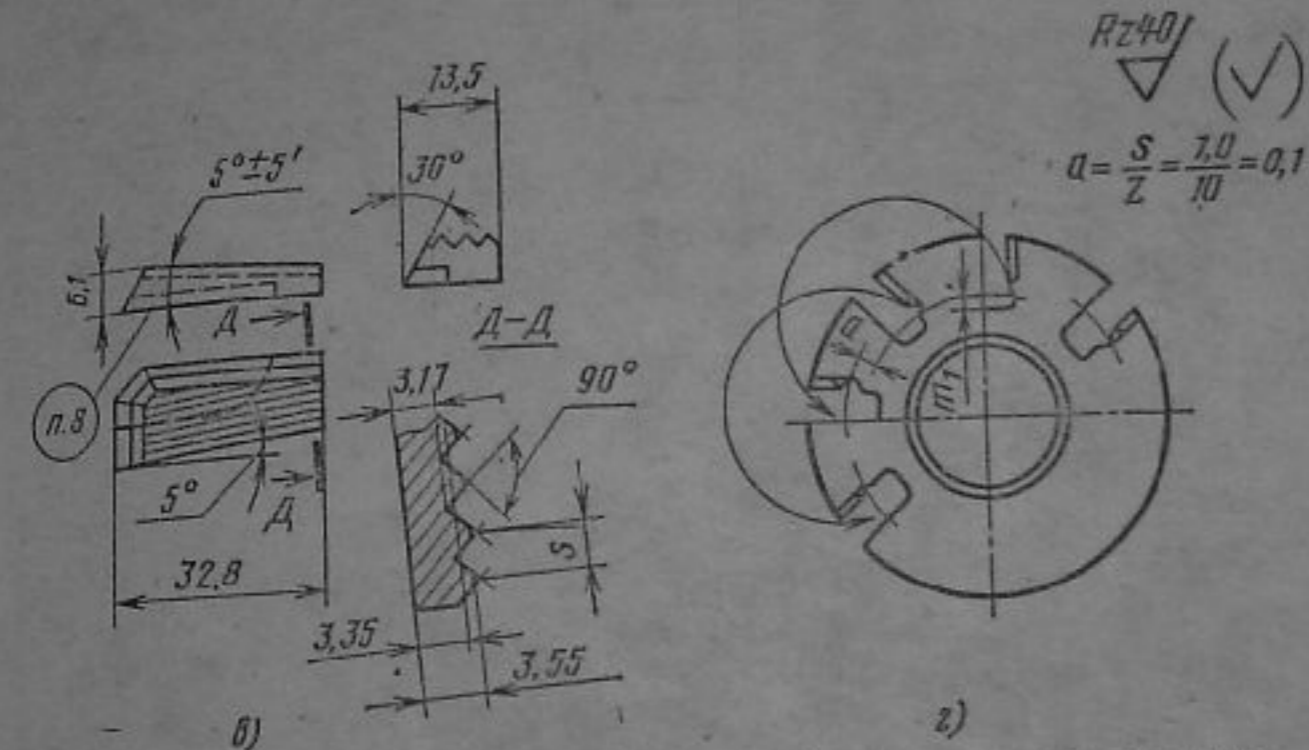


Рис. 58. Чертеж сборной насадной развертки со вставными ножами, а — развертка в сборе; б — корпус развертки; в — нож; г — схема пере-



1. Материал корпуса и ножей развертки — сталь 40X по ГОСТ 4543-71.\* Твердость 36...46 HRC<sub>2</sub>
2. Пластины режущие из твердого сплава Т15К6, форма 2621А по ГОСТ 2209-82 или ГОСТ 25425-82.
3. Шероховатость поверхностей фасок на режущих кромках достигается доводкой до Rz=0,1 мкм.
4. Материал припоя — латунь Л68 или другой марки по ГОСТ 15527-70\*.
5. Угловой шаг зубьев:  $w_1=33^\circ 15'$ ;  $w_2=34^\circ 32'$ ;  $w_3=36^\circ 00'$ ;  $w_4=37^\circ 28'$ ;  $w_5=38^\circ 45'$ .
6. Неуказанные предельные отклонения отверстий H14, валов h14, остальных размеров  $\pm \frac{IT14}{2}$  по ГОСТ 25347-82.
7. Маркировать на корпусе: номинальный диаметр развертки, допуск поля допуска, материал режущей части, товарный знак завода-изготовителя (55НТ-Т15К6-φ).
8. Маркировать на ножках: номер ножа и марку твердого сплава (№1...5-Т15К6).

Курсовая работа					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Петрова Б.		07.11.92	Развертка насадная со вставными ножами с пластинами из твердого сплава
	Провер.	Иванов Б. А.		15.11.92	
	Г. контр.				
	И. контр.				
	Утв.				
					Литер
					Масса
					Масштаб
					К
					Т202
					7:1
					Лист 1
					Листов 1
					МСИТ
					св. 3504 Д

оснащенными пластинами из твердого сплава: станочки ножей при повторной заточке



80. Данные к задаче 49

№ варианта	D	d
	мм	
1	22H7	21,94
2	24E9	23,95
3	27H7	26,94
4	30G7	29,94
5	32H7	31,93
6	10G7	9,95
7	12E9	11,95
8	14F8	13,95
9	18H9	17,94
10	20H8	19,94

Примечание. В вариантах № 1—5 материал заготовки — сталь 30 с  $\sigma_B = 500$  МПа ( $\approx 50$  кгс/мм<sup>2</sup>); в вариантах № 6—10 — сталь 50ХН с  $\sigma_B = 1100$  МПа ( $\approx 110$  кгс/мм<sup>2</sup>).

81. Данные к задаче 50

№ варианта	D, мм	Конструкция	Точность обрабатываемого отверстия
2	46		
3	40		
4	36		
5	34		
6	32	С коническим хвостовиком	Поле допуска H9
7	26		
8	22		
9	18		
10	15		

предварительного отверстия —  $d$  (табл. 80). Размеры развертки выбрать по ГОСТ 1672—80.

**Задача 50.** Рассчитать и сконструировать составную машинную развертку с напаянными пластинами из твердого сплава для обработки сквозного отверстия диаметром  $D$  в заготовке из стали ХГС с  $\sigma_B = 900$  МПа ( $\approx 90$  кгс/мм<sup>2</sup>). Основные размеры развертки выбрать по ГОСТ 11175—80. Развертку изготовить с припуском под доводку (табл. 81).

**Задача 51.** Рассчитать и сконструировать машинную развертку из быстрорежущей стали Р6М5 для обработки глухого отверстия диаметром  $D$  в заготовке из чугуна СЧ 35 с 210 НВ. Диаметр предварительно обработанного отверстия  $d$  (табл. 82). Размеры развертки выбрать по ГОСТ 1672—80.

**Задача 52.** Рассчитать и сконструировать комплект конических разверток для обработки конических отверстий под конус Морзе и метрический конус по ГОСТ 25557—82 (табл. 83) в заготовках из Ст. 5. Основные размеры, профиль и геометрические параметры рабочей части черновой, промежуточной и чистовой разверток выбрать по ГОСТ 11182—71\* и ГОСТ 11183—71\*.

82. Данные к задаче 51

№ варианта	D	d
	мм	
1	40D11	39,93
2	35H9	34,93
3	25J <sub>7</sub>	24,94
4	50K6	49,93
5	45N7	44,90
6	20E9	19,94
7	14E8	13,95
8	10D11	9,95
9	32G6	31,93
10	25K7	24,91

Примечание. Для вариантов № 1—5 применяют насадные развертки, для вариантов № 6—10 — развертки с коническим хвостовиком.

83. Данные к задаче 52

№ варианта	№ конуса	
		1
2	6	
3	Метрический 6	
4		80
5		100
6	Морзе 2	
7		3
8		4
9		0
10		1



§ 1. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

**Пример 44.** На вертикально-фрезерном станке 6Т13 производится торцовое фрезерование плоской поверхности шириной  $B = 70$  мм и длиной  $l = 600$  мм; припуск на обработку  $h = 3,7$  мм. Обрабатываемый материал — сталь 45 с  $\sigma_B = 670$  МПа ( $\approx 67$  кгс/мм<sup>2</sup>); заготовка — поковка. Обработка предварительная; параметр шероховатости поверхности  $Rz = 80$  мкм. Эскиз обработки приведен на рис. 59. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем фрезу и устанавливаем ее геометрические элементы.

1. Принимаем торцовую фрезу со вставными призматическими зубьями, оснащенными пластинами из твердого сплава Т15К6 (прил. 1, с. 354). Диаметр  $D$  торцовой фрезы выбирают в зависимости от ширины фрезеруемой поверхности  $B$ ; ориентировочно  $D = 1,6B$  мм. Следовательно,  $D = 1,6 \cdot 70 = 112$  мм. Принимаем по карте 109 (с. 210, 211) стандартную фрезу диаметром  $D = 110$  мм с числом зубьев  $z = 4$ .

2. Определяем геометрические элементы фрезы (прил. 2, с. 366):  $\varphi = 45 \dots 90^\circ$ ; принимаем  $\varphi = 60^\circ$ . Из-за отсутствия в нормативах рекомендаций по выбору остальных геометрических элементов принимаем их по справочнику [18] (табл. 81, с. 250):  $\alpha = 12^\circ$  (считаем, что при черновом фрезеровании толщина срезаемого слоя  $a > 0,08$  мм);  $\gamma = -5^\circ$ ;  $\lambda = +5^\circ$  (принято в соответствии с примеч. 3 к таблице для несимметричного торцового фрезерования; метод несимметричного или «смещенного» фрезерования принят ниже, в п. II,2, при назначении подачи на зуб фрезы);  $\varphi_0 = 20^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ .

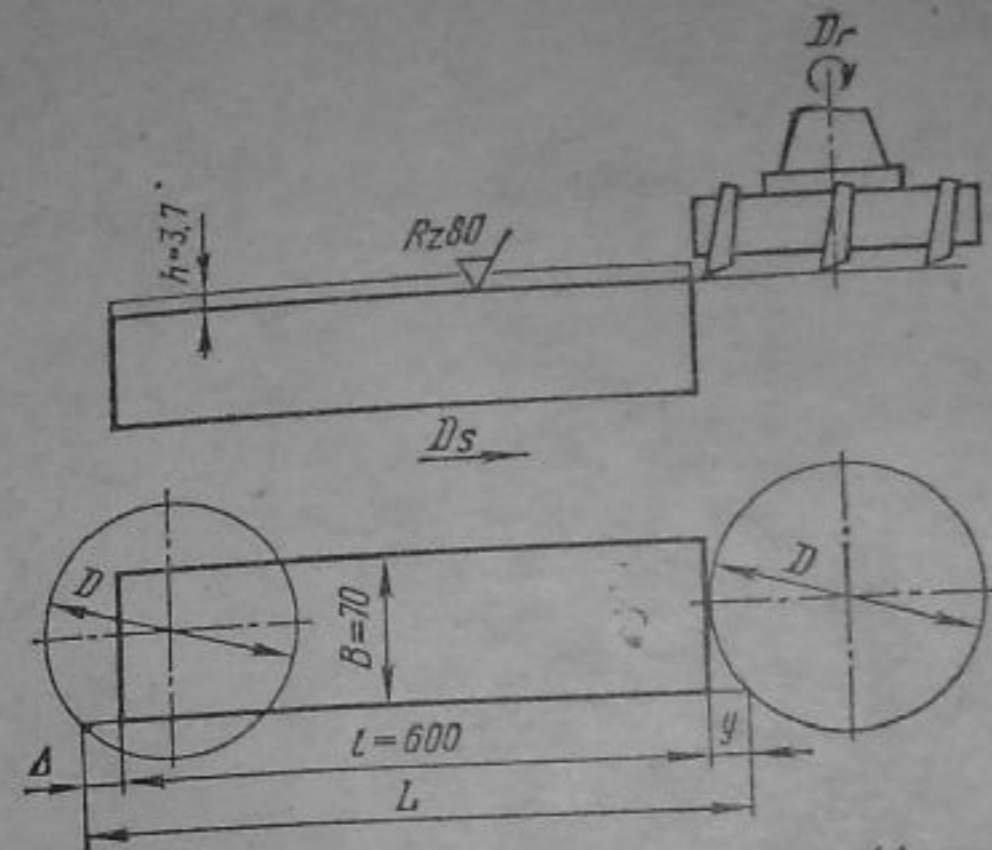


Рис. 59. Эскиз обработки к примеру 44

II. Назначаем режим резания (по нормативам [7]).

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск снимаем за один рабочий ход; следовательно,  $t = h = 3,7$  мм.

2. Назначаем подачу на зуб фрезы (карта 108, с. 209). Для стали, твердого сплава Т15К6, мощности станка  $N_{д} = 10$  кВт при фрезеровании по схеме II («смещенное» фрезерование)  $S_z = 0,18 \dots 0,22$  мм/зуб. Принимаем  $S_z = 0,2$  мм/зуб. При «смещенном» фрезеровании создаются наиболее благоприятные условия врезания зубьев фрезы в обрабатываемую заготовку, что позволяет увеличить  $S_z$  по сравнению с  $S_z$  при симметричном фрезеровании примерно в 2 раза. В эскизе обработки показана смещенная (несимметричная) установка фрезы.

Поправочный коэффициент на подачу (с. 211, п. 4)  $K_{\varphi_{S_z}} = 1$ , так как угол  $\varphi = 60^\circ$ . Таким образом, принятое значение  $S_z = 0,2$  мм/зуб не изменяется.

3. Назначаем период стойкости фрезы (табл. 2, с. 203, 204). Для торцовой фрезы из твердого сплава диаметром  $D = 110$  мм рекомендуется период стойкости  $T = 180$  мин. Допустимый износ зубьев фрезы по задней поверхности  $h_s = 1,2$  мм (прил. 3, с. 372).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы (карта 109, с. 210, 211): находим табличное значение скорости для  $D = 110$  мм,  $z = 4$ ,  $t$  до 5 мм и  $S_z$  до 0,24 мм/зуб:  $v_{табл} = 194$  м/мин.

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость (там же). Для стали с  $\sigma_B = 67$  кгс/мм<sup>2</sup>  $K_{M_p} = 1,12$ . Для



случая черновой обработки поковки  $K_{pv} = 0,9$ . Из прочих поправочных коэффициентов для заданных условий обработки каждый равен единице. С учетом коэффициентов  $v_{II} = v_{табл} K_{mv} K_{pv} = 194 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 195,5$  м/мин ( $\approx 3,26$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_{II}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 195,6}{3,14 \cdot 110} = 566 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 500}{1000} = 172,7 \text{ м/мин } (\approx 2,88 \text{ м/с}).$$

7. Определяем скорость движения подачи (старый термин — минутная подача  $S_m$ )  $v_s = S_m = S_z z n_d = 0,2 \cdot 4 \cdot 500 = 400$  мм/мин. Корректируем эту величину по данным станка и устанавливаем действительную скорость подачи  $v_s = 400$  мм/мин.

8. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 111, с. 214, 215):  $N_{табл} = 6,3$  кВт. Эта мощность определена интерполированием  $N_{табл} = 6,6$  кВт (для  $v_s = S_m = 420$  мм/мин) и  $N_{табл} = 5,5$  кВт (для  $v_s = S_m = 320$  мм/мин), так как значение  $N_{табл}$  для установленной по станку скорости движения подачи  $v_s = S_m = 400$  мм/мин в указанной карте отсутствует. Учитываем поправочные коэффициенты на мощность:  $K_{\varphi N} = 1$ , так как у фрезы принят угол  $\varphi = 60^\circ$ ;  $K_{\gamma N} = 0,95$ , так как у фрезы принят угол  $\gamma = -5^\circ$  (этот коэффициент определен интерполированием);  $N_{рез} = N_{табл} K_{\gamma N} = 6,3 \times 0,95 = 6,0$  кВт.

9. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Необходимо выполнить условие  $N_{рез} \leq N_{шп}$ . Мощность на шпинделе станка  $N_{шп} = N_d \eta$ . У станка 6Т13  $N_d = 10$  кВт, а  $\eta = 0,8$ ;  $N_{шп} = 10 \cdot 0,8 = 8,0$  кВт. Следовательно, обработка возможна ( $6,0 < 8,0$ ).

III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{v_s}.$$

При «смещенном» фрезеровании врезание фрезы  $y = 0,3 D$  мм;  $y = 0,3 \cdot 110 = 33$  мм. Перебег  $\Delta = 1 \dots 5$  мм; принимаем  $\Delta = 3$  мм. Тогда  $L = 600 + 33 + 3 = 636$  мм;  $T_0 = \frac{636}{400} = 1,59$  мин.

**Пример 45.** На вертикально-фрезерном станке 6Т13 производится торцовое фрезерование плоской поверхности шириной  $B = 100$  мм и длиной  $l = 320$  мм; припуск на обработку  $h = 4$  мм. Материал обрабатываемой заготовки — серый чугун СЧ 25 твердостью 210 НВ. Обработка — черновая по корке. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания (допускаемую фрезой скорость главного движения резания  $v_{II}$  и главную составляющую силы резания  $P_z$  подсчитать по эмпирическим формулам). Определить основное время.

**Решение** (по справочнику [16]). I. Выбираем фрезу и устанавливаем значение ее геометрических элементов. Принимаем торцовую фрезу со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава (табл. 94, с. 187). Диаметр фрезы  $D = 1,6B = 1,6 \cdot 100 = 160$  мм. Принимаем стандартную фрезу  $D = 160$  мм,  $z = 16$ . Материал режущей части фрезы — твердый сплав ВК8 (табл. 3, с. 117). Из-за отсутствия в используемом справочнике рекомендаций по выбору геометрических элементов фрезы принимаем их по справочнику [18], табл. 81, с. 250:  $\alpha = 12^\circ$  (считая при черновом фрезеровании толщину среза  $a > 0,08$  мм);  $\gamma = 0$ ;  $\lambda = +20^\circ$  (для чугуна 210НВ);  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_0 = 20^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ .

II. Назначаем режим резания (по справочнику [16]).

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск снимаем за один рабочий ход, следовательно,  $t = h = 4$  мм.

2. Назначаем подачу на зуб фрезы (табл. 33, с. 283).

Для чернового фрезерования чугуна, твердого сплава ВК8, мощности станка 6Т13  $N_d = 10$  кВт.  $S_z = 0,20 \dots 0,29$  мм/зуб.

Считая, что система станок — приспособление — инструмент — заготовка жесткая, принимаем наибольшее значение  $S_z = 0,29$  мм/зуб из диапазона.

3. Назначаем период стойкости фрезы (табл. 40, с. 290). Для торцовых фрез с пластинами из твердого сплава в диапазоне диаметров свыше 150 мм и до 200 мм нормативами рекомендуется период стойкости  $T = 240$  мин. Принимаем для фрезы с  $D = 160$  мм  $T = 240$  мин.



4. Определяем скорость (м/мин) главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы:

$$v_n = \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} S_z^{y_v} B^{u_v} P_v} K_v \quad (\text{с. 282}).$$

Выписываем из табл. 39 (с. 288) коэффициенты и показатели степеней формулы для серого чугуна с 190 НВ, торцевой фрезы и материала режущей части — сплава ВК6 (с последующим учетом поправочных коэффициентов):  $C_v = 445$ ;  $q_v = 0,2$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ ;  $u_v = 0,2$ ;  $P_v = 0$ ;  $m = 0,32$ .

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость резания:  $K_{M_v}$  (по табл. 1, с. 261):  $K_{M_v} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v}$ ;  $n_v = 1,25$  (табл. 2, с. 262). У обрабатываемого чугуна 210 НВ, поэтому  $K_{M_v} = \left(\frac{190}{210}\right)^{1,25} = 0,905^{1,25} = 0,89$ ;  $K_{П_v}$  (по табл. 5, с. 263): при обработке чугунных отливок по корке  $K_{П_v} = 0,8$ ;  $K_{П_v}$  (по табл. 6, с. 263): для материала режущей части ножей фрезы — твердого сплава ВК8  $K_{П_v} = 0,83$ .

Кроме того, в соответствии с примечанием к табл. 39, с. 290 при угле в плане  $\varphi = 45^\circ$  вводится поправочный коэффициент на скорость резания  $K_{\varphi_v} = 1,1$ :

$$\begin{aligned} v_n &= \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} S_z^{y_v} B^{u_v} P_v} K_{M_v} K_{П_v} K_{П_v} K_{\varphi_v} = \\ &= \frac{445 \cdot 160^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,29^{0,35} \cdot 100^{0,2}} 0,89 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,1 = \\ &= \frac{445 \cdot 2,76}{5,79 \cdot 1,23 \cdot 0,65 \cdot 2,51} 0,89 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,1 = \\ &= 106 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,1 = 69 \text{ м/мин } (\approx 1,15 \text{ м/с}). \end{aligned}$$

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000 v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 69}{3,14 \cdot 160} = 137 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 125 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 125}{1000} = 63 \text{ м/мин } (\approx 1,05 \text{ м/с}).$$

7. Определяем скорость движения подачи (минутная подача  $S_M$ )  $v_s = S_M = S_z z n_d = 0,29 \cdot 16 \cdot 125 = 581 \text{ мм/мин}$ . Корректируем величину  $v_s$  по данным станка и устанавливаем ее действительное значение:  $v_s = 500 \text{ мм/мин}$ .

Действительное значение подачи на зуб фрезы

$$S_{z_d} = \frac{v_s}{z n_d} = \frac{500}{16 \cdot 125} = 0,25 \text{ мм/зуб}.$$

8. Определяем главную составляющую силы резания (окружную силу):

$$P_z = \frac{9,81 C_P t^{x_P} S_z^{y_P} B^{u_P} P_z}{D^{q_P} n^{\omega_P}} K_P \quad (\text{с. 282})$$

Выписываем из табл. 41 (с. 291) коэффициент и показатели степеней формулы для серого чугуна с 190 НВ и торцевых фрез с пластинами из твердого сплава:  $C_P = 54,5$ ;  $x_P = 0,9$ ;  $y_P = 0,74$ ;  $u_P = 1$ ;  $\omega_P = 0$ ;  $q_P = 1$ .

Учитываем поправочный коэффициент  $K_{M_P}$  (табл. 9, с. 264):  $K_{M_P} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{n_P}$ ;  $n_P = 1$  (для обработки чугуна твердосплавной фрезой); 210 НВ (по условию);  $K_{M_P} = \frac{210}{190} = 1,11$ ;

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{9,81 \cdot 54,5 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,25^{0,74} \cdot 100 \cdot 16}{160} 1,11 = \\ &= \frac{9,81 \cdot 54,5 \cdot 3,48 \cdot 0,36 \cdot 100 \cdot 16}{160} 1,11 = 7436 \text{ Н } (\approx 758 \text{ кгс}). \end{aligned}$$

9. Определяем мощность, затрачиваемую на резание:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z v_d}{60 \cdot 102} = \frac{758 \cdot 63}{60 \cdot 102} = 7,8 \text{ кВт}.$$

В единицах СИ  $N_{\text{рез}} = P_z v_d = 7436 \cdot 1,05 = 7800 \text{ Вт} = 7,8 \text{ кВт}$ .

10. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Необходимо, чтобы  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$ ;  $N_{\text{шп}} = N_d \eta$ .



№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	Обработка; параметр шероховатости поверхности, мкм	B	l	h
				мм		
1	Сталь Ст3, $\sigma_B = 460$ МПа ( $\approx 46$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	Черновая	60	200	3,5
2	Серый чугун, 160 НВ	Отливка	»	90	250	4
3	Алюминий АК8, $\sigma_B = 490$ МПа ( $\approx 49$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная	Получистовая (окончательная); $Rz = 20$	120	400	1,5
4	Серый чугун, 180 НВ	Отливка	Черновая	120	280	3,5
5	Сталь 40X, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	Получистовая (окончательная); $Ra = 2$	165	600	1,6
6	Серый чугун, 200 НВ	Отливка	Черновая	150	450	3,5
7	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	»	75	360	3
8	Сталь 30ХГС, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная	Получистовая (окончательная); $Rz = 20$	110	300	1,5
9	Серый чугун, 220 НВ	Отливка	Черновая	130	380	3,5
10	Сталь 12Х18Н9 в состоянии поставки, 143 НВ	Прокат	Получистовая (окончательная); $Ra = 2$	65	200	1,5

У станка 6Т13  $N_{шп} = 10 \cdot 0,8 = 8$  кВт;  $7,8 < 8$ , следовательно, обработка возможна.

III. Определяем основное время (мин)

$$T_0 = \frac{L}{v_s};$$

$L = l + y + \Delta$  мм. При черновом торцовом фрезеровании врезание (мм)  $y = 0,5 (D - \sqrt{D^2 - B^2})$ ;  $y = 0,5 \times (160 - \sqrt{160^2 - 100^2}) = 0,5 (160 - \sqrt{15600}) = 0,5 (160 - 125) = 0,5 \cdot 35 = 17,5$  мм. Принимаем  $\Delta = 3$  мм. Тогда  $L = 320 + 17,5 + 3 = 340,5$  мм;

$$T_0 = \frac{340,5}{500} = 0,68 \text{ мин.}$$

Задача 53. На вертикально-фрезерном станке 6Т13 производят торцовое фрезерование плоской поверхности

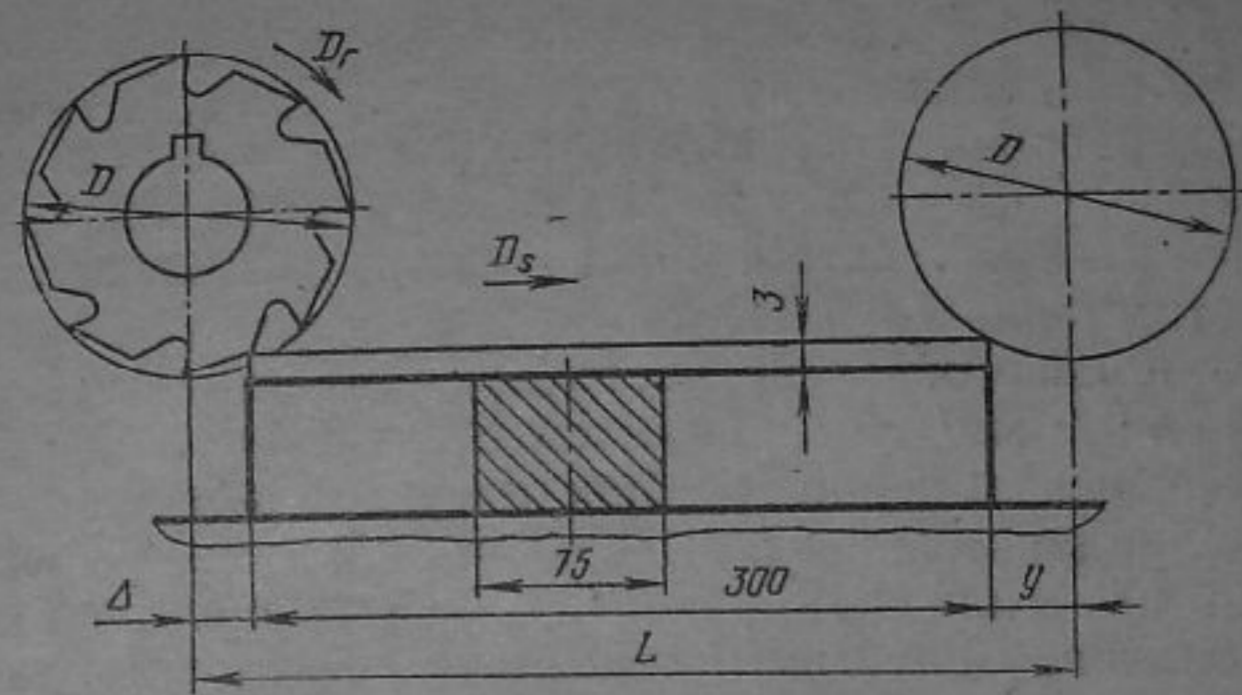


Рис. 60. Эскиз обработки к примеру 46

шириной  $B$  и длиной  $l$ ; припуск на обработку  $h$  (табл. 84). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] и справочника [16] можно пользоваться справочниками [10, 12].

Пример 46. На горизонтально-фрезерном станке 6Т82Г производят цилиндрическое фрезерование плоской поверхности шириной  $B = 75$  мм и длиной  $l = 300$  мм; припуск на обработку  $h = 3$  мм. Обрабатываемый материал — сталь 40X с  $\sigma_B = 680$  МПа ( $\approx 68$  кгс/мм<sup>2</sup>); заготовка — поковка. Обработка предварительная; охлаждение эмульсией. Эскиз обработки приведен на рис. 60. Необходимо выбрать режущий инструмент: назначить режим резания с использованием таблиц нормативов.

Решение (по нормативам [7]). I. Выбираем фрезу и устанавливаем ее геометрические элементы. Принимаем цилиндрическую фрезу со вставными ножами из быстрорежущей стали P6M5. Из-за отсутствия в используемых нормативах рекомендаций по применению быстрорежущей стали P6M5 расчет режима резания производится для быстрорежущей стали P18, имеющей примерно ту же режущую способность. При работе с глубиной резания до 5 мм применяют в основном цилиндрические фрезы диаметром 60—90 мм ([2], с. 269). Для данного случая при снятии припуска за один рабочий ход целесообразно применять стандартную фрезу диаметром  $D = 90$  мм с числом зубьев  $z = 8$  (карта 113, с. 248—249). Геометрические элементы фрезы принимаем по прил. 2, с. 369:  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ .



## II. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск снимаем за один рабочий ход; следовательно,  $t = h = 3$  мм.

2. Назначаем подачу на зуб фрезы (карта 132, с. 247). Для фрезы с вставными ножами при обработке стали, мощности станка 7,5 кВт, нормальной жесткости системы станок—приспособление—инструмент—заготовка  $S_z = 0,12 \dots 0,2$  мм/зуб; принимаем  $S_z = 0,2$  мм/зуб.

3. Назначаем период стойкости фрезы (табл. 2, с. 204). Для цилиндрической фрезы с  $D = 90$  мм со вставными ножами из стали P18 рекомендуется период стойкости  $T = 180$  мин. Допустимый износ зубьев фрезы по задней поверхности  $h_3 = 0,6$  мм (прил. 3, с. 372).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы (карта 133, с. 248, 249). Для  $D = 90$  мм,  $B = 41 \dots 130$  мм,  $t = 3$  мм,  $S_z$  до 0,24 мм/зуб  $v_{\text{табл}} = 37$  м/мин. Учитываем поправочные коэффициенты на скорость (там же);  $K_{\text{пов}} = 0,85$ , так как обработка по корке стальной поковки с  $\sigma_B = 68$  кгс/мм<sup>2</sup>; другой приведенный в карте поправочный коэффициент (для предварительной обработки) равен единице. В соответствии с примечанием в карте необходимо учесть еще поправочный коэффициент  $K_{\text{мв}}$  в зависимости от группы и механической характеристики стали (по карте 120, с. 230—231); для стали 40X,  $\sigma_B = 68$  кгс/мм<sup>2</sup>  $K_{\text{мв}} = 0,9$ ;  $v_n = v_{\text{табл}} K_{\text{пов}} K_{\text{мв}} = 37 \cdot 0,85 \times 0,9 = 28,4$  м/мин ( $\approx 0,47$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 28,4}{3,14 \cdot 90} = 101 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 100 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 100}{1000} = 28,3 \text{ м/мин} (\approx 0,46 \text{ м/с}).$$

7. Определяем скорость движения подачи (старое обозначение  $S_m$ ).  $v_s = S_z z n_d = 0,2 \cdot 8 \cdot 100 = 160$  мм/мин.

Эта величина полностью совпадает с паспортными данными станка, т. е.  $v_s = 160$  мм/мин. Очевидно, что и подача на зуб не изменилась: таким образом,  $S_{z_d} = S_z = 0,2$  мм/зуб.

8. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 135, с. 252—253). Для  $S_z = 0,18 \dots 0,32$  мм/зуб,  $B$  до 84 мм,  $t$  до 3,5 и  $v_s = S_m$  до 172 мм/мин  $N_{\text{табл}} = 3,1$  кВт.

Для заданных условий обработки приведенный в карте поправочный коэффициент  $K_N = 1$ . Тогда  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 3,1$  кВт.

9. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 6Т82Г  $N_{\text{шп}} = N_d \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6$  кВт,  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$  ( $3,1 < 6$ ), т. е. обработка возможна. (Определение основного времени см. с. 236).

**Пример 47.** На горизонтально-фрезерном станке 6Т82Г производится получистовое цилиндрическое фрезерование плоской поверхности шириной  $B = 65$  мм и длиной  $l = 225$  мм; припуск на обработку  $h = 1,5$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 3,2$  мкм. Материал обрабатываемой заготовки — серый чугун СЧ 10 твердостью 170 НВ. У обрабатываемой поверхности литейная корка снята. Обработка без охлаждения. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания (допускаемую фрезой скорость главного движения резания  $v_n$  и главную составляющую силы резания  $P_z$  подсчитать по эмпирическим формулам); определить основное время.

**Решение** (по справочнику [16]). I. Выбираем фрезу и устанавливаем значения ее геометрических элементов. Из-за отсутствия в используемом справочнике рекомендаций по выбору основных параметров цилиндрических фрез и их геометрических элементов воспользуемся справочником [18]. Принимаем цилиндрическую фрезу с мелким зубом из быстрорежущей стали (табл. 76, с. 237). Принимаем стандартную фрезу  $D = 63$  мм;  $z = 14$ ;  $L = 80$  мм. Материал режущей части фрезы — быстрорежущая сталь Р6М5.

Геометрические элементы  $\alpha = 16^\circ$  (табл. 78, с. 248);  $\gamma = 10^\circ$  (табл. 79, с. 249);  $\omega_0 = 20^\circ$  (табл. 83, с. 250).

II. Назначаем режим резания (по справочнику [16]).

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск снимается за один ход; следовательно,  $t = h = 1,5$  мм.



2. Назначаем подачу на один оборот фрезы (табл. 37, с. 285). Для достижения параметра шероховатости поверхности  $Ra = 3,2$  мкм на чугунной заготовке рекомендуется подача  $S_0 = 1,0 \dots 2,3$  мм/об при обработке фрезой  $D = 63$  мм (см. диапазон диаметров 40—75). Принимаем среднее значение  $S_0 = 1,7$  мм/об. Тогда подача на зуб фрезы

$$S_z = \frac{S_0}{z} = \frac{1,7}{14} = 0,12 \text{ мм/зуб.}$$

3. Назначаем период стойкости фрезы (табл. 40, с. 290). Для цилиндрической фрезы с мелким зубом  $D = 63$  мм, т. е. в диапазоне диаметров свыше 60 и до 75 мм, рекомендуется период стойкости  $T = 180$  мин.

4. Скорость главного движения резания, допускаемая режущими свойствами фрезы,

$$v_n = \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} s_v^{x_v} S_z^{y_v} B^{u_v} v_z^{P_v}} K_v. \quad (\text{с. 282})$$

Выписываем из табл. 39 (с. 288) коэффициенты и показатели степеней формулы для серого чугуна с 190 НВ, цилиндрической фрезы, материала режущей части — стали Р6М5 и подачи  $S_z \leq 0,15$  мм/зуб (с последующим учетом поправочных коэффициентов):  $C_v = 57,6$ ;  $q_v = 0,7$ ;  $x_v = 0,5$ ;  $y_v = 0,2$ ;  $u_v = 0,3$ ;  $P_v = 0,3$ ;  $m = 0,25$ .

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость резания:  $K_{m_p} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_p}$  (табл. 1, с. 261);  $n_p = 0,95$  — для фрезерования серого чугуна фрезами из быстрорежущей стали (табл. 2, с. 262);

$$K_{m_p} = \left(\frac{190}{170}\right)^{0,95} = 1,12^{0,95} = 1,11.$$

Для заданных условий обработки остальные поправочные коэффициенты  $K_{п_в} = K_{п_с} = 1$  (табл. 5, 6, с. 263), так как поверхность заготовки — без корки и материал рабочей части фрезы — Р6М5.

$$v_n = \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} s_v^{x_v} S_z^{y_v} B^{u_v} v_z^{P_v}} K_{m_p} =$$

$$= \frac{57,6 \cdot 63^{0,7}}{180^{0,25} \cdot 1,5^{0,5} \cdot 0,12^{0,2} \cdot 65^{0,3} \cdot 14^{0,3}} 1,11 =$$

$$= \frac{57,6 \cdot 18,17}{3,66 \cdot 1,23 \cdot 0,85 \cdot 3,5 \cdot 2,21} 1,11 = 48 \cdot 1,11 =$$

$$= 53,2 \text{ м/мин } (\approx 0,89 \text{ м/с}).$$

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания,

$$n = \frac{1000 v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 53,2}{3,14 \cdot 63} = 269 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 250 \text{ мин}^{-1}$ .

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 250}{1000} = 49,5 \text{ м/мин } (\approx 0,825 \text{ м/с}).$$

7. Определяем скорость движения подачи (старое обозначение  $S_m$ ):  $v_s = S_m = S_z z n_d = 0,12 \cdot 14 \cdot 250 = 421$  мм/мин. Корректируем величину  $v_s$  по данным станка и устанавливаем ее действительное значение  $v_s = 400$  мм/мин.

Действительная подача на зуб фрезы

$$S_{z_d} = \frac{v_s}{z n_d} = \frac{400}{14 \cdot 250} = 0,11 \text{ мм/зуб.}$$

8. Определяем главную составляющую силы резания (окружную силу)

$$P_z = \frac{9,81 C_p t^{x_p} S_z^{y_p} B^{u_p} v_z^{P_p}}{D^{q_p} n^{\omega_p}} K_p. \quad (\text{с. 282})$$

Выписываем из табл. 41 (с. 291) коэффициенты и показатели степеней формулы для серого чугуна с 190 НВ и цилиндрических фрез из быстрорежущей стали:  $C_p = 30$ ;  $x_p = 0,83$ ;  $y_p = 0,65$ ;  $u_p = 1$ ;  $\omega_p = 0$ ;  $q_p = 0,83$ .

Учитываем поправочный коэффициент  $K_{m_p}$  (табл. 9, с. 264):  $K_{m_p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{n_p}$ ;  $n_p = 0,55$  (для обработки чу-



гуна фрезой из быстрорежущей стали); 170 НВ (по условию);

$$K_{MP} = \left(\frac{170}{190}\right)^{0,55} = 0,9^{0,55} = 0,94;$$

$$P_z = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 1,5^{0,83} \cdot 0,11^{0,65} \cdot 65 \cdot 14}{63^{0,83}} \cdot 0,94 =$$

$$= \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 1,4 \cdot 0,24 \cdot 65 \cdot 14}{31,15} \cdot 0,94 = 2889 \cdot 0,94 =$$

$$= 2716 \text{ Н } (\approx 277 \text{ кгс}).$$

9. Определяем мощность, затрачиваемую на резание:

$$N_{рез} = \frac{P_z v_d}{60 \cdot 102} = \frac{277 \cdot 49,5}{60 \cdot 102} = 2,24 \text{ кВт.}$$

В единицах СИ  $N_{рез} = P_z v_d = 2716 \cdot 0,825 = 2240 \text{ Вт} = 2,24 \text{ кВт.}$

10. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Мощность на шпинделе станка 6Т82Г  $N_{шп} = N_d \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6,0 \text{ кВт.}$  Следовательно,  $N_{рез} \ll N_{шп}$  ( $2,2 < 6,0$ ), т. е. обработка возможна.

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{L}{v_s};$$

$L = l + y + \Delta$  мм. Врезание  $y = \sqrt{t(D-t)} = \sqrt{1,5(63-1,5)} = \sqrt{1,5 \cdot 61,5} = \sqrt{92} = 9,6 \text{ мм.}$  Перебег  $\Delta = 1 \dots 5 \text{ мм;}$  принимаем  $\Delta = 2,5 \text{ мм.}$  Тогда  $L = 225 + 9,6 + 2,5 = 237,1 \text{ мм;}$   $T_0 = \frac{237,1}{400} = 0,59 \text{ мин.}$

**Задача 54.** На горизонтально-фрезерном станке 6Т82Г производится цилиндрическое фрезерование плоской поверхности шириной  $B$  и длиной  $l$ ; припуск на обработку  $h$  (табл. 85). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] и справочника [16] можно пользоваться справочниками [10, 12].

**Пример 48.** На горизонтально-фрезерном станке 6Т82Г производится черновое фрезерование дисковой фрезой паза шириной  $B = 32 \text{ мм,}$  глубиной  $h = 15 \text{ мм}$  и длиной  $l = 250 \text{ мм.}$  Обрабатываемый материал — сталь 40Х

85. Данные к задаче 54

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	Обработка; параметр шероховатости поверхности, мкм	$B$	$l$	$h$
				мм		
1	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$ ( $\approx 60 \text{ кгс/мм}^2$ )	Поковка	Черновая с охлаждением	65	100	3
2	Серый чугун, 150 НВ	Отливка	Получистовая (окончательная) без охлаждения; $Ra = 2,0$	40	120	1,5
3	Сталь 35, $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$ ( $\approx 60 \text{ кгс/мм}^2$ )	Прокат	Черновая с охлаждением	80	150	4
4	Алюминиевый сплав АЛ5, 65 НВ	Отливка	Получистовая (окончательная) без охлаждения; $Rz = 20$	50	200	1,5
5	Бронза БрАЖ9-4, 120 НВ	»	Черновая по корке без охлаждения	75	320	4
6	Сталь 45Х, $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$ ( $\approx 75 \text{ кгс/мм}^2$ )	Поковка	Получистовая (окончательная) с охлаждением; $Rz = 20$	90	250	1,5
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка	Черновая по корке без охлаждения	60	300	4,5
8	Сталь 40ХНМА, $\sigma_B = 850 \text{ МПа}$ ( $\approx 85 \text{ кгс/мм}^2$ )	Штампованная	Получистовая (окончательная) с охлаждением; $Ra = 2,0$	85	400	1,5
9	Латунь ЛК80-3, 110 НВ	Отливка	Получистовая (окончательная) без охлаждения; $Ra = 2,0$	45	130	1
10	Серый чугун, 220 НВ	»	Черновая по корке без охлаждения	70	350	5



с  $\sigma_B = 700$  МПа ( $\approx 70$  кгс/мм<sup>2</sup>); заготовка — поковка с предварительно обработанной плоской поверхностью. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем фрезу и устанавливаем ее геометрические элементы. Принимаем дисковую трехстороннюю фрезу со вставными ножами из быстрорежущей стали Р6М5 (Р18). Для фрезерования паза шириной  $B = 32$  мм целесообразно применять фрезу диаметром  $D = 150$  мм с числом зубьев  $z = 16$  (карта 185, с. 326). Геометрические элементы (прил. 2, с. 365):  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 16^\circ$ .

II. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск снимаем за один рабочий ход, следовательно,  $t = h = 12$  мм.

2. Назначаем подачу на зуб фрезы (карта 184, с. 325). Для  $D = 150$  мм;  $t$  до 15 мм и обработки стали  $S_z = 0,10 \dots 0,05$  мм/зуб. Принимаем  $S_z = 0,08$  мм/зуб.

3. Назначаем период стойкости фрезы (табл. 2, с. 204). Для дисковой фрезы из стали Р18 диаметром  $D = 150$  мм рекомендуется период стойкости  $T = 150$  мин. Допустимый износ зубьев фрезы по задней поверхности  $h_a = 0,6$  мм (прил. 3, с. 372).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы (карта 185, с. 326). Для  $D = 150$  мм,  $z = 16$ ,  $B = 12 \dots 34$  мм,  $t$  до 18 мм и  $S_z$  до 0,1 мм/зуб  $v_{\text{табл}} = 41$  м/мин. В соответствии с примечанием к данной карте учитываем поправочный коэффициент на скорость в зависимости от группы и механической характеристики стали  $K_{M_0}$  (по карте 120, с. 230—231):  $K_{M_0} = 0,9$  (для стали 40Х,  $\sigma_B = 60 \dots 76$  кгс/мм<sup>2</sup>);  $v_n = v_{\text{табл}} K_{M_0} = 41 \cdot 0,9 = 37$  м/мин ( $\approx 0,62$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 37}{3,14 \cdot 150} = 78 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 80 \text{ мин}^{-1}$  (принято ближайшее большее значение  $n_d$ , так как оно не превышает расчетного  $n$  более чем на 5 %).

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 80}{1000} = 37,6 \text{ м/мин} (\approx 0,63 \text{ м/с}).$$

7. Определяем скорость движения подачи (старое обозначение  $S_M$ )  $v_s = S_z z n_d = 0,08 \cdot 16 \cdot 80 = 102$  мм/мин. Корректируем эту величину по данным станка и устанавливаем действительную скорость движения подачи  $v_s = 100$  мм/мин.

8. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 186, с. 327). Для  $S_z$  до 0,1 мм/зуб,  $B$  до 35 мм,  $t$  до 16 мм и  $v_s$  ( $S_M$ ) до 110 мм/мин  $N_{\text{табл}} = 4,6$  кВт. Для заданных условий обработки поправочный коэффициент на мощность  $K_N = 1$ , т. е.  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 4,6$  кВт.

9. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка 6Т82Г:  $N_{\text{шп}} = N_d \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6,0$  кВт. Следовательно,  $N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$  ( $4,6 < 6,0$ ), т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{v_s}; \quad L = l + y + \Delta.$$

Врезание при фрезеровании дисковой фрезой

$$y = \sqrt{t(D-t)} = \sqrt{15(150-15)} = \sqrt{15 \cdot 135} = \sqrt{2025} = 45 \text{ мм}.$$

Перебег  $\Delta = 1 \dots 5$  мм; принимаем  $\Delta = 4$  мм. Тогда  $L = 250 + 45 + 4 = 299$  мм;  $T_0 = \frac{299}{100} = 2,99$  мин.

**Задача 55.** На горизонтально-фрезерном станке 6Т82Г производится предварительное фрезерование дисковой фрезой паза шириной  $B$ , глубиной  $h$  и длиной  $l$  (табл. 86). Заготовка — с предварительно обработанной плоской поверхностью. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16, 18].

**Пример 49.** На вертикально-фрезерном станке 6Т12 концевой фрезой фрезеруют сквозной паз шириной  $b = 32$  мм, глубиной  $h = 15$  мм и длиной  $l = 300$  мм. Материал обрабатываемой заготовки — сталь 45 с  $\sigma_B =$



№ вари-анта	Материал заготовки	Заго-товка	B	l	h	Обработка
			мм			
1	Сталь 20X, $\sigma_B = 580$ МПа ( $\approx 58$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат	18	50	8	С охлаж-дением
2	Серый чугун, 160 НВ	Отливка	20	400	10	Без ох-лаждения
3	Сталь 50, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат	22	380	12	С охлаж-дением
4	Серый чугун, 180 НВ	Отливка	24	120	12	Без ох-лаждения
5	Бронза БрАЖН 10-4, 170 НВ	»	16	280	10	То же
6	Сталь 30ХМ, $\sigma_B = 780$ МПа ( $\approx 78$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поков-ка	36	170	15	С охлаж-дением
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка	30	350	15	Без ох-лаждения
8	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, 100 НВ	»	20	100	8	То же
9	Сталь 30ХН3А, $\sigma_B = 800$ МПа ( $\approx 80$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штам-пован-ная	28	420	10	С охлаж-дением
10	Серый чугун, 220 НВ	Отливка	40	520	18	Без ох-лаждения

$= 650$  МПа ( $\approx 65$  кгс/мм<sup>2</sup>). Обработка — получистовая, параметр шероховатости поверхности  $Ra = 3,2$  мкм. Охлаждение эмульсией. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем фрезу и устанавливаем ее геометрические элементы. Принимаем концевую фрезу с нормальным зубом из быстрорежущей стали Р6М5 (Р18). Диаметр фрезы принимаем равным ширине паза, т. е.  $D = b = 32$  мм; число зубьев фрезы  $z = 6$  (карта 161, с. 293). Геометрические элементы (прил. 2, с. 369):  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 14^\circ$ ;  $\varphi_1 = 3^\circ$ .

II. Назначаем режим резания.  
1. Устанавливаем глубину резания. При фрезеровании пазов концевой фрезой глубиной резания считается ширина паза, в данном случае  $t = b = 32$  мм. Глубина паза при фрезеровании его за один рабочий ход принимается за ширину фрезерования  $B$ . В данном примере  $B = h = 15$  мм.

2. Назначаем подачу на зуб фрезы (карта 161, с. 293). Для фрезерования стали,  $D = 32$  мм,  $z = 6$  и  $h = 15$  мм  $S_z = 0,09 \dots 0,06$  мм/зуб, считая систему станок—приспособление—инструмент—заготовка жесткой, принимаем  $S_z = 0,09$  мм/зуб.

3. Назначаем период стойкости фрезы (табл. 2, с. 204). Для концевой фрезы диаметром  $D = 32$  мм из быстрорежущей стали Р18 рекомендуется период стойкости  $T = 90$  мин. Допустимый износ зубьев фрезы по задней поверхности  $h_3 = 0,5$  мм (прил. 3, с. 372).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы (карта 162, с. 294). Для фрезы с нормальным зубом,  $D = 32$  мм,  $z = 6$ , ширины паза 32 мм, глубины паза до 30 мм и  $S_z$  до 0,09 мм/зуб  $v_{\text{табл}} = 19,5$  м/мин.

В примеч. 1 к карте 162 указано, что приведенный режим резания обеспечивает шероховатость поверхности бывшего 5-го класса, что требуется по условию ( $Ra = 3,2$  мкм). В соответствии с примеч. 2 учитываем поправочный коэффициент в зависимости от группы и механической характеристики стали  $K_{M_0}$  (по карте 120, с. 230):  $K_{M_0} = 1,2$  (принято для стали 45 и  $\sigma_B = 56 \div 75$  кгс/мм<sup>2</sup>).

Поэтому  $v_{\text{н}} = v_{\text{табл}} K_{M_0} = 19,5 \cdot 1,2 = 23,4$  м/мин ( $\approx 0,39$  м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_{\text{н}}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 23,4}{3,14 \cdot 32} = 232 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по станку и устанавливаем действительную частоту вращения:

$$n_{\text{д}} = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

6. Действительная скорость резания

$$v_{\text{д}} = \frac{\pi D n_{\text{д}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 200}{1000} = 20,1 \text{ м/мин } (\approx 0,34 \text{ м/с}).$$

7. Определяем скорость движения подачи (старое обозначение  $S_M$ )  $v_s = S_z z n_{\text{д}} = 0,09 \cdot 6 \cdot 200 = 108$  мм/мин.

Корректируем эту величину по данным станка и устанавливаем действительную скорость движения подачи  $v_s = 100$  мм/мин.

8. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 163, с. 295). Для  $S_z = 0,05 \dots 0,09$  мм/зуб, ши-



№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	мм			Обработка
			b	l	h	
1	Сталь 20ХН, $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$ ( $\approx 60 \text{ кгс/мм}^2$ )	Прокат	30	300	5	С охлаждением
2	Серый чугун, 220 НВ	Отливка	16	200	10	
3	Сталь 45Х, $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$ ( $\approx 75 \text{ кгс/мм}^2$ )	Поковка	18	80	10	С охлаждением
4	Серый чугун, 160 НВ	Отливка	20	160	12	
5	Сталь 40ХН, $\sigma_B = 700 \text{ МПа}$ ( $\approx 70 \text{ кгс/мм}^2$ )	Штампованная	28	385	4	С охлаждением
6	Бронза Бр.ОЦ 4-3, 70 НВ	Отливка	25	180	10	Без охлаждения
7	Серый чугун, 170 НВ	»	35	500	16	То же
8	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$ ( $\approx 60 \text{ кгс/мм}^2$ )	Поковка	22	350	12	С охлаждением
9	Серый чугун, 180 НВ	Отливка	25	250	15	
10	Латунь ЛКС 80-3,3, 90 НВ	»	14	50	5	То же

рины паза 32 мм, глубины паза до 15 мм и  $v_s = S_m$  до 110 мм/мин  $N_{\text{табл}} = 3$  кВт. Для заданных условий обработки поправочный коэффициент на мощность  $K_N = 1$ . Тогда  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 3$  кВт.

9. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 6Т12  $N_{\text{шп}} = 7,5 \cdot 0,8 = 6,0$  кВт;  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$ ;  $3 \leq 6,0$ , т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{v_s}; \quad L = l + y + \Delta.$$

При фрезеровании концевой фрезой паза врезание

$$y = \frac{D}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ мм.}$$

Перебег  $\Delta = 1 \dots 5$  мм; принимаем  $\Delta = 3$  мм. Тогда  $L = 300 + 16 + 3 = 319$  мм;

$$T = \frac{319}{100} = 3,19 \text{ мин.}$$

**Задача 56.** На вертикально-фрезерном станке 6Т12 концевой фрезой фрезеруют сквозной паз шириной  $b$ , глубиной  $h$  и длиной  $l$ . Обработка получистовая, параметр шероховатости поверхности  $Ra = 3,2$  мкм (табл. 87). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16].

## § 2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ФРЕЗ

По конструкции различают фрезы цельные, составные и сборные с пластинами из твердых сплавов или из быстрорежущей стали. Различают фрезы цилиндрические (преимущественно с зубьями, расположенными по винтовой линии), торцовые, дисковые, трехсторонние (например, пазовые), прорезные (например, шлицевые), отрезные, концевые (пальцевые), одно- и двухугловые, зуборезные фасонные, наборные (наборы из нескольких отдельных фрез). Основные размеры фрез, геометрические параметры и технические требования к ним приведены в стандартах или справочной литературе. Геометрические элементы лезвия фрез можно выбрать по нормативам [7], карты 2—6, или справочнику [18].

Форму и размеры пластин и коронок из твердого сплава выбирают по ГОСТ 2209—82 или СТ СЭВ. Марку твердого сплава выбирают по ГОСТ 3882—74\*. В качестве материала припоя рекомендуется латунь Л68. Наружный диаметр фрезы  $D$  зависит от диаметра оправки, размеров обрабатываемой поверхности, припуска на обработку и других факторов.

Обычно при конструировании фрез для определения диаметров оправки и цилиндрической фрезы пользуются следующим соотношением:  $D = (2,5 \dots 3) d$ .

Окончательно наружный диаметр фрезы выбирают по СТ СЭВ 201—75, элементы крепления насадных фрез с цилиндрическим отверстием — по ГОСТ 9472—83, диаметры цилиндрических хвостовиков — по СТ СЭВ 151—75, конических хвостовиков Морзе и метрических — по ГОСТ 25557—82. Оправки с хвостовиком конусностью 7:24 для насадных торцовых фрез выбирают по ГОСТ 13785—68\*, ГОСТ 13786—68\*, ГОСТ 13787—68\*, ГОСТ 13788—68\*, ГОСТ 13789—68\*, ГОСТ 13790—68\*, ГОСТ 13791—68\*.



Присоединительные размеры фрез, закрепляемых на фрезерных оправках, а также на концах шпинделей, выбирают по ГОСТ 27066—86 (табл. 88, 89).

Когда на оправку устанавливают несколько фрез (набор), рекомендуется максимально увеличить диаметр оправки. Диаметр оправки (отверстия фрезы) можно рассчитать исходя из сил, действующих на фрезу. Диаметр отверстия под оправку

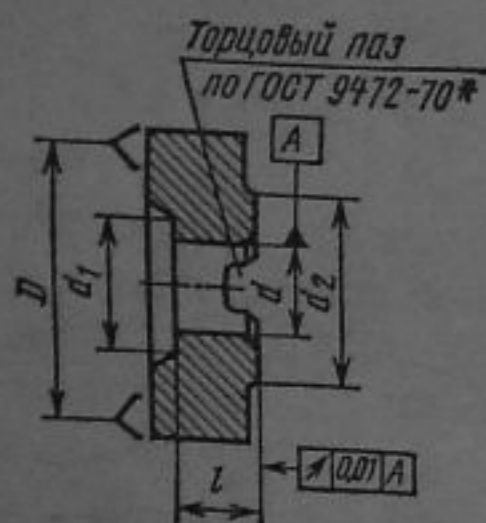
$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{и.д}}}}$$

Здесь  $M_{\text{сум}}$  — суммарный момент при изгибе и скручивании оправки, Н·м (кгс·мм):

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16}Pl\right)^2 + \left(\frac{P_z D}{2}\right)^2},$$

где  $P$  — равнодействующая сил  $P_z$  и  $P_y$ ;  $P = 1,411 P_z$ ;  
 $l$  — расстояние между опорами фрезерной оправки (длина

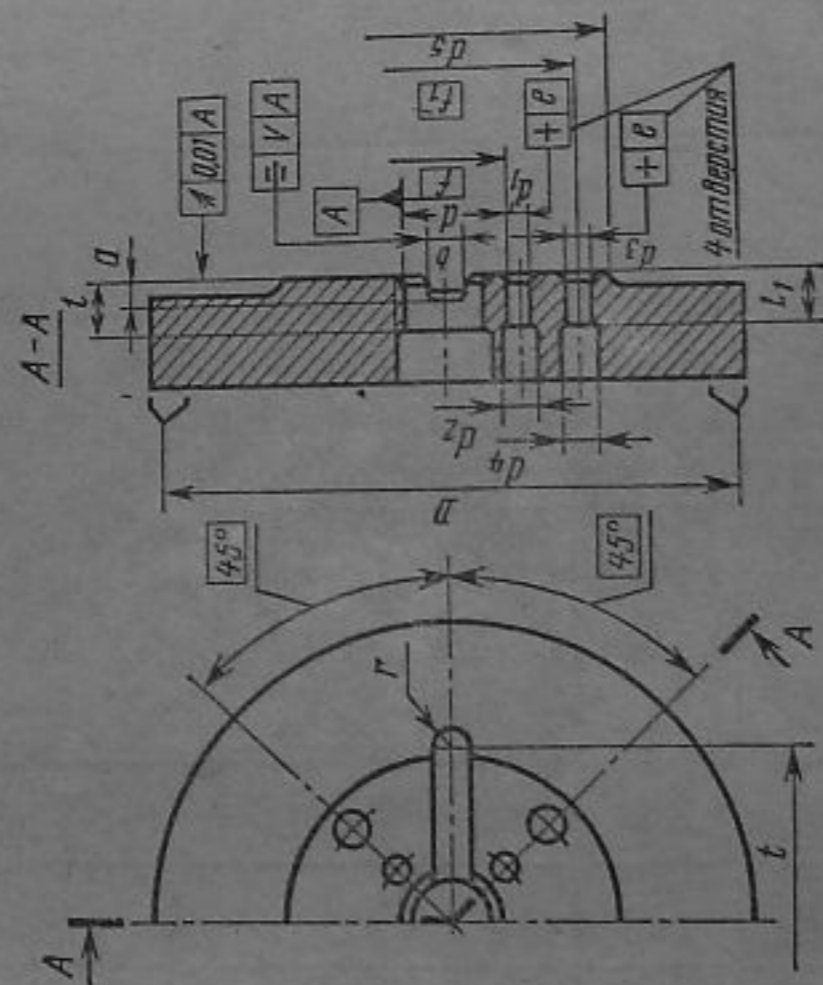
88. Присоединительные размеры, мм, торцовых фрез, закрепляемых на фрезерных оправках-хвостовиках (ГОСТ 27066—86)



$D^*$	$d$ (H7)	$d_{1\text{min}}$	$d_{2\text{min}}$	$l_{\text{min}}$
40	16	22	33	18
50	22	30	41	20
63	27	38	49	22
80	32	45	59	25
100	40	56	71	28
160	50	67	91	31

\* Диаметр фрезы или расстояние между вершинами диаметрально противоположных зубьев (ножей), измеренное по диаметру.

89. Присоединительные размеры (мм) торцовых фрез, закрепляемых на концах шпинделей (ГОСТ 27066—86)



$D$	$d$ (H7)	$f$	$f_1$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_{s\text{min}}$	$l_{\text{min}}$	$l_1 (\pm 1)$	$l'_{\text{min}}$	$b$ (H12)	$a$ (+0,5)	$e$
160	40	67,7	—	14	20	—	—	90	25	32	89	16,1	9	—
200	40	67,7	—	14	20	—	—	90	25	32	89	16,1	9	—



D	$d_{(H7)}$	f	$f_1$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_8$	$l_{\text{min}}$	$l_1 (\pm 1)$	$l_{\text{min}}$	$b (H12)$	$a_{(+0,5)}$	a
200	40	80,0	—	14	20	—	—	—	—	105	25	32	130	19,3	11	0,15
250																
315																
400																
200	60	101,6	—	18	26	—	—	—	130	32	32	32	155	25,7	14	0,2
250																
250																
315																
400																
500																
630																
315																
400	177,8	101,6	177,8	18	26	22	34	—	225	—	—	—	—	—	—	—
500																
630																
630																

посадочного участка оправки), мм;  $\sigma_{и.д}$  — допустимое напряжение на изгиб оправки для конструкционных сталей;  $\sigma_{и.д} = (180 \dots 250) \cdot 10^6$  МПа ( $\sim 18-25$  кгс/мм<sup>2</sup>).  
 Число зубьев фрезы  $z = m \sqrt{D}$ , где  $m$  — коэффициент, зависящий от типа фрезы.

Цилиндрические фрезы		m
Цельные:		
крупнозубые с $\omega \leq 30^\circ$	.....	1,05
мелкозубые с $\omega = 15 \dots 20^\circ$	.....	2
Сборные с $\omega, \circ$ :		
20	.....	0,9
45	.....	0,8
Торцовые цельные:		
крупнозубые	.....	1,2
мелкозубые	.....	2
Угловые	.....	2,5—2,8
Фасонные	.....	1,5—2,0
Дисковые	.....	2

Конструкции сборных фрез и способы крепления ножей для большинства типов фрез стандартизованы; описание различных конструкций крепления ножей приводится также в справочной литературе. Основные размеры на рифления, углы уклона ножей и пазов режущего инструмента приведены в ГОСТ 2568—71\*. Число зубьев торцовых фрез с механическим креплением ножей зависит от принятого способа крепления ножей и выбирается преимущественно по нормальям.

**Пример 50.** Рассчитать и сконструировать сборную цилиндрическую фрезу с механическим креплением пластин из быстрорежущей стали P18 для чернового фрезерования плоской поверхности шириной  $B = 100$  мм у заготовки из стали 30ХМ с пределом прочности  $\sigma_B = 1000$  МПа ( $\approx 100$  кгс/мм<sup>2</sup>). Припуск на обработку  $h = 6$  мм. Обработка производится на горизонтально-фрезерном станке 6М82Г с мощностью электродвигателя  $N = 7$  кВт; заготовка крепится в приспособлении повышенной жесткости.

**Решение.** 1. Предварительно задаемся длиной  $L$  фрезы (для заданной ширины фрезерования  $B$ ) и соответственно ее диаметром  $D'$ , числом зубьев  $z'$  и углом  $\omega$ :  $L = 125$  мм;  $D' = 110$  мм;  $z' = 10$ ;  $\omega = 20^\circ$ .

2. Скорость движения подачи выбираем по карте 33, с. 438 справочника [18]. Для чернового фрезерования заготовки из стали цилиндрической фрезой с механическим креплением ножей при заданных условиях работы



подача на зуб  $S_z = 0,12 \dots 0,2$  мм/зуб; принимаем  $S_z = 0,15$  мм/зуб.

3. Диаметр отверстия под оправку

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{н.д}}}}$$

Главная составляющая силы резания при  $t = h = 6$  мм определяется по нормативам [7] или справочнику [18] (подробнее см. пример 45):

$$P_z = \frac{9,81C_P t^{x_P} S_z^{y_P} Bz}{D^{q_P}} = \frac{9,81 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,85} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 100 \cdot 10}{110^{0,86}} =$$

$$= \frac{9,81 \cdot 68,2 \cdot 4,67 \cdot 0,246 \cdot 100 \cdot 10}{56,96} = 14\,250 \text{ Н} \quad (\approx 1425 \text{ кгс}).$$

Равнодействующая сила  $P = 1,411P_z = 1,411 \times 14\,250 \text{ Н} = 20\,106 \text{ Н} (\approx 2010 \text{ кгс})$ .

Расстояние между опорами фрезерной оправки принимают в зависимости от длины посадочного участка центральной фрезерной оправки  $l = 400$  мм.

Суммарный момент, действующий на фрезерную оправку:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16}Pl\right)^2 + \left(\frac{P_z D'}{2}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{3}{16}20\,106 \cdot 400\right)^2 + \left(\frac{14\,250 \cdot 110}{2}\right)^2} = 177\,200 \text{ кгс} \cdot \text{мм};$$

в единицах СИ

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16}20\,106 \cdot 400 \cdot 10^{-3}\right)^2 + \left(\frac{14\,250 \cdot 110 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2} =$$

$$= 1770 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Допустимое напряжение на изгиб материала оправки принимаем  $\sigma_{\text{н.д}} = 250$  МПа ( $\approx 25$  кгс/мм<sup>2</sup>); подставив в приведенную выше формулу найденные значения  $M_{\text{сум}}$  и  $\sigma_{\text{н.д}}$ , получим диаметр отверстия фрезы под оправку:

$$d = \sqrt[3]{\frac{177\,200}{0,1 \cdot 25}} = 41,4 \text{ мм};$$

в единицах СИ

$$d = \sqrt[3]{\frac{1770}{0,1 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,0414 \text{ м},$$

принимаем ближайший диаметр отверстия фрезы по ГОСТ 9472—83:  $d = 40$  мм (табл. 90).

4. Устанавливаем окончательно наружный диаметр фрезы:  $D = 2,5d = 2,5 \cdot 40 = 100$  мм; принимаем ближайший диаметр фрезы по СТ СЭВ 201—75:  $D = 100$  мм, длину фрезы  $L = 125$  мм. С учетом запаса вылета ножей на переточки принимаем максимальный наружный диаметрновой фрезы

$$D_{\text{max}} = 112j_s 16 \begin{pmatrix} +0,17 \\ +0,08 \end{pmatrix}.$$

5. Окончательное число зубьев фрезы  $z = m\sqrt{D} = 0,9\sqrt{112} = 0,9 \cdot 10,58 = 9,53$ ; принимаем четное значение  $z = 10$ .

6. Определяем шаг зубьев фрезы: окружной торцовый шаг

$$S_{\text{окр}} = \frac{\pi D}{z} = \frac{3,14 \cdot 112}{10} = 37,6 \text{ мм};$$

осевой шаг при  $\omega = 20^\circ$ ,  $\text{ctg } 20^\circ \sim 2,75$

$$S_{\text{ос}} = \frac{\pi D}{z} \text{ctg } \omega = 37,6 \cdot 2,75 = 104 \text{ мм}.$$

7. Проверяем полученные величины  $z$  и  $S_{\text{ос}}$  на условие равномерного фрезерования:  $C = \frac{B}{S_{\text{ос}}} = \frac{B}{\pi D \text{ctg } \omega}$  должно быть целым числом или величиной, близкой к нему. В рассматриваемом примере  $C = \frac{100}{104} = 0,97$ , т. е. условие равномерного фрезерования обеспечено.

8. Отверстие фрезы и шпоночный паз выполняют по ГОСТ 9472—83.

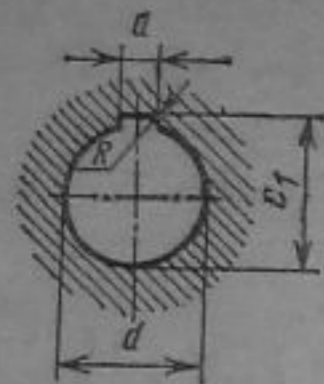
9. Определяем геометрические параметры рабочей части фрезы (нормативы [7], карта 6); главный задний угол  $\alpha = 12^\circ$ ; передний угол  $\gamma = 10^\circ$ .

10. Выбираем материал фрезы: корпуса — сталь 40Х; ножей — быстрорежущая сталь Р18; клиньев — сталь У8А. Назначаем твердость деталей фрезы после термической обработки: корпуса 32—41,5 НRC<sub>9</sub>; режущей части ножей 63—66 НRC<sub>9</sub>, клиньев 41,5—51,5 НRC<sub>9</sub>.

11. Допуски на основные элементы фрезы и другие технические требования принимаем по ГОСТ 8721—69\* (фрезы с пластинами из твердого сплава) или по



90. Размеры отверстия и шпоночного паза для насадных фрез с цилиндрическим отверстием (ГОСТ 9472—83)



$d$ (H7)		$a$ (C11)		$e_1$ (H12)		$R$ , мм
Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм	Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм	Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм	
8	+15 0	2	+120 +60	8,9	+150 0	0,3—0,4
10		3		11,5		
13	+18 0	3	+180 0	14,6	+180 0	
16		4		17,7		0,4—0,6
19	+21 0	5	+145 +70	21,1	+210 0	0,7—1
22		6		24,1		
27		7		29,8		
32	+25 0	8	+170 +80	34,8	+250 0	0,9—1,2
40		10		43,5		
50		12		53,5		
60	+30 0	14	+205 +95	64,2	+300 0	1,1—1,6
70		16		75,0		
80		18		85,5		
100	+35 0	25	+240 +110	107,0	+350 0	2—2,5

91. Данные к задаче 57

№ варианта	Материал заготовки	$B$	$h$
		мм	
1	Сталь 40X, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	130	12
2	Чугун СЧ 20, 170 НВ	140	8
3	Медь М4, 80 НВ	60	12
4	Бронза БрА7, 90 НВ	100	8
5	Сталь 35X, $\sigma_B = 950$ МПа ( $\approx 95$ кгс/мм <sup>2</sup> )	80	12
6	Сталь 15Г, $\sigma_B = 400$ МПа ( $\approx 40$ кгс/мм <sup>2</sup> )	100	4
7	Сталь 40ХС, 225 НВ	120	5
8	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 650$ МПа ( $\approx 65$ кгс/мм <sup>2</sup> )	50	4
9	Сталь 60, 225 НВ	60	5
10	Чугун СЧ 30, 220 НВ	70	8

ГОСТ 1671—77\* (фрезы с ножами из быстрорежущей стали), предельные отклонения размеров рифлений — по ГОСТ 2568—71\*.

12. Выполняем рабочий чертеж фрезы (сборка, корпус, нож и клин) (рис. 61) с указанием основных технических требований (см. гл. 1, § 3).

**Задача 57.** Рассчитать и сконструировать сборную цилиндрическую фрезу с винтовыми пластинами из твердого сплава для чернового фрезерования плоской поверхности заготовки шириной  $B$  и припуском на обработку  $h$ . Обработка производится на горизонтально-фрезерном станке 6Н83Г; заготовка крепится в приспособлении средней жесткости (табл. 91). Конструкцию фрезы выбрать по ГОСТ 8721—69\*.

**Наборы фрез**, представляющие собой комбинированный режущий инструмент — группа фрез, которые подобраны по профилю и размерам обрабатываемой заготовки и закреплены на одной оправке. В состав набора кроме фрез входят оправка и промежуточные кольца, с помощью которых устанавливают необходимые расстояния между фрезами.

Режущие кромки двух смежных фрез в месте стыка должны перекрываться. Это условие может быть выполнено путем применения на торцах фрез выточек, в которые входят (на 3—5 мм) смежные фрезы меньшего диаметра. Для этой же цели на торце каждой смежной фрезы можно сделать торцовый замок, т. е. выступы и впадины, которые, входя друг в друга, обеспечивают перекрытие



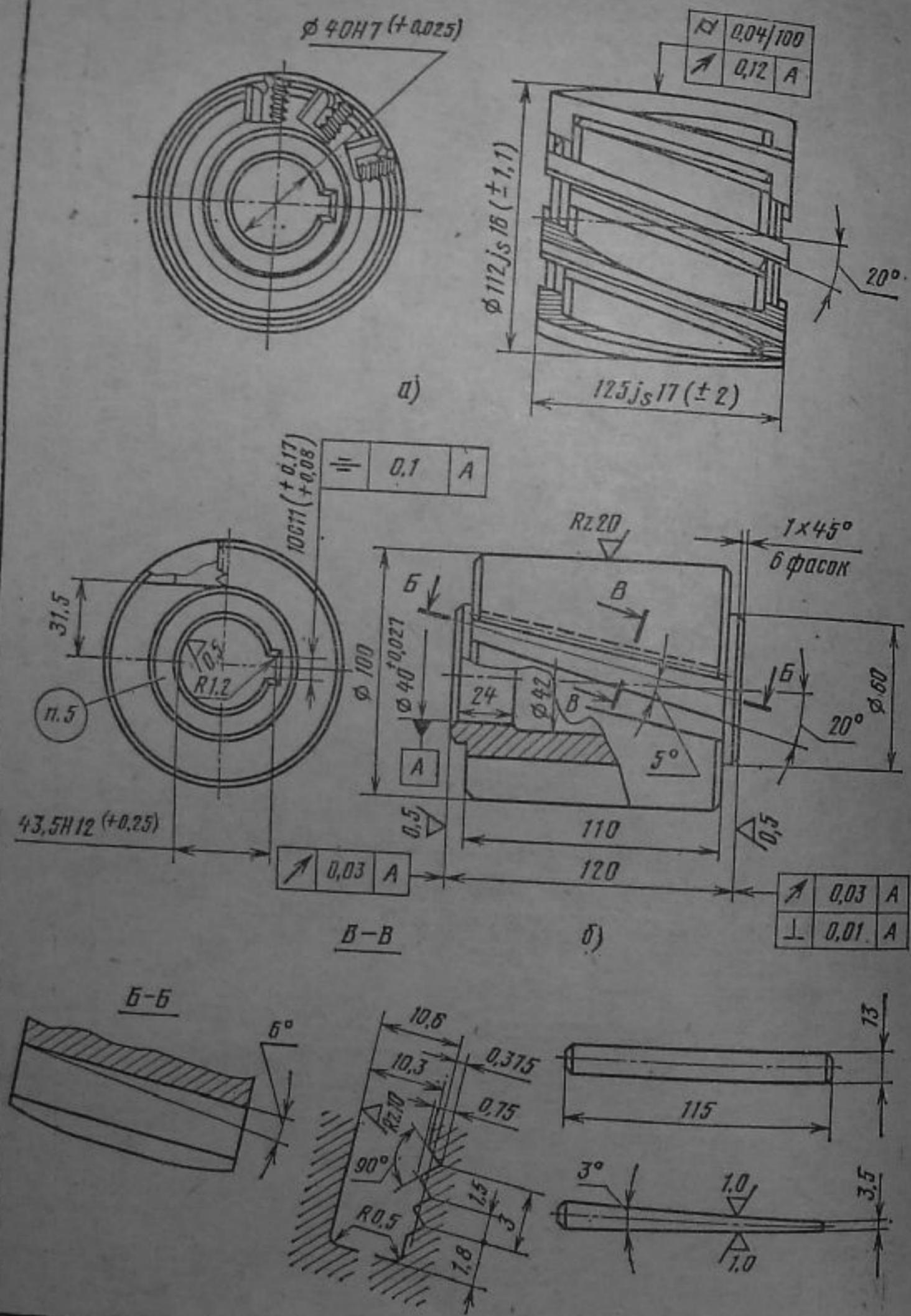
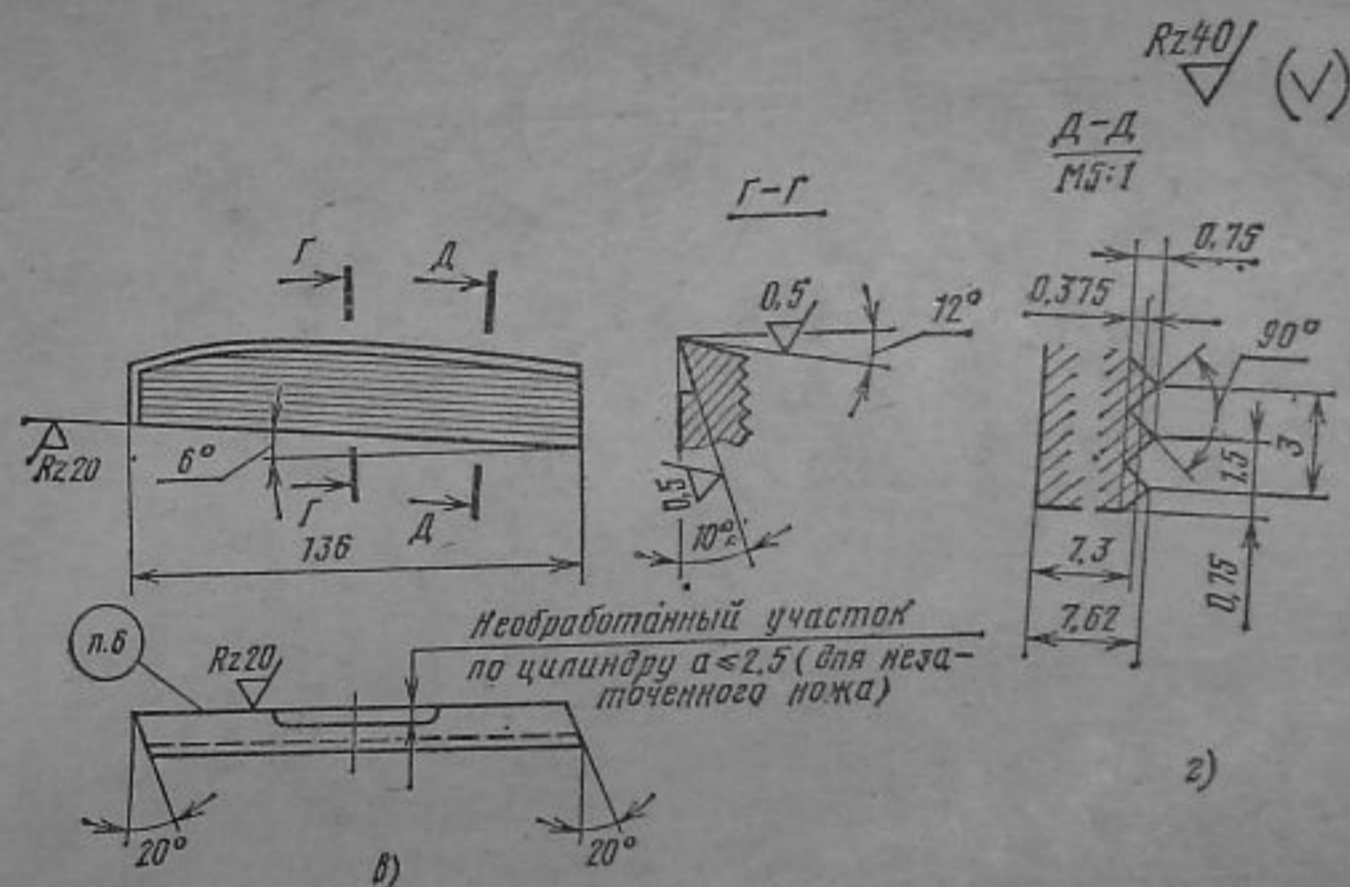


Рис. 61. Чертеж сборной цилиндрической фрезы со вставными ножами:  
 а — фреза в сборе; б — корпус фрезы; в — нож; г — клин



1. Материал корпуса фрезы — сталь 40Х по ГОСТ 4543-77. Твердость 31...41 HRC<sub>2</sub>.
2. Материал ножей — быстрорежущая сталь P18 или другой марки по ГОСТ 19265-73. Твердость 63...66 HRC<sub>2</sub>.
3. Материал клиньев — сталь У8А по ГОСТ 1435-74. Твердость 41...51 HRC<sub>2</sub>.
4. Неуказанные предельные отклонения отверстий Н14, валов h14, остальных размеров  $\pm \frac{IT14}{2}$  по ГОСТ 25347-82.
5. Маркировать на корпусе: диаметр и длину фрезы, материал режущей части, товарный знак завода-изготовителя (110 x 125-P18-0).
6. Маркировать на ножах: марку стали, диаметр и длину фрезы, товарный знак завода-изготовителя (P18-110 x 125-0).

				Курсовая работа			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литер	Масса	Масштаб
					К	6,3	1:2
					Лист 1	Листов 1	
					МСИТ гр. 3504 Д		

жами:



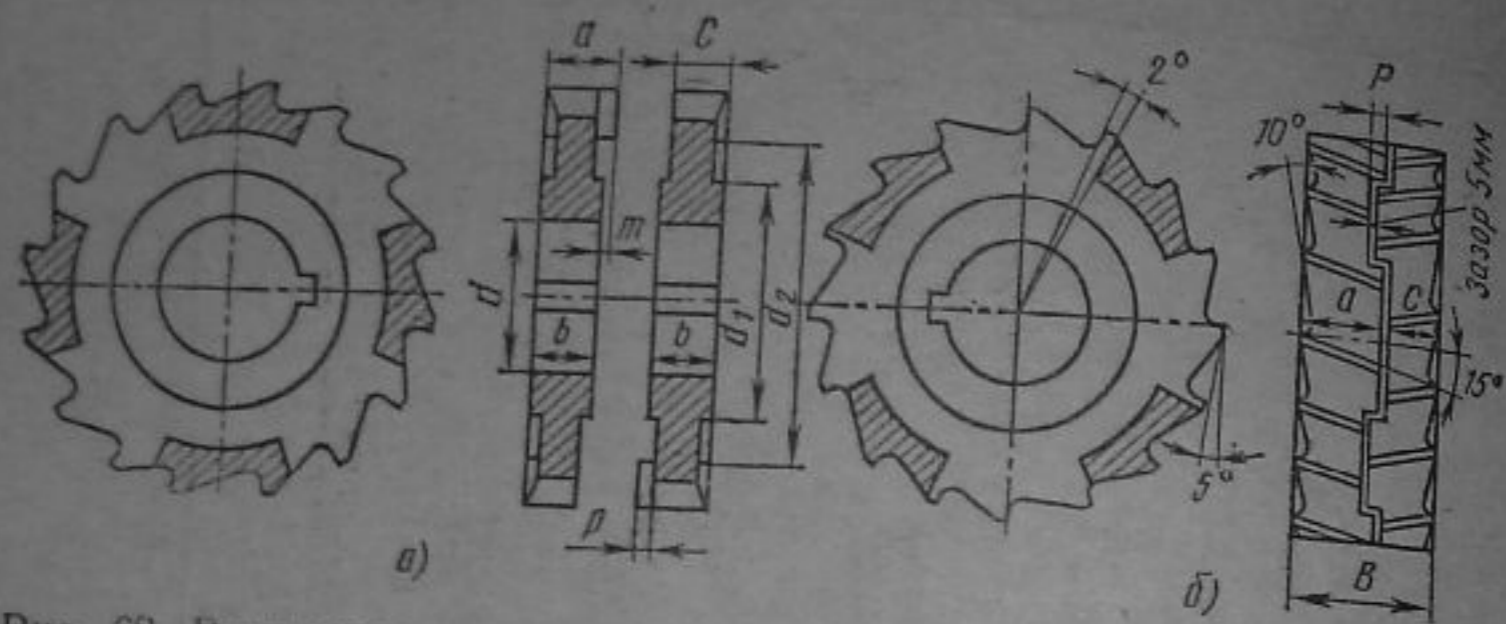


Рис. 62. Регулируемая трехсторонняя фреза с замковым соединением: а — левая; б — правая

режущих кромок. Обычно делают по четыре впадины и выступа и между ними предусматривают осевой зазор 0,5 мм. Высота выступа  $p = 2,5 \dots 4,5$  мм. Расстояние от поверхности ступицы до выступа  $m = 1 \dots 2$  мм.

Замковое соединение также целесообразно применять для трехсторонних пазовых фрез, у которых толщина уменьшается при первой же переточке (рис. 62). Такие фрезы иногда делают составными из двух частей. Для компенсации слоя, снимаемого при повторных заточках после затупления, между двумя частями фрезы закладывают простановочные кольца соответствующей толщины.

Толщина каждой части фрезы  $b$  равна 0,5 общей толщины фрезы в комплекте. Размер  $C = \frac{B}{2} - p + m$ .

Диаметры  $d_1$  и  $d_2$  выточек на торцах со стороны замков определяют из соотношений  $d_1 = (1,5 \dots 1,6) d$ ;  $d_2 = (2,0 \dots 2,5) d$ , где  $d$  — диаметр отверстия фрезы. Глубина выточки 1,5—3 мм.

По конструкции зубьев и других элементов указанные фрезы не отличаются от обычных трехсторонних фрез.

Примером набора фрез одновременной обработки нескольких поверхностей может служить набор, изображенный на рис. 63. Для фрезерования торцов заготовки служат две сборные двусторонние фрезы 1 и 2 с вставными ножами, оснащенными твердым сплавом (по ГОСТ 6469—69\*). Для обработки полукруглой выемки использована полукруглая выпуклая фреза 3 с затылованным профилем (по ГОСТ 9305—69\*). Плоские поверхности  $AB$  и  $CD$  обрабатываются дисковыми фрезами 4 и 5, толщина которых должна соответствовать размерам данной заго-

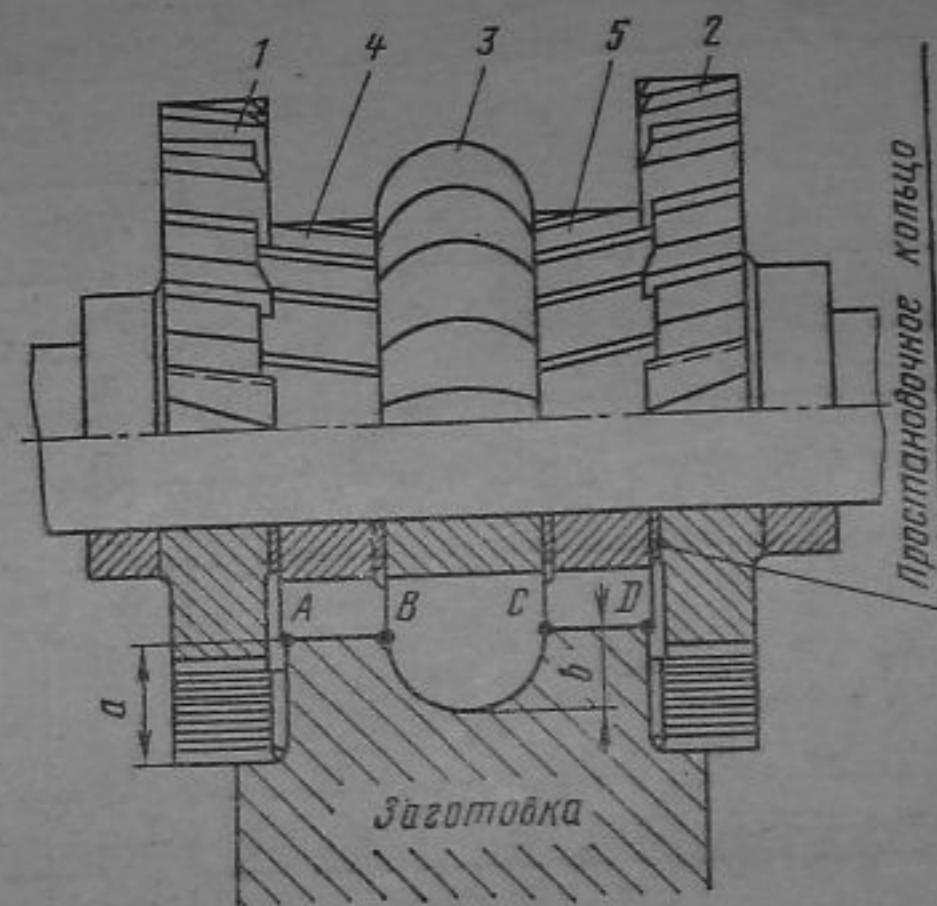


Рис. 63. Набор фрез для обработки фасонной поверхности

товки. По наружной поверхности набор фрез должен затачиваться так, чтобы размеры  $a$  и  $b$  остались постоянными после повторных заточек. Размеры вдоль оси оправки регулируют путем замены промежуточных колец. Как только набор фрез будет сконструирован, необходимо выполнить сборочный чертеж и рабочие чертежи специальных (нестандартных) фрез, входящих в данный набор.

#### 92. Данные к задаче 58

№ варианта	Материал заготовки	B	h	n
		мм		
1	Сталь 65Г, $\sigma_B = 400$ МПа ( $\approx 40$ кгс/мм <sup>2</sup> )	175	12	5
2	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 650$ МПа ( $\approx 65$ кгс/мм <sup>2</sup> )	190	10	4
3	Чугун СЧ 20, 200 НВ	70	8	2
4	Бронза БрО8Ц4, 70 НВ	100	5	3
5	Сталь 40ХС, 225 НВ	140	3	4
6	Сталь 35Х, $\sigma_B = 950$ МПа ( $\approx 95$ кгс/мм <sup>2</sup> )	225	3	5
7	Сталь 40Х, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	275	3	6
8	Сталь 60, 225 НВ	240	8	5
9	Бронза БрА7, 90 НВ	130	12	3
10	Чугун СЧ 30, 220 НВ	180	5	4



№ варианта	Материал заготовки	D	B	h
		мм		
1	Сталь 40ХН, 309 НВ	30	230	4
2		25	200	
3	Чугун СЧ 15, 170 НВ	60	225	5
4		50	210	
5	Сталь 50, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	60	340	6
6		0	300	
7		45		
8	Сталь 20Х13, 126 НВ	40	180	5
9	Чугун СЧ 35, 220 НВ	40	250	6
10		35	240	4

**Задача 58.** Рассчитать и сконструировать набор цилиндрических фрез с механическим креплением ножей для чернового фрезерования плоской поверхности заготовки шириной  $B$  и припуском на обработку  $h$ . Число фрез в наборе  $n$  (табл. 92).

94. Данные к задаче 60

№ варианта	Материал заготовки	B	h	Параметр шероховатости обрабатываемой поверхности, мкм
		мм		
1	Сталь 40Х13, 229 НВ	150	4	$Ra = 1$
2	Чугун СЧ 35, 210 НВ		10	$Rz = 63$
3	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 650$ МПа ( $\approx 65$ кгс/мм <sup>2</sup> )	300	12	$Rz = 32$
4	Сталь 40Х, $\sigma_B = 950$ МПа ( $\approx 95$ кгс/мм <sup>2</sup> )	400	16	$Rz = 63$
5	Чугун СЧ 20, 170 НВ	200	12	$Rz = 50$
6	Сталь 60, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )		65	2
7	Чугун СЧ 30, 190 НВ	80	4	$Rz = 32$
8	Чугун СЧ 20, 210 НВ	100	6	$Ra = 2$
9	Сталь 40ХС, 225 НВ	125	8	$Rz = 50$
10	Сталь 15Г, $\sigma_B = 500$ МПа ( $\approx 50$ кгс/мм <sup>2</sup> )	200	8	$Rz = 16$

№ варианта	D, мм	Зуб	Хвостовик
1	25	Крупный	Конический
2	28		Цилиндрический
3	25	Нормальный	Конический
4	31,5		
5	35,5		
6	40	Крупный	Конический
7	45		
8	50	Нормальный	Цилиндрический
9	16		
10	20		

**Задача 59.** Рассчитать и сконструировать концевую обдирочную фрезу диаметром  $D$  с коническим хвостовиком и торцовыми затылованными зубьями для черновой обработки заготовки шириной  $B$  с припуском на обработку  $h$  (табл. 93). Основные размеры фрезы выбрать по ГОСТ 20533—75\*, ГОСТ 20534—75\*, ГОСТ 20535—75\*, ГОСТ 20536—75\*, ГОСТ 20537—75\* и ГОСТ 20538—75\*, технические условия — по ГОСТ 15086—69\* или ГОСТ 20539—75\*. Для расчета фрезы воспользоваться литературой [1, 11].

**Задача 60.** Рассчитать и сконструировать сборную торцовую насадную фрезу с механическим креплением ножей, оснащенных твердым сплавом, для обработки заготовки с шириной фрезеруемой поверхности  $B$  и припуском на обработку  $h$ . Конструкцию фрезы выбрать по ГОСТ 24359—80\*, присоединительные размеры — по ГОСТ 27066—86 (табл. 94).

**Задача 61.** Сконструировать составную концевую фрезу диаметром  $D$  (мм) с неравномерным окружным шагом зубьев по ГОСТ 17025—71\* и ГОСТ 17026—71\* для обработки пазов в заготовке из стали 45 с  $\sigma_B = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>). Материал рабочей фрезы — быстрорежущая сталь Р18 (табл. 95).



№ варианта	$D$	$L$	Конструкция фрезы
	мм		
1	10	70	С цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 20536—75*
2		90	
3		115	
4	12,5	115	С коническим хвостовиком по ГОСТ 20537—75*
5	25	160	
6	32	190	
7	40	190	С цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 18372—73*
8	8	45	
9	10	50	
10	12	60	

Задача 62. Сконструировать составную концевую фрезу, оснащенную твердым сплавом, диаметром  $D$  и длиной  $L$  (табл. 96).

Задача 63. Сконструировать набор фрез для обработки заготовки по приведенной на рис. 64 схеме (для одного

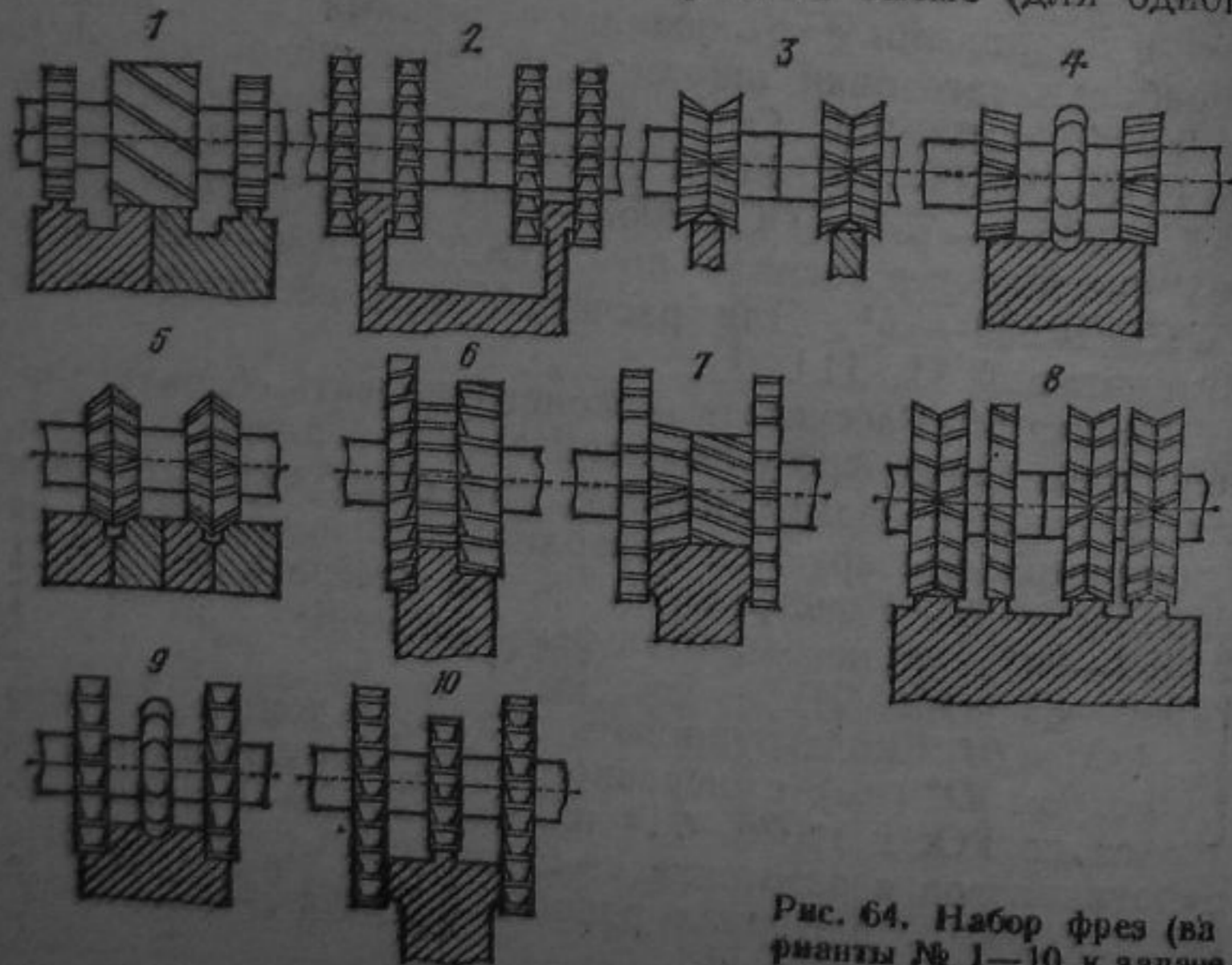


Рис. 64. Набор фрез (варианты № 1—10 к задаче 63)

№ варианта	$b$	$t$	$D$	$z$
1	22	20	125	22
2				
3				
4	25	10	100	20
5	20			
6	22	15	80	18
7	24			
8	26			
9	18	12	63	16
10	20			

из 10 вариантов). Размеры обрабатываемой заготовки назначить самостоятельно, выполнить сборочный чертеж набора фрез. В случае применения специальных (не предусмотренных стандартами) фрез разработать их рабочие чертежи.

Задача 64. Сконструировать дисковую сборную трехстороннюю пазовую фрезу с замковым соединением для фрезерования паза шириной  $b$  и глубиной  $t$  в заготовке из стали 45 с  $\sigma_B = 650$  МПа ( $\approx 65$  кгс/мм<sup>2</sup>). Основные размеры выбрать по ГОСТ 3755—78\* и СТ СЭВ 201—75. Диаметр фрезы  $D$  и число зубьев  $z$  приведены в табл. 97.

Задача 65. Рассчитать и сконструировать фасонную полукруглую выпуклую фрезу с за-

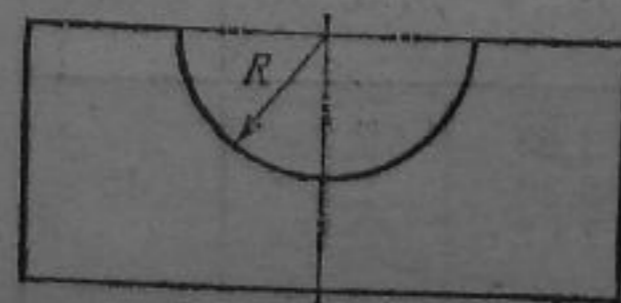


Рис. 65. Эскиз обрабатываемой поверхности заготовки к задаче 65

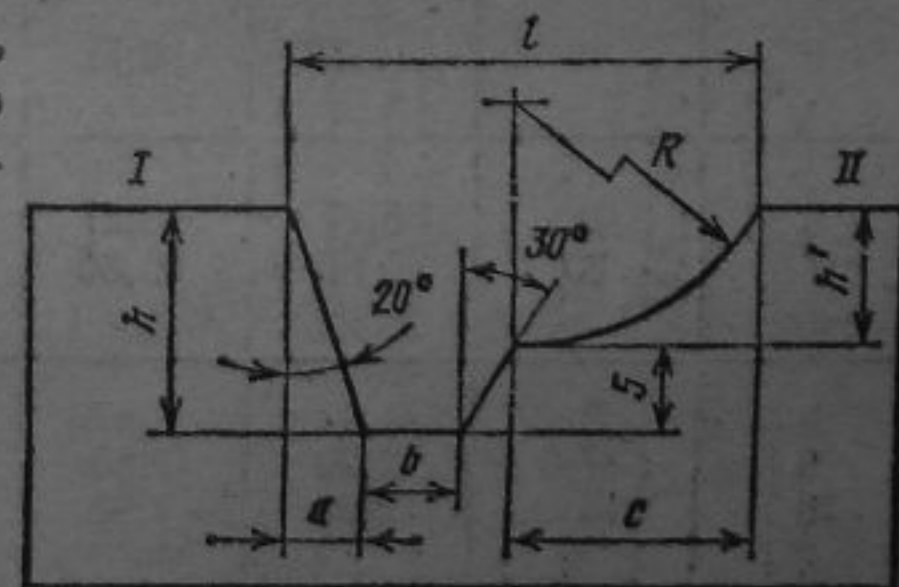


Рис. 66. Эскиз обрабатываемой поверхности заготовки к задаче 66



98. Данные к задаче 65 (размеры в мм)

№ варианта	$R$	$D$	$B$	$a$	$z$	
1	25,0	130	50	40	10	
2	20,0		40			
3	16,0	125	32			
4	12,0		24			
5	10,0	100	20			
6	8,0		16			
7	6,0	80	12	27		
8	5,0		10			
9	4,0	63	8	22		12
10	3,0		6			

99. Данные к задаче 66 (размеры в мм)

№ варианта	$R$	$h'$	$h$	$c$	$a$	$l$
1	25	7,32	12,32	17,67	4,48	35
2	30	8,78	13,78	21,21	5,02	
3	12	3,51	8,51	8,46	3,10	20
4	15	4,39	9,39	10,60	3,43	
5	40	11,72	16,72	28,28	6,08	50
6	18	5,27	10,27	12,70	3,74	25
7	20	5,86	10,86	14,14	3,95	
8	5	1,47	6,47	3,53	2,36	15
9	7,5	2,20	7,20	5,30	2,63	
10	10	2,93	7,93	7,07	2,89	

Примечания: 1. Для всех вариантов  $b = 5$  мм. 2. Размер  $l$  — ширина фрезеруемой поверхности.

затылованным зубом по ГОСТ 9305—69\* для обработки желобка радиусом  $R$  в заготовке (рис. 65) из стали 45 с  $\sigma_B = 650$  МПа ( $\approx 65$  кгс/мм<sup>2</sup>). Передний угол фрезы  $\gamma \neq 0$ . Диаметр фрезы  $D$ , ширина фрезы  $B$  и число зубьев  $z$  приведены в табл. 98.

Задача 66. Рассчитать и сконструировать фасонную фрезу с затылованным профилем для обработки заготовки (рис. 66) из стали 40 с  $\sigma_B = 500$  МПа ( $\approx 50$  кгс/мм<sup>2</sup>). Поверхности I и II не обрабатываются (табл. 99). Для расчета фрезы можно воспользоваться методикой и таблицами, приведенными в литературе [1, 2, 11].



§ 1. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

**Пример 51.** На горизонтально-протяжном станке 7523 производится протягивание предварительно обработанного цилиндрического отверстия диаметром  $D = 55H7(+0,03)$  мм и длиной  $l = 62$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2$  мкм. Заготовка штампованная из стали 40ХН твердостью 220 НВ. Обрабатывается одна заготовка. Производство — массовое. Протяжка круглая, переменного резания, из быстрорежущей стали Р18. Подача (подъем) черновых зубьев на сторону  $S_0 = 0,07$  мм/зуб. Шаг черновых зубьев  $t_0 = 12$  мм. Число зубьев в секции  $z_c = 2$ . Общая длина протяжки  $L = 570$  мм; длина протяжки до первого зуба  $l_1 = 265$  мм. Геометрические элементы протяжки: передний угол  $\gamma = 20^\circ$ ; задний угол на черновых зубьях  $\alpha = 3^\circ$ ; на чистовых зубьях  $\alpha = 2^\circ$ ; на калибрующих зубьях  $\alpha = 1^\circ$ . Эскиз обработки приведен на рис. 67.

Требуется: назначить режим резания; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [9]). 1. Назначаем режим резания при заданной конструкции протяжки. Подача является элементом конструкции протяжки и рассчитывается конструктором.

1. Устанавливаем группу обрабатываемости протягиваемого материала. По карте 1 (с. 44) сталь 40ХН твердостью 220 НВ относится к 1-й группе обрабатываемости.

2. Устанавливаем группу качества протягиваемой поверхности. По карте 2 (с. 50) цилиндрическое отверстие с полем допуска  $H7$  (старое обозначение — 2-й класс) с параметром шероховатости поверхности  $Ra = 2$  мкм ( $\nabla 6$ ) относится ко 2-й группе качества поверхности.

3. Выбираем вид смазочно-охлаждающей жидкости. По карте 23 (с. 76, 77) для протягивания стали 1-й группы

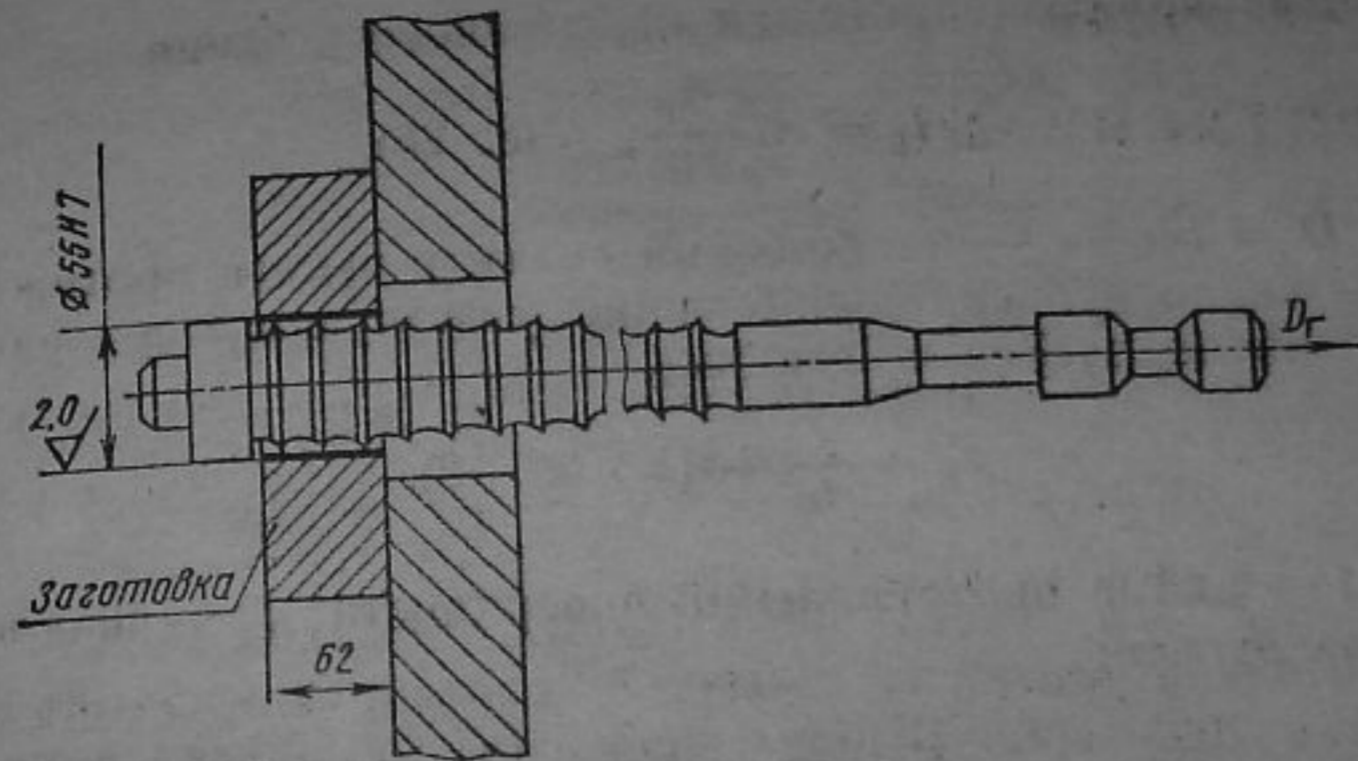


Рис. 67. Эскиз обработки к примеру 51

обрабатываемости и 2-й группы качества поверхности принимается сульфорезол (условное обозначение в карте «В»).

4. Определяем силу резания (в случаях, когда эта сила на чертеже протяжки не указана, а достаточна ли тяговая сила протяжного станка, вызывает сомнение).

Сила резания

$$P = q_0 \sum l_p K_p, \text{ (с. 17),}$$

где  $q_0$  — сила резания, кгс, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки;  $\sum l_p$  — суммарная длина режущих кромок зубьев, одновременно участвующих в работе, мм;  $K_p$  — общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий измененные условия работы.

Определяем  $q_0$  (карта 24, с. 79) для  $S_0 = 0,7$  мм и переднего угла  $\gamma = 20^\circ$ ;  $q_0 = 14,19$  кгс/мм.

Учитываем поправочные коэффициенты на силу резания (карта 25, с. 81—82):  $K_{P_M} = 1$ , так как сталь 1-й группы обрабатываемости и твердостью 220 НВ;  $K_{P_s} = 1$ , так как смазочно-охлаждающая жидкость — сульфорезол;  $K_{P_r} = 1$ , так как стружка разделяется на зубьях выкружками;  $K_{P_n} = 1$ , так как принята протяжка, перетачиваемая по передней поверхности, и 2-я группа качества протягиваемой поверхности.

Определяем  $\sum l_p$  для цилиндрических отверстий.



... Для круглых протяжек переменного резания

$$\sum l_p = \pi D \frac{z_p}{z_c}, \quad (\text{с. 26}),$$

где  $D = 55$  мм — наибольший диаметр зубьев протяжки;  
 $z_p$  — число зубьев, одновременно участвующих в работе;  
 $z_c$  — число зубьев в секции;

$$z_p = \frac{l}{t_0} + 1, \quad (\text{с. 18}),$$

где  $l$  — длина протягиваемой поверхности;  $t_0$  — шаг черновых зубьев;

$$z_p = \frac{62}{12} + 1 = 6,17.$$

Результат округляют до ближайшего меньшего целого числа, т. е.  $z_p = 6$ ;  $z_c = 2$  (по принятой конструкции протяжки, см. условие):

$$\sum l_p = \pi D \frac{z_p}{z_c} = 3,14 \cdot 55 \frac{6}{2} = 518 \text{ мм.}$$

Сила резания

$$P = q_0 \sum l_p K_{P_M} K_{P_0} K_{P_P} K_{P_N} = \\ = 14,19 \cdot 518 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 7350 \text{ кгс.}$$

В единицах СИ  $P = 9,81 \cdot 7350 = 72\,103$  Н.

5. Проверяем, достаточна ли тяговая сила станка. Протягивание возможно при  $P \leq Q$ , где  $Q$  — тяговая сила станка. У станка 7523  $Q = 10\,000$  кгс. Следовательно, протягивание возможно ( $7350 < 10\,000$ ).

6. Назначаем скорость главного движения резания (карта 4, с. 53, 54).

Для круглых протяжек 1-й группы обрабатываемости, 2-й группы качества протягиваемой поверхности и массового производства принята  $v = 8$  м/мин. Поправочный коэффициент на скорость  $K_{v_n} = 1$ , так как рекомендуется протяжка из быстрорежущей стали P18.

Корректируем найденную скорость главного движения резания по паспортным данным станка;  $v = 8$  м/мин может быть установлена на станке 7523, где осуществляется бесступенчатое регулирование скорости в пределах 1,5—11,5 м/мин.

Определяем скорость главного движения резания, допускаемую мощностью электродвигателя станка:

$$v_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 N_{\text{д}} \eta}{P}. \quad (\text{с. 23}).$$

По паспортным данным станка 7523 мощность его электродвигателя  $N_{\text{д}} = 18,5$  кВт, КПД  $\eta = 0,85$ ;

$$v_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 18,5 \cdot 0,85}{7350} = 13,1 \text{ м/мин.}$$

Таким образом, выполняется условие  $v \leq v_{\text{доп}}$  ( $8 < 13$ ). Следовательно, принимаем скорость главного движения резания  $v = 8$  м/мин ( $\approx 0,13$  м/с).

7. Находим стойкость протяжки. По карте 6 (с. 75) стойкость протяжек определяется в метрах суммарной длины протянутой поверхности до затупления протяжки. Значения стойкостей приведены в зависимости от скорости резания и подачи на зуб. Стойкость режущих зубьев протяжки указывается в карте отдельно для черновой и чистовой частей. В используемом справочнике во всех картах по определению стойкости протяжек жирной ломаной линией ограничены подачи черновых зубьев и соответствующие им стойкости, которые удовлетворяют условию равной стойкости черновых и чистовых зубьев (указанные подачи и стойкости приведены слева от жирной линии).

По карте 6 устанавливаем, что при  $v = 8$  м/мин условие равной стойкости будет достигнуто при подаче черновых зубьев  $S_0 = 0,25$  мм/зуб на сторону. В принятой конструкции протяжки предусмотрена меньшая подача черновых зубьев ( $S_0 = 0,07$  мм/зуб), при которой стойкость их  $T_M = 120$  м (найденно интерполированием значений  $T_M = 125$  м для  $S_0 = 0,06$  мм/зуб и  $T_M = 115$  м для  $S_0 = 0,08$  мм/зуб). Стойкость чистовых зубьев  $T_M = 68$  м. Так как чистовые зубья имеют меньшую стойкость, чем черновые, то стойкость протяжки в целом будет равна стойкости ее чистовых зубьев, т. е.  $T_M = 68$  м. Нормативная стойкость протяжки

$$T_{M,н} = T_M K_{T_B} K_{T_P} K_{T_M} K_{T_0} K_{T_D} K_{T_B}. \quad (\text{с. 16}).$$

По карте 23 (с. 90—93) учитываем поправочные коэффициенты на табличное значение стойкости  $T_M$ :  $K_{T_B} = 1$ , так как зубья протяжки перетачиваются по передней поверхности, протягивается цилиндрическое отвер-



стие и принята 2-я группа качества поверхности;  $K_{T_p} = 1$ , так как протяжка переменного резания;  $K_{T_a} = 1$ , так как заготовка штампованная, с предварительно обработанным отверстием;  $K_{T_m} = 1$ , так как материал протяжки — сталь P18;  $K_{T_s} = 1$ , так как смазочно-охлаждающая жидкость — сульфолфрезол;  $K_{T_d} = 1$ , так как протяжка с доведенными зубьями;

$$T_{м.в} = 68 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 68 \text{ м.}$$

8. Определяем число заготовок, протянутых между повторными заточками:

$$n_d = \frac{1000 T_{м.в}}{l}, \quad (\text{с. 13}),$$

где  $l$  — длина протягиваемой поверхности;

$$n_d = \frac{1000 \cdot 68}{62} = 1096 \text{ шт.}$$

II. Основное время

$$T_0 = \frac{L_{р.х}}{1000 v_q} K_1 i, \quad (\text{с. 19, 20}),$$

где  $q$  — число одновременно обрабатываемых заготовок;  $K_1$  — коэффициент, учитывающий обратный ускоренный ход;  $i$  — число рабочих ходов.

Длина рабочего хода протяжки  $L_{р.х} = l_{п} + l + l_{доп}$ .

Длина рабочей части протяжки  $l_{п} = L - l_1$ . По условию  $L = 570$  мм,  $l_1 = 265$  мм,  $l = 62$  мм. Тогда  $l_{п} = 570 - 265 = 305$  мм.

Перебег  $l_{доп} = 30 \dots 50$  мм; принимаем  $l_{доп} = 50$  мм. Таким образом,  $L_{р.х} = 305 + 62 + 50 = 417$  мм.

Коэффициент  $K_1 = 1 + \frac{v}{v_{о.х}}$ .

У станка 7523 скорость обратного хода  $v_{о.х} = 20$  м/мин;

$$K_1 = 1 + \frac{8}{20} = 1,4.$$

По условию обрабатывается одна заготовка, т. е.  $q = 1$ ; число проходов  $i = 1$ ,

$$T_0 = \frac{417}{1000 \cdot 8 \cdot 1} 1,4 \cdot 1 = 0,073 \text{ мин.}$$

100. Данные к задаче 67 (линейные размеры в мм)

№ заготовки	Материал заготовки	Размеры отверстия		S <sub>с</sub>	L	l <sub>1</sub>	l <sub>с</sub>	z <sub>с</sub>	γ, °	Конструктивные элементы протяжки		Модель станка
		D	l							Схема резания	7523	
1	Сталь 20, 155 HB	32H9	45	0,025	510	265	8	—	18	Профильная	7523	7534
2	Серый чугун, 190 HB	50H9	75	0,10	490	285	13	2	8	Переменного резания	7523	7534
3	Сталь 40X, 210 HB	45H7	58	0,025	580	278	10	—	—	Профильная	7523	7534
4	Сталь 12XНЗ, 215 HB	65H7	110	0,08	780	320	18	2	15	Переменного резания	7523	7534
5	Серый чугун, 170 HB	60H9	100	0,05	650	320	16	—	5	Профильная	7523	7534
6	Сталь 30XГС, 240 HB	35H7	44	0,025	510	265	8	—	12	»	7523	7534
7	Сталь 38ХА, 200 HB	40H7	52	0,10	445	272	9	2	15	Переменного резания	7523	7534
8	Серый чугун, 220 HB	55H7	65	0,10	450	285	12	2	5	То же	7523	7534
9	Сталь 45, 198 HB	28H9	40	0,02	510	265	8	—	15	Профильная	7523	7534
10	Сталь 20XНЗА, 232 HB	70H7	125	0,07	820	335	20	3	12	Переменного резания	7523	7534

Примечание. α = 3°.



**Задача 67.** На горизонтально-протяжном станке протягивают цилиндрическое отверстие диаметром  $D$  и длиной  $L$ . Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2$  мкм. Одновременно обрабатывается одна заготовка. Протяжка изготовлена из быстрорежущей стали P18. Конструктивные элементы протяжки: подъем на зуб на сторону (подача)  $S_0$ ; общая длина  $L$ ; длина до первого зуба  $l_1$ ; шаг режущих зубьев (черновых)  $t_0$ . Число зубьев в секции  $z_c$  (для протяжек переменного резания). Геометрические элементы: передний угол  $\gamma$ ; задний угол на режущих (черновых) зубьях  $\alpha$  (табл. 100). Необходимо: назначить режим резания; определить основное время. При решении задач кроме нормативов [9] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16, 18].

## § 2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК

Различают протяжки для внутреннего (для обработки отверстий) и наружного протягивания. К этой группе режущего инструмента для обработки отверстий относятся прошивки. В отличие от протяжек, работающих на растяжение, прошивки работают на сжатие. Наибольшее применение находят протяжки диаметром 10—75 мм, однако они могут быть также диаметром 3—300 мм.

**Протяжки для внутреннего протягивания.** Для обработки отверстий протягиванием заготовку обычно предварительно сверлят или зенкеруют. Протягивают также предварительно необработанные заготовки. В большинстве случаев протянутые поверхности дальнейшей обработке не подвергают, так как после обработки обеспечиваются 7—9-й качества ( $H7—H9$ ), а параметры шероховатости обработанной поверхности достигают  $Ra = 2,5 \dots 0,2$  мкм.

Материалом для протяжек служит легированная сталь ХВГ или быстрорежущие стали P9K5, P6M5, P9 и P18. При применении быстрорежущих сталей используют сварную конструкцию, причем хвостовик выполняют из стали 45X и стали других марок. Протяжки, оснащенные пластинами из твердого сплава, не получили широкого распространения вследствие сложности изготовления. Протяжки из быстрорежущей стали диаметром 50 мм и более допускается изготавливать цельными или с механическим креплением хвостовика.

Конструкции и размеры круглых протяжек приведены в ГОСТ 20364—74\* и ГОСТ 20365—74\*, для квадратных отверстий — по ГОСТ 26478—85; ГОСТ 26479—85; ГОСТ 26480—85, шпоночных для пазов — по ГОСТ 18217—80\*, ГОСТ 18218—80\*, ГОСТ 18219—80\*, ГОСТ 18220—80\*.

В зависимости от типа патрона, применяемого для крепления протяжки на станке (ГОСТ 16885—71\*), хвостовик протяжки выполняют различной конструкции. Хвостовики для круглых и шпоночных протяжек могут быть выполнены по ГОСТ 4043—70\* и ГОСТ 4044—70\* (табл. 101 и 102). В стандартах приведены конструкции хвостовиков других типов. Технические требования к протяжкам для шлицевых отверстий приведены в ГОСТ 6767—79\*, для цилиндрических отверстий — в ГОСТ 9126—76\*, для шпоночных протяжек — в ГОСТ 16491—80\*Е, для гранных отверстий — в ГОСТ 16492—70\*.

У рабочей и задней направляющей частей после термообработки должна быть твердость 63—66 HRC<sub>2</sub>.

Поверхности и все сопряжения радиусов стружечных канавок должны быть плавными, без уступов и других дефектов заточки.

Параметры шероховатости рекомендуются следующие: задних и передних поверхностей всех зубьев —  $Rz \leq \leq 1,6$  мкм, поверхностей спинок зубьев, радиусов стружечных и стружкоразделительных канавок и выкружек —  $Rz \leq 6,3$  мкм, поверхностей передней и задней направляющих —  $Ra \leq 0,63$  мкм, поверхностей хвостовика —  $Ra \leq 1,25$  мкм.

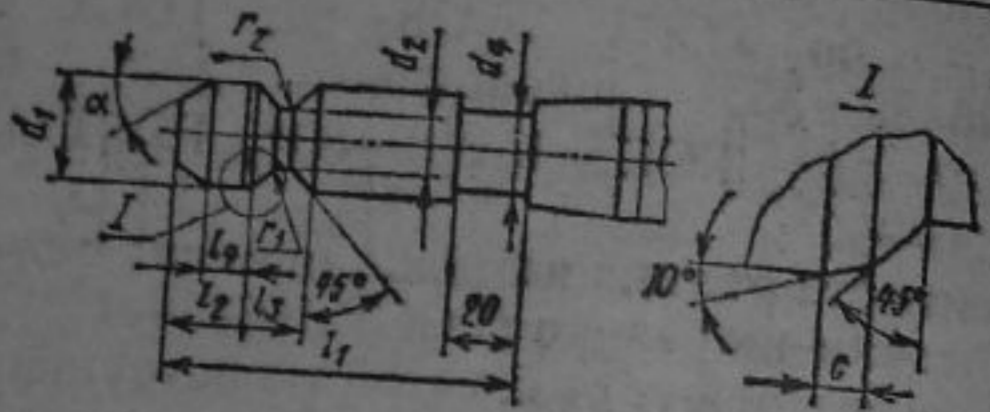
На шейке хвостовика каждой протяжки должна быть нанесена следующая маркировка: обозначение протяжки (номер и код детали, для которой предназначен инструмент); диаметр и обозначение поля допуска отверстия; порядковый номер протяжки в комплекте; пределы длины протягиваемых заготовок; марка стали протягиваемых заготовок; номинальные значения переднего угла; марка стали рабочей части протяжки; товарный знак (символ) предприятия-изготовителя.

Методика расчета и конструирования наиболее распространенных типов протяжек описана в литературе [1, 2, 11, 19].

**Пример 52.** Рассчитать и сконструировать круглую протяжку для обработки цилиндрического отверстия диа-

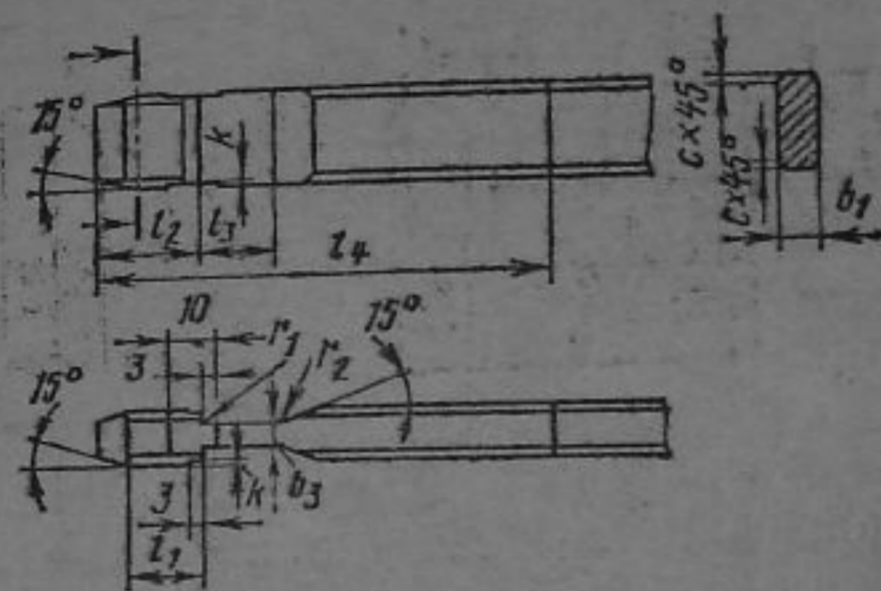


101. Размеры крутых хвостовиков протяжек (ГОСТ 4044—70\*)



$d_1$ с8.	$d$ (с11)	$d_2$ (0,5-1)	$c$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$r_1$	$r_2$	$\alpha, ^\circ$											
12	8	12	0,5	120	20	20	12	0,2	0,6	10											
14	9,5	14						140		25	25	16	0,3	1,0	20						
16	11	16													160	32	32	20	0,4	1,6	30
18	13	18																			
20	15	20	1,5	210	40	40	25	0,6	4,0	20											
22	17	22									160	32	32	20	0,4	1,6	30				
25	19	25																180	32	32	20
28	22	28									210	40	40	25	0,6	4,0	30				
32	25	32	2	240	50	50	32	0,8	6,0	20											
36	28	36									180	32	32	20	0,5	2,5	30				
40	32	40																210	40	40	25
45	34	45									240	50	50	32	0,8	6,0	30				
50	38	50	1,5	180	32	32	20	0,4	1,6	30											
56	42	56									210	40	40	25	0,6	4,0	30				
63	48	63																240	50	50	32
70	53	70									2	240	50	50	32	0,8	6,0				
80	60	80	210	40	40	25	0,6	4,0	30												
90	70	90								240								50	50	32	0,8
100	75	100	1,5	180	32	32	20	0,4	1,6												

102. Размеры, мм, плоских хвостовиков протяжек (ГОСТ 4043—70\*)



$b_1$ (с11)	$b_3$ (с11)	$l_1$ min	$l_2$ min	$l_3$	$l_4$	$c$	$k$	$r_1$	$r_2$
4	2,5	14	20	16	180	0,5	0,1	0,2	0,6
5	3,2								
6	4	17	25	18	200	0,8	0,15	0,3	1,0
7	4,5								
8	5								
10	7								
12	8	20	30	28	220	1	0,2	0,4	1,6
14	10								
16	12								
18	13	20	30	28	250	1	0,25	0,5	2,5
20	15								
22	16,5								
24	18								
25	19								
28	21	28	40	36	250	1	0,25	0,5	2,5
32	24								
36	28								
40	32	28	40	36	250	1	0,25	0,5	2,5
45	36								
50	40	28	40	36	250	1	0,25	0,5	2,5



метром  $D = 25H7(+0,021)$  и длиной  $l_n = 50 \pm \frac{1716}{2} \times (\pm 0,95)$  в заготовке зубчатого колеса из стали 45 с  $\sigma_n = 700$  МПа ( $\approx 70$  кгс/мм<sup>2</sup>). Отверстие протягивают после сверления до диаметра  $D_0 = 24H11(+0,13)$  на горизонтально-протяжном станке 7523. Патрон быстросменный автоматический по ГОСТ 16885—71\*.

Решение 1. Припуск на диаметр под протягивание  $A = D - D_0 = 25 - 24 = 1$  мм. Припуск под протягивание отверстий и значения допусков предварительного диаметра отверстий могут быть определены для цилиндрических отверстий — по табл. 103, для прямоугольных и квадратных отверстий — по табл. 104.

Для наружных протяжек припуск на сторону, мм: под обработку отливок — 2—6, под протягивание предварительно обработанных поверхностей — 0,25—1,0.

2. Подъем на зуб на сторону  $S_z$  выбирают по табл. 105. Величину  $S_z$  можно также выбирать по нормативам режимов резания для протягивания (см., например [9]). Принимаем  $S_z = 0,03$  мм.

Между режущими и калибрующими зубьями делают несколько (два—четыре) зачищающих зубьев с постоянно убывающим подъемом на зуб. Для нашего примера принимаем  $z_a = 3$  и распределяем подъем на зуб следующим образом:  $1/2 S_z \approx 0,015$  мм;  $1/3 S_z \approx 0,01$  мм;  $1/6 S_z \approx 0,004$  мм.

3. Профиль, размеры зуба и стружечных канавок между зубьями выбирают по табл. 106 в зависимости от площади слоя металла, снимаемого одним режущим зубом протяжки. Необходимо, чтобы площадь сечения стружечной канавки между зубьями отвечала условию

$$k = \frac{F_n}{F_c} = 2 \dots 5,$$

где  $k = 3$  — коэффициент заполнения канавки (выбираю по табл. 107);  $F_n$  — площадь сечения канавки, мм<sup>2</sup>;  $F_c$  — площадь сечения среза металла, снимаемого одним зубом, мм<sup>2</sup>;  $F_c = l_n S_z = 50 \cdot 0,03 = 1,5$  мм<sup>2</sup>.

Находим  $F_n = k F_c = 3 \cdot 1,5 = 4,5$  мм<sup>2</sup>. Пользуясь табл. 106 для ближайшего большего значения  $F_n = 5,8$  мм<sup>2</sup>, при прямолинейной форме стружечной канавки зуба принимаем: шаг протяжки  $t = 7$  мм; глубина канавки  $h = 2,3$  мм; длина задней поверхности  $b = 3$  мм; радиус закругления канавки  $r = 1,25$  мм.

103. Припуск под протягивание цилиндрических отверстий (размеры в мм)

Длина протягиваемого отверстия	Припуск после сверления отверстия		Диаметр протягиваемых отверстий						Припуск после растачивания или зенкерования отверстия			
	10—18	18—30	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120
6—10	0,4	0,5	—	—	—	—	—	0,2	0,3	—	—	—
10—18	0,5	0,6	0,2	0,3	—	—	—	0,3	0,4	0,4	—	—
18—30	0,6	0,8	0,4	0,5	0,6	—	—	0,4	0,5	0,5	0,6	—
30—50	0,8	1,0	0,5	0,6	0,8	1,0	—	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
50—80	—	—	—	—	—	—	1,2	—	—	—	—	—
80—120	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—	—	—
120—180	—	—	—	—	—	—	1,6	—	—	—	—	—
Св. 180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

И р и м е ч а н и е. Допуск предварительного диаметра отверстия следует принимать: а) после сверления — с полем H11 для отверстий, длина которых не превышает одного диаметра, с полем H12 для отверстий большей длины; б) после зенкерования или растачивания — соответственно с полями H8 или H11.



104. Припуск под протягивание прямоугольных и квадратных отверстий и допуск предварительного диаметра (размеры в мм)

Наибольшее сечение протягиваемого отверстия	Припуск по ширине и высоте профиля	Допуск предварительного отверстия диаметром
10—18	0,8	+0,24
18—30	1,0	+0,28
30—50	1,2	+0,34
50—80	1,5	+0,40
80—120	1,8	+0,46

Шаг калибрующих зубьев  $t_k$  круглых протяжек принимаем равным 0,6—0,8 шага режущих зубьев (для остальных типов протяжек  $t_k = t$ ). Для данного примера принимаем  $t_k = 0,8 t = 0,8 \cdot 7 = 5,6$  мм.

Для получения лучшего качества обработанной поверхности шаг режущих зубьев протяжки делают переменным: от  $t + (0,2 \dots 1)$  до  $t - (0,2 \dots 1)$  мм. Принимаем изменение шага  $\pm 0,2$  мм. Тогда из двух смежных шагов один равен  $7 + 0,2 = 7,2$  мм, а второй —  $7 - 0,2 = 6,8$  мм. Фаска  $f$  на калибрующих зубьях плавно увеличивается от первого зуба к последнему с 0,2 до 0,6 мм.

4. Геометрические элементы лезвия режущих и калибрующих зубьев выбираем по источникам [12, 18, 19]:  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 3^\circ 30'$ ;  $\alpha_k = 1^\circ$ . Число стружкоразделительных канавок и их размеры выбираем по табл. 108. Предельное отклонение передних углов всех зубьев  $\pm 2^\circ$ , задних углов режущих зубьев  $\pm 30'$ , задних углов калибрующих зубьев  $\pm 15'$ .

5. Максимальное число одновременно работающих зубьев

$$z_{\max} = \frac{l_n}{t} + 1 = \frac{50}{7} + 1 \approx 8.$$

6. Определяем размеры режущих зубьев. Диаметр первого зуба принимаем равным диаметру передней направляющей части:  $D_3 = D - A = 25 - 1 = 24$  мм. Диаметр каждого последующего зуба увеличиваем на  $2S_z$ . На последних трех зачищающих зубьях, предшествующих калибрующим зубьям, подъем на зуб постепенно уменьшаем по данным п. 2 рассматриваемого примера.

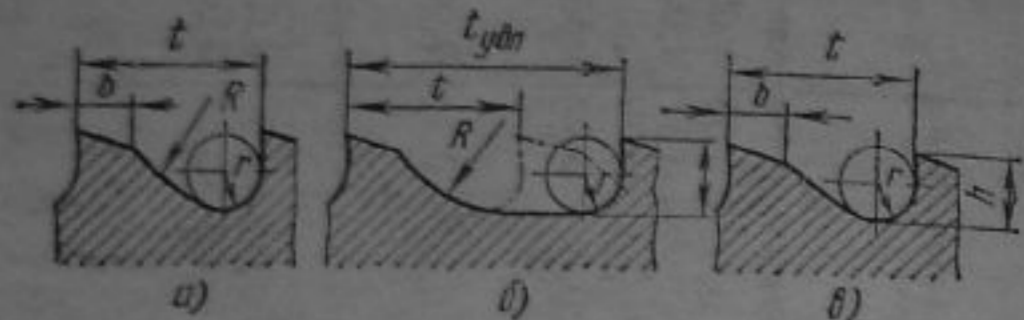
105. Подъем на зуб протяжки  $S_z$  на сторону, мм

Протяжки	$S_z$ при обработке							
	углеродистой и низколегированной стали	с $\sigma_B$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )		высоколегированной стали		чугуна	алюминия	бронзы и латуни
		500—750 (50—75)	св. 750 (св. 75)	до 800 (до 80)	св. 800 (св. 80)			
Круглые Шлицевые Шпоночные Прямоугольные и квадратные дратные	0,015—0,02	0,025—0,03	0,015—0,025	0,025—0,03	0,01—0,025	0,03—0,1	0,02—0,05	0,05—0,12
	0,04—0,06	0,05—0,08	0,03—0,06	0,04—0,06	0,025—0,05	0,04—0,1	0,02—0,1	0,05—0,12
	0,05—0,15	0,05—0,2	0,05—0,12	0,05—0,12	0,05—0,1	0,06—0,1	0,05—0,08	0,08—0,2
	0,03—0,12	0,05—0,15	0,03—0,12	0,03—0,12	0,03—0,1	0,05—0,2	0,05—0,08	0,06—0,2
Многогранные Острошлицевые и эвольвентные	0,015—0,08	0,02—0,15	0,015—0,12	0,015—0,1	0,015—0,08	0,03—0,15	0,02—0,1	0,06—0,2
	0,03—0,05	0,04—0,06	0,03—0,05	0,03—0,05	0,02—0,04	0,04—0,08	—	—
Фасонные Для переменного резания (обдирочные секции)	0,02—0,05	0,03—0,06	0,02—0,05	0,02—0,05	0,02—0,04	0,03—0,1	0,02—0,5	0,05—0,12
	0,03—0,3	0,03—0,2	0,03—0,12	0,03—0,2	0,03—0,1	0,03—0,3	0,03—0,5	0,03—0,5

Примечание. В условиях массового производства для обеспечения хорошей размерной стойкости протяжки рекомендуется выбирать среднее значение  $S_z$ . Для протяжек из стали ХВГ следует выбирать меньшие значения, а для протяжек из сталей Р9 и Р18 — большие значения  $S_z$ .



106. Размеры профилей зубьев протяжек



Шаг протяжки	Криволинейная форма стружечной канавки (эскиз а и б)					Прямолинейная форма стружечной канавки (эскиз в)				
	h	b	r	R	F <sub>к</sub> , мм <sup>2</sup>	h	b	r	F <sub>к</sub> , мм <sup>2</sup>	
	мм					мм				
4	1,6	1,5	0,8	2,5	1,91	—	—	—	—	
5	2,0		1,0	3,5	3,14	—	—	—	—	
6	2,5	2	1,25	4	4,91	2,0	2,5	1,0	3,0	
7	3	2,5	1,5		7,06	2,3	3,0	1,25	5,8	
8	3	3	2,0	5	7,06	2,7	3,5	1,5	7,0	
10	4			7	12,6	3,6	4,0	2,0	12,5	
12	5	4	2,5	8	19,62	4,5	4,5	2,5	19,3	
14	6		3,0	10	28,25	5,4	5,0	3,0	27,9	
16	7	3,5	3,5	12	38,46	6,3	5,5	3,5	38,0	
18	8				7,2	6,0	4,0	49,6		
20	9	4,5	4,5	14	63,58	8,1	6,5	4,5	62,7	
22	10				9,0	7,0	5,0	78,0		

Примечания: 1. Для каждой глубины стружечной канавки *h* разрешается применять профиль с удлиненным шагом *t<sub>удл</sub>* при сохранении остальных элементов. Профиль выполняется тем же резцом путем его продольного перемещения.  
2. Криволинейная форма стружечной канавки (см. эскизы а и б) обеспечивает хорошие условия стружкозавивания и применяется в первую очередь на протяжках переменного и других сложных схем резания.

107. Коэффициент *k* заполнения стружечной канавки зуба протяжки

Подъем на зуб <i>S<sub>z</sub></i> , мм	Материал заготовок				
	Сталь с $\sigma_B$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )			Чугун, бронза, латунь	Алюминий, медь, баббит
	до 400 (до 40)	400—700 (40—70)	св. 700 (св. 70)		
До 0,03	3	2,5	3	2,5	2,5
0,03—0,07	4	3	3,5	2,5	3
Св. 0,07	4,5	3,5	4	3	3,5

7. Диаметр калибрующих зубьев  $D_k = D_{max} \pm \delta = 25,021 - 0,005 = 25,016$  мм, где  $D_{max} = 25,021$  мм — максимальный диаметр обработанного отверстия;  $\delta$  — изменение диаметра отверстия после протягивания (при увеличении диаметра отверстия — со знаком «—», а при уменьшении — со знаком «+»);  $\delta$  определяем для каждого материала и толщины стенок протягиваемой заготовки опытным путем. В большинстве случаев при протягивании заготовок из стали увеличение диаметра отверстия составляет 0,005—0,01 мм; при протягивании заготовок из вязких сталей уменьшение достигает 0,01 мм. При обработке отверстий с большими полями допусков (11—17-й качества) диаметр калибрующих зубьев  $D_k = D_{max} - (0,01 \dots 0,015)$  мм. Вычисленные размеры зубьев сводят в табл. 109, помещаемую в рабочий чертеж протяжки. Предельные отклонения диаметров режущих зубьев не должны превышать 0,01 мм, а калибрующих зубьев 0,005 мм.

8. Число режущих зубьев подсчитываем по формуле и затем уточняем по таблице размеров зубьев:

$$z_p = \frac{A}{2S_z} + (2 \dots 3),$$

где *A* — припуск на протягивание;  $A = D - D_s = 25 - 24 = 1$  мм;

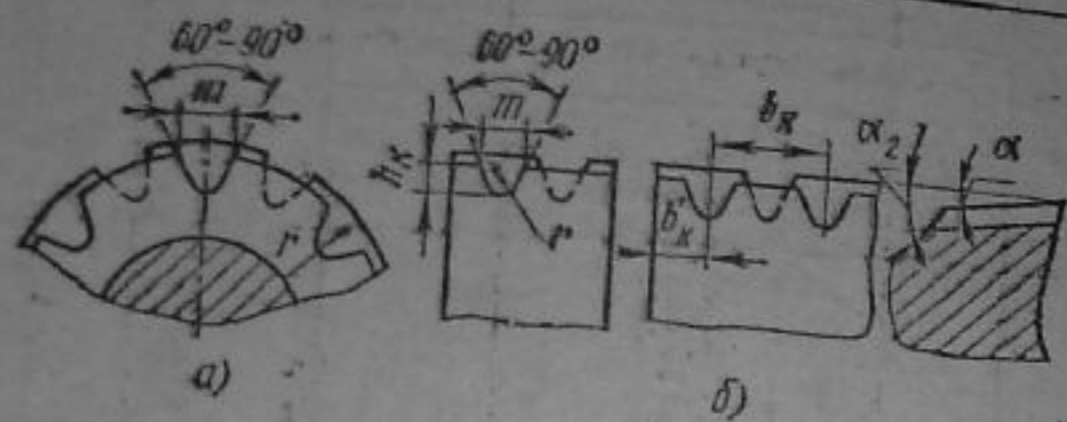
$$z_p = \frac{1}{2 \cdot 0,03} + 2 = 18.$$

Принимаем  $z_p = 17$  (см. п. 7).

9. Число калибрующих зубьев зависит от типа протяжки:



108. Число и размеры, мм, стружкообразовательных канавок на режущих зубьях протяжек



Цилиндрические протяжки (эскиз а)

Диаметр протяжки $D$	Число канавок $n$	$m$	$h_k$	$r$
10—18	6	0,6—0,8	0,4—0,6	
13—16	8			
16—20	10			
20—25	12			
25—30	14	0,8—1,0	0,5—0,7	0,2—0,3
30—35	16			
35—40	18			
40—45	20			
45—50	22			
50—55	24			
55—60	28			
60—65	30	1,0—1,2	0,7—0,8	0,3—0,4
65—70	32			
70—75	34			
75—80	36			

Шпоночные, шлицевые и плоские протяжки (эскиз б)

Ширина зуба протяжки $B$	Число канавок $n$	$m$	$h_k$	$r$
6—8	1	0,8—1,0		
8—10	1			
10—20	2		0,5—0,7	0,2—0,3
20—30	3			
30—45	4			
45—60	6			
65—75	8	1,0—1,2		
75—100	10			
100—125	12		0,7—0,8	0,3—0,4
125—150	14			

Примечания: 1. Расстояние между канавками  $b_k = \frac{\pi D}{n}$  или  $b_k = \frac{B}{n}$ .  
 2. Расстояние от боковой стороны протяжки до первой канавки  $b'_k = 0,4b_k$ .  
 3. Дно канавки параллельно задней поверхности,  $\alpha_2 = \alpha$ .

109. Диаметры, мм, зубьев протяжки (к примеру 52)

№ зуба	Диаметр	№ зуба	Диаметр
1	24,00	14	24,78
2	24,06	15	24,84
3	24,12	16	24,90
4	24,18	17	24,96
5	24,24	18	24,99
6	24,30	19	25,01
7	24,36	20	
8	24,42	21	
9	24,48	22	
10	24,54	23	25,016
11	24,60	24	
12	24,66	25	
13	24,72	26	

Протяжка  
 Цилиндрическая для отверстий 7-го и 8-го квалитетов . . . . .  $z_k$  7—8  
 Цилиндрическая для отверстий квалитетов 11—17-го . . . . . 5—6  
 Шлицевая, острошлицевая, эвольвентная . . . . . 5  
 Шпоночная, прямоугольная . . . . . 4  
 Предварительная (из комплекта) всех типов . . . . . 2—4

В данном примере принимаем  $z_k = 6$ .  
 10. Длину протяжки от торца хвостовика до первого зуба принимают в зависимости от размеров патрона, толщины опорной плиты, приспособления для закрепления заготовки, зазора между ними, длины заготовки и других элементов (рис. 68):

$l_0 = l_B + l_3 + l_5 + l_7 + l_9 + l_{11}$ , где  $l_B$  — длина входа хвостовика в патрон, зависящая от конструкций патрона (принимаем  $l_B = 120$  мм);  $l_3$  — зазор между пат-

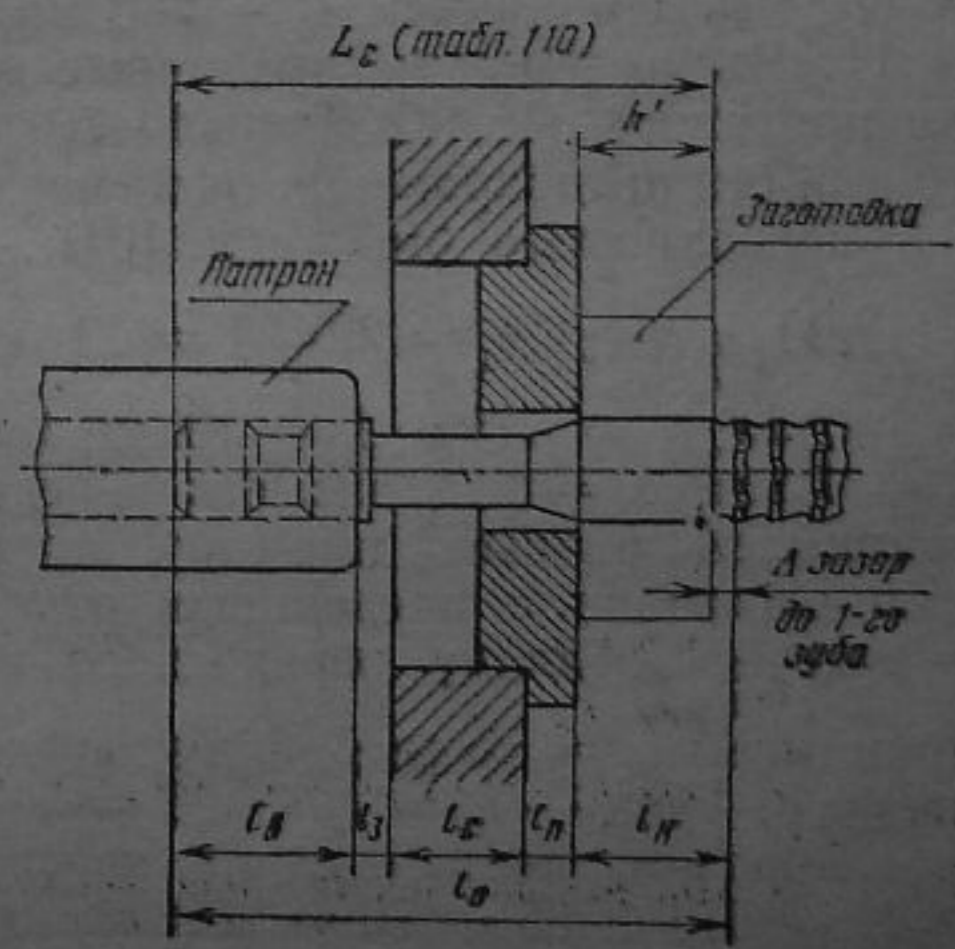


Рис. 68. Схема для определения длины протяжки от торца хвостовика до первого зуба



110. Минимальная длина  $L_c$  (к рис. 68)

Модель станка	Патрон	$L_c$ , мм
7523	Быстросменный автоматический	$220 + h'$
7534 7A540	Быстросменный автоматический и клиновой	$280 + h'$ 580

Примечания: 1.  $h'$  — размер обрабатываемой заготовки от опорного конца планшайбы до торца заготовки со стороны входа протяжки.  
2. Приведенные размеры даны для планшайб, поставляемых заводом-изготовителем со станками.

роном и стенкой опорной плиты станка, равный 5—20 мм (принимаем  $l_3 = 15$  мм);  $l_c$  — толщина стенки опорной плиты протяжного станка (принимаем  $l_c = 65$  мм);  $l_n$  — высота выступающей части планшайбы (принимаем  $l_n = 30$  мм);  $l_n$  — длина передней направляющей (с учетом зазора  $\Delta$ );  $l_n = (0,75 \dots 1) l_n = 50$  мм. Находим  $l_0 = 120 + 15 + 65 + 30 + 50 = 280$  мм. Длину хвостовика надо проверить графически во время вычерчивания рабочего чертежа протяжки. Затем длину  $l_0$  следует проверить с учетом длины протягиваемой заготовки согласно табл. 110:  $l_0 \geq L_c$ ; так как в нашем примере  $h' = l_n = 50$  мм, то  $L_c = 220 + h' = 220 + 50 = 270$  мм. Принимаем  $l_0 = 280$  мм.

11. Выбираем конструктивные размеры хвостовой части протяжки. По ГОСТ 4044—70\* принимаем хвостовик типа 2, без предохранения от вращения с наклонной опорной поверхностью (см. табл. 101):  $d_1 = 22e8^{(-0,040)}_{(-0,073)}$ ;  $d_2 = 17c11^{(-0,095)}_{(-0,205)}$ ;  $d_4 = 22 - 1 = 21$  мм;  $c = 0,5$  мм;  $l_1 = 140$  мм;  $l_2 = 25$  мм;  $l_4 = 16$  мм;  $l_5 = 20$  мм;  $r_1 = 0,3$  мм;  $r_2 = 1$  мм;  $\alpha = 30^\circ$ ; диаметр передней направляющей  $d_6$  принимаем равным диаметру предварительного отверстия заготовки с предельным отклонением по  $e8$ :  $d_6 = 24e8^{(-0,040)}_{(-0,073)}$ ; длину переходного конуса конструктивно принимаем  $l_n = 65$  мм; длину передней направляющей до первого зуба —  $l_n = l_n + 25 = 50 + 25 = 75$  мм. Таким образом, полная длина хвостовика  $l_0 = l_1 + l_n + l_n = 140 + 65 + 75 = 280$  мм (рис. 69).

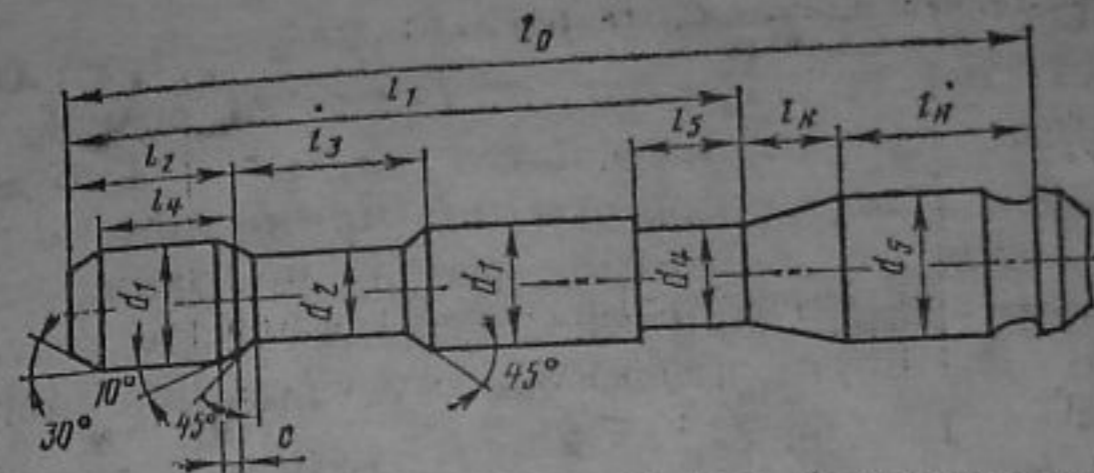


Рис. 69. Хвостовик протяжки под быстросменный автоматический патрон

Диаметр задней направляющей протяжки должен быть равен диаметру протянутого отверстия с предельным отклонением по  $f7$ , прочие размеры задней направляющей — по табл. 111.

12. Определяем общую длину протяжки:  $L_0 = l_0 + l_p + l_4 + l_n + l_3$ , где  $l_0 = 280$  мм;  $l_p$  — длина режу-

111. Размеры, мм, задней направляющей протяжек

Диаметр задней направляющей $D_n$	Длина задней направляющей $l_3$	Размер фаски $t$
До 13	20	0,5
13—23	20	1,0
23—30	25	1,5
30—35	30	1,5
35—40	35	1,5
45—50	40	2,0
55—60	45	2,0
60—70	50	2,0
70—90	60	2,5
90—100	70	2,5
Св. 100	80	3,0

Примечания: 1. Для круглой протяжки  $D_n$  равен наименьшему диаметру протянутого отверстия. Предельное отклонение диаметра задней направляющей — по  $f7$ . 2. Для шлицевой протяжки  $D_n$  должен быть меньше внутреннего диаметра шлицевого отверстия на 0,5—0,8 мм.



щих зубьев;  $l_p = lz_p = 7 \cdot 17 = 119$  мм;  $l_4$  — длина зачищающих зубьев;  $l_4 = lz_3 = 7 \cdot 3 = 21$  мм;  $l_k$  — длина калибрующих зубьев;  $l_k = l_k z_k = 5,6 \cdot 6 = 33,6 \approx 34$  мм;  $l_3$  — длина задней направляющей (принимается по табл. 111 в зависимости от диаметра задней направляющей  $D_{II}$ ). Этот диаметр равен наименьшему диаметру протянутого отверстия:  $D_{II} = D_{\min} H7 = 25$  мм, выполненного с полем допуска  $f7$ , т. е.  $D_{II} = 25 f7 \begin{matrix} (-0,020) \\ (-0,041) \end{matrix}$ ;  $l_3 = 25$  мм. Тогда  $L_0 = 280 + 119 + 21 + 34 + 25 = 479$ . Принимаем  $L_0 = 480 j_s 17 (\pm 3, 15)$ .

Если общая длина протяжки превышает наибольшую длину хода станка, то делают комплект протяжек. Общее число режущих зубьев делят на принятое число рабочих ходов. Диаметр первого режущего зуба протяжки данного прохода принимают равным диаметру калибрующих зубьев протяжки предыдущего прохода.

13. Максимально допустимая главная составляющая силы резания ([19], с. 126, 127)

$$P_{z \max} = 9,81 C_p S_z^x D z_{\max} K_\gamma K_c K_{II}$$

Поправочные коэффициенты на измененные условия резания:  $K_\gamma = 1$  (для  $\gamma = 15^\circ$ );  $K_c = 1$  (при применении смазочно-охлаждающей жидкости);  $K_{II} = 1$  (для зубьев протяжки со стружкоразделительными канавками); тогда сила резания

$$P_{z \max} = 9,81 \cdot 700 \cdot 0,03^{0,85} \cdot 25 \cdot 8 = 9,81 \cdot 700 \cdot 0,05 \cdot 25 \cdot 8 = 70\,000 \text{ Н } (\approx 7\,000 \text{ кгс}).$$

Главную составляющую силы резания можно определить, пользуясь литературой [1] (табл. 18, с. 202).

Если полученная сила  $P_{z \max}$  превышает тяговую силу станка, приведенную в его паспортных данных, необходимо уменьшить  $z_{\max}$  (т. е. увеличить шаг зубьев) или уменьшить подъем на зуб  $S_z$ . В данном случае тяговая сила станка равна 10 000 кгс ( $\approx 100\,000$  Н); следовательно, обработка возможна.

14. Проверяем конструкцию протяжки на прочность. Рассчитаем конструкцию на разрыв во впадине первого зуба

$$\frac{P_{z \max}}{F} \leq \sigma,$$

112. Допустимое напряжение для материала протяжек и прошивок

Инструмент	$\sigma$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> ), для материала режущей части	
	Быстрорежущие стали	Легированные стали
Круглые, шлицевые, эвольвентные, елочные протяжки	350 (35)	300 (30)
Шпоночные, плоские и другие протяжки с несимметричным приложением нагрузки	200 (20)	150 (15)
Прошивки	600 (60)	600 (60)

Примечание. Для конструкционных сталей, из которых изготовлен хвостовик, если инструмент сварной,  $\sigma = 250$  МПа (25 кгс/мм<sup>2</sup>).

где площадь опасного сечения во впадине первого зуба

$$F = \frac{\pi (D_3 - 2h)^2}{4} = \frac{3,14 (24 - 2 \cdot 2,3)^2}{4} = 296 \text{ мм}^2;$$

$\sigma$  — напряжение в опасном сечении (если площадь опасного сечения хвостовика  $F_x < F$ , то расчет надо вести по  $F_x$ );

$$\sigma = \frac{7000}{296} = 233 \cdot 10^6 \text{ Па} = 233 \text{ МПа } (\approx 23,7 \text{ кгс/мм}^2).$$

Напряжение в опасном сечении  $\sigma$  не должно превышать допустимого напряжения (табл. 112).

Приведем аналогичный расчет для сечения хвостовика ( $D_1 = 17$  мм):

$$F_x = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{3,15 \cdot 17^2}{4} = 227 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma = \frac{7000}{277} = 30,8 \text{ кгс/мм}^2 (\approx 304 \text{ МПа}).$$

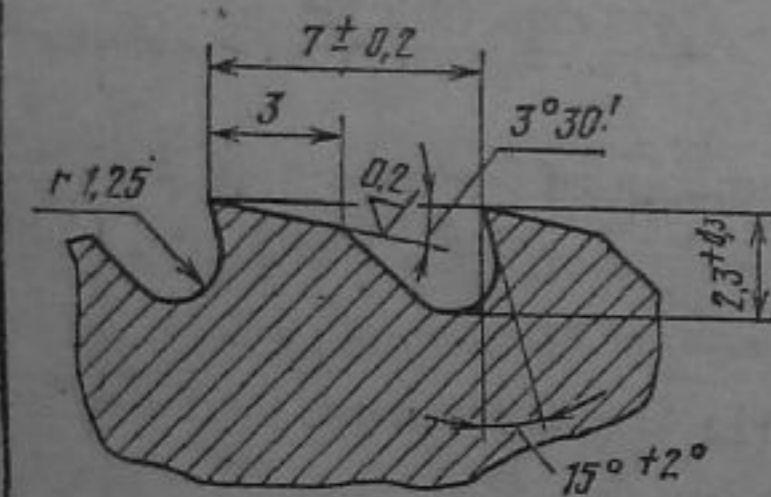
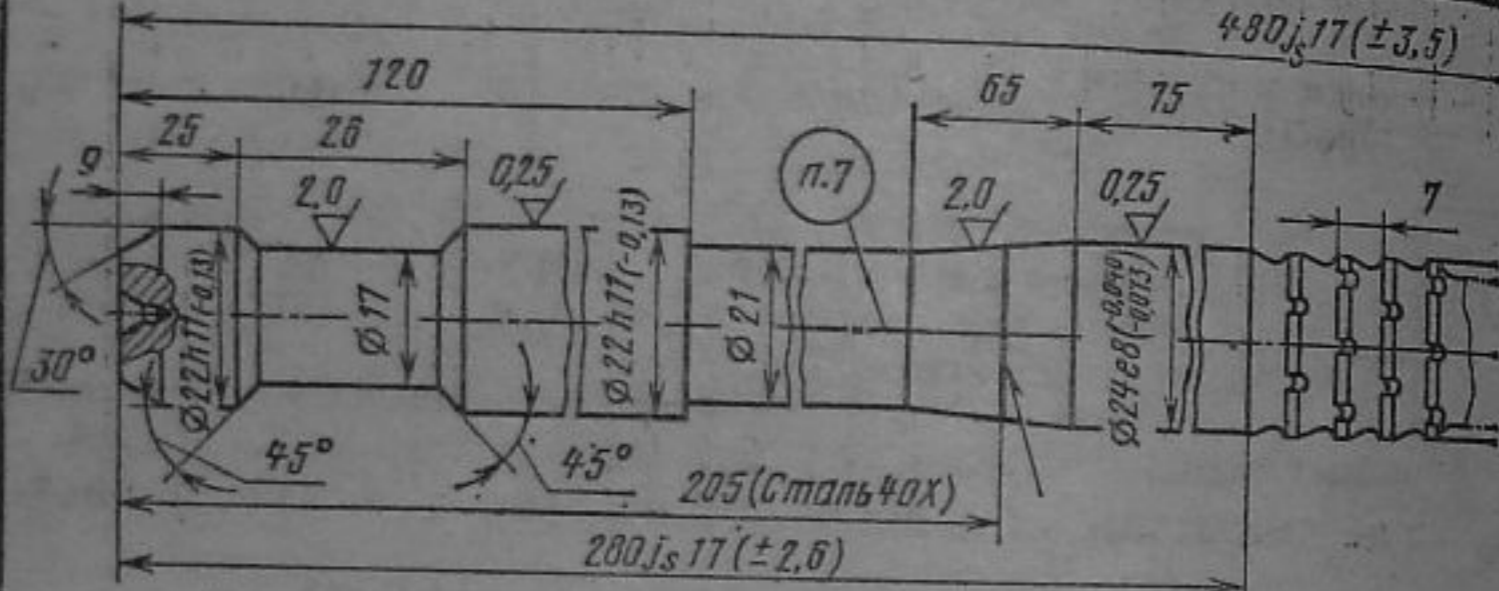
Полученное напряжение  $\sigma = 304$  МПа также допустимо для хвостовика из легированной стали 40Х.

Рассчитаем хвостовик на смятие

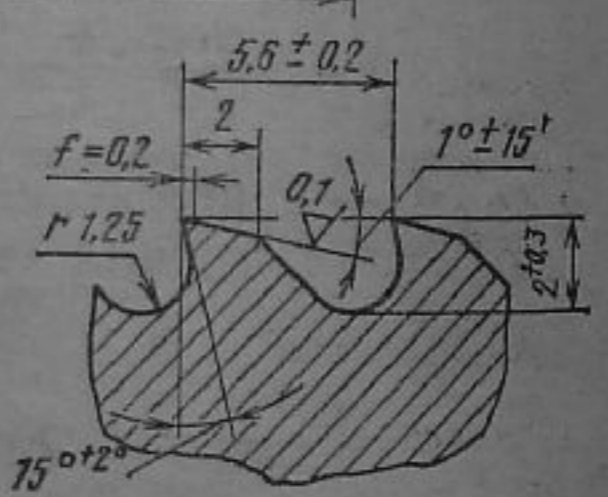
$$\frac{P_{z \max}}{F_1} \leq \sigma_{см},$$



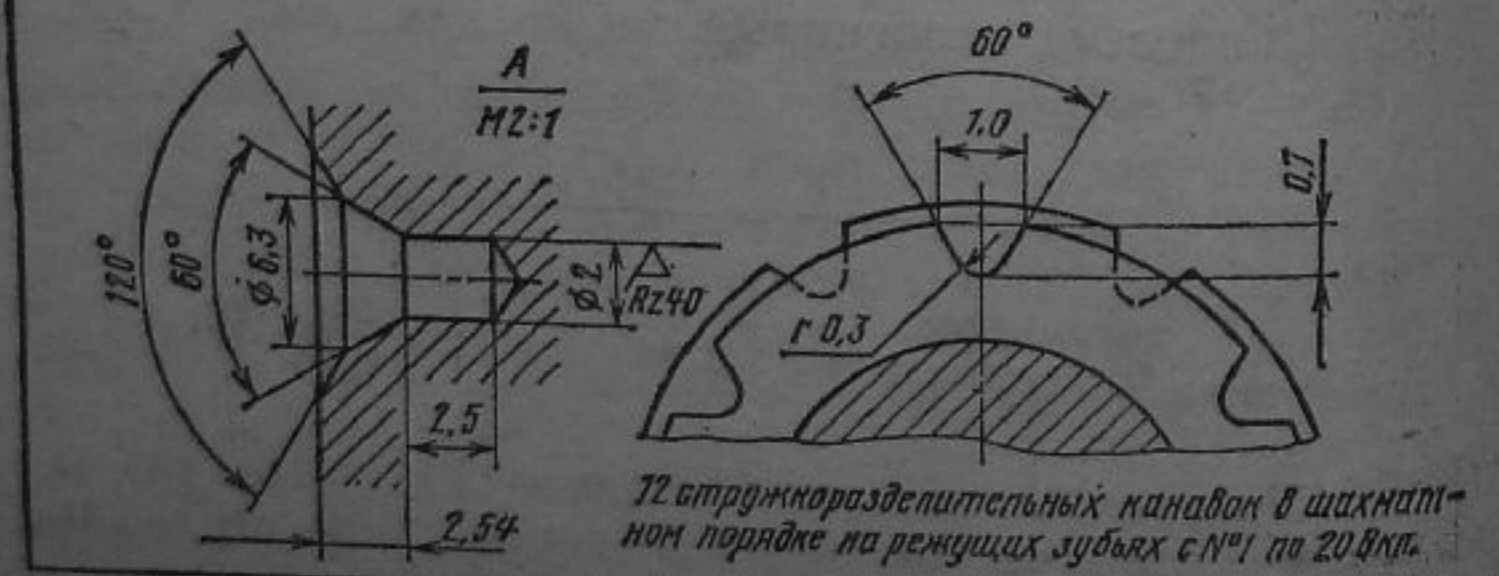
Допуск.		-0,01						
Диаметр зуба		24,00	24,06	24,12	24,18	24,24	24,30	24,36
Номер зуба		1	2	3	4	5	6	7



Профиль режущих зубьев с №1 по 20 вкл.

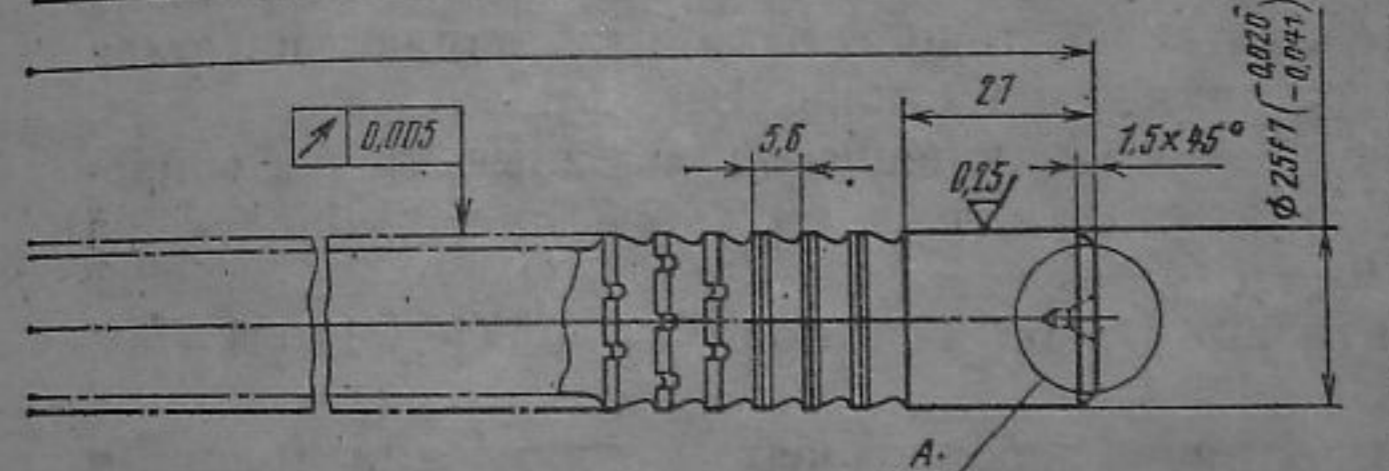


Профиль калибрующих зубьев с №21 по 26 вкл.



12 строжкоразделительных канавок в шахматном порядке на режущих зубьях с №1 по 20 вкл.

-0,01													0,005				
24,42	24,48	24,54	24,60	24,66	24,72	24,78	24,84	24,90	24,96	24,99	25,01	25,016	25,016	25,016	25,016	25,016	25,016
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25



1. Материал режущей части протяжки - быстрорежущая сталь P18 или другой марки по ГОСТ 19265-73\*.
2. Материал хвостовой части - сталь 40X по ГОСТ 4543-71.
3. Твердость: режущей и задней направляющей части 63...66 HRC<sub>3</sub>, передней направляющей части 61...66 HRC<sub>3</sub>, хвостовой части 43...51 HRC<sub>3</sub>.
4. Центровые отверстия выполняются по форме В, ГОСТ 14034-74.
5. Протяжка должна удовлетворять техническим требованиям по ГОСТ 9126-76\*.
6. Неуказанные предельные отклонения валов h14, остальных размеров ±IT14/2 по ГОСТ 25347-82.
7. Маркировка: диаметр протяжки, квалификация поля допуска отверстия, пределы длин протягивания, марку стали обрабатываемого изделия, значение переднего угла, марку стали рабочей части, товарный знак завода-изготовителя (25НТ-40-60-Ст 40-γ=15°-P18-0).

				Курсовая работа				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Протяжка для цилиндрического отверстия	Литер	Масса	Масштаб
Изд.	Лист	Иванов Б.А.		15.11.92		к	г	1:1
Г.контр.						Лист 1	Листов 1	
И.контр.						МСИТ г.р. 3504 Д		
Утв.								

Рис. 70. Чертеж круглой протяжки для цилиндрического отверстия



где  $F_1$  — опорная площадь замка;

$$F_1 = \frac{\pi (D^2 - D_1^2)}{4} = 0,78 (22^2 - 17^2) = 0,78 (484 - 289) = 153 \text{ мм}^2$$

откуда допустимое напряжение при смятии

$$\sigma_{см} = \frac{7000}{153} = 457 \text{ МПа } (\approx 46 \text{ кгс/мм}^2)$$

Допустимое напряжение при смятии не должно превышать 600 МПа, что выполняется. Для данных условий работы режущую часть протяжки изготовляют из стали Р18, а хвостовик — из стали 40Х.

15. Предельные отклонения на основные элементы протяжки и другие технические требования выбираем по ГОСТ 9126—76\*.

16. Центровые отверстия выполняем по ГОСТ 14034—74\*, форма В.

17. Выполняем рабочий чертеж протяжки (рис. 70) с указанием основных технических требований (см. с. 25).

**Протяжки для наружного протягивания.** Рассмотрим кратко методику расчета и конструирования протяжек для обработки наружных поверхностей (наружных протяжек). Основные элементы режущей и калибрующей частей наружных протяжек определяют по методике расчета протяжек для отверстий; они могут работать по различным схемам резания (профильной, прогрессивной и генераторной).

Различают следующие конструктивные разновидности наружных протяжек: цельные, составные и секционные. Секции располагают последовательно одна за другой на общем корпусе. Наиболее компактная конструкция корпуса получается при креплении секций винтами, которые можно располагать со стороны зубьев протяжки (рис. 71, а), со стороны подошвы (рис. 71, б, д) или со стороны подошвы и с боков (рис. 71, в, г).

Наружнюю протяжку рассчитывают в приведенной ниже последовательности.

1. Припуск под протягивание выбирают в 0,025—1,0 мм на сторону.
2. Подъем на зуб  $S_z$  выбирают в зависимости от материала заготовки:

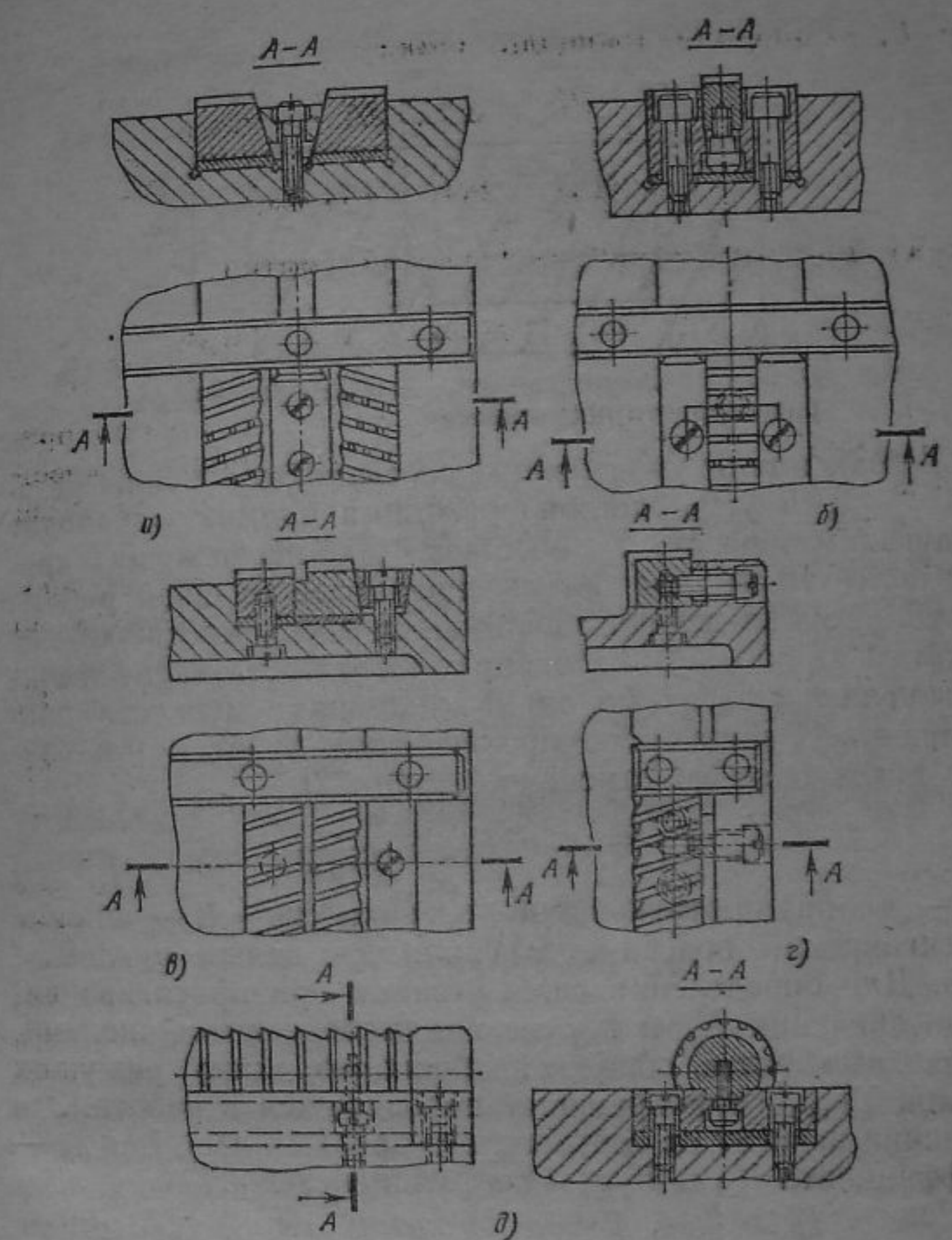


Рис. 71. Типы крепления секций наружных протяжек

Материал заготовки	$S_z$ , мм
Сталь	0,05—0,08
Чугун, бронза	0,06—0,12
Латунь	0,06—0,15
Алюминиевые сплавы	0,06—0,2

3. Размеры элементов зуба, шаг зубьев, число одновременно работающих зубьев, форму и размеры стружечных канавок определяют по таблицам и формулам для расчета протяжек для отверстий.



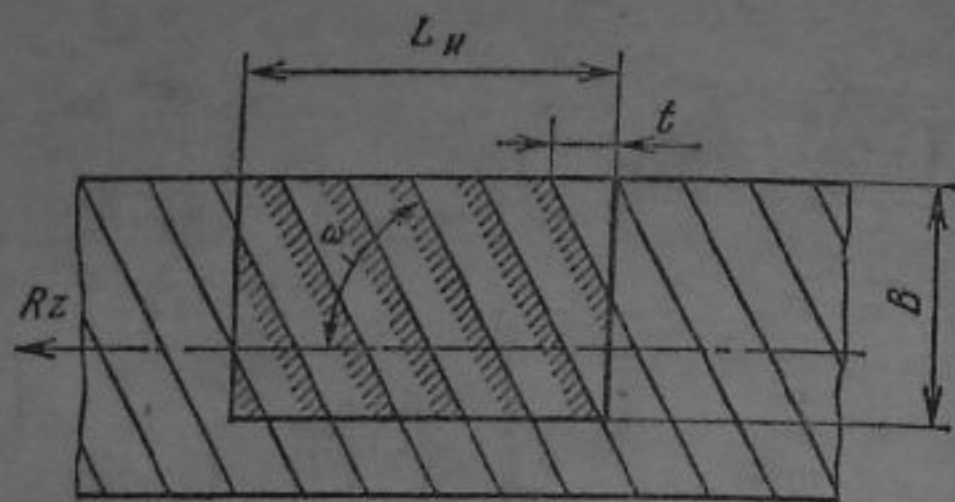


Рис. 72. Схемы для определения условий равномерного протягивания

4. Максимальную главную составляющую силы резания  $P_{z \max}$  и угол наклона режущих кромок  $\omega$  находят следующим образом. У протяжек с длиной режущих кромок более 10 мм для обеспечения более плавной работы режущие зубья делают наклонными к оси протяжки под углом  $\omega = 80 \dots 75^\circ$ . Подбирая соответствующие величины угла  $\omega$  и шага  $t$ , можно добиться равномерности протягивания. Равномерное протягивание будет в том случае, когда одно из отношений (рис. 72)

$$K_L = \frac{L_n}{t} \text{ или } K_B = \frac{B}{t \operatorname{tg} \omega}$$

( $L_n$  — длина протягиваемой поверхности;  $B$  — ширина протягиваемой поверхности) является целым числом.

5. Для определения силы резания при протягивании, когда значения  $K_L$  и  $K_B$  не являются целыми числами, необходимо знать общую наибольшую длину режущих кромок  $\sum b_{\max}$ , одновременно находящихся в работе. Эта величина зависит от соотношения дробных частей  $K_{Bд}$  — коэффициента  $K_B$  и  $K_{Lд}$  — коэффициента  $K_L$ .

Если  $K_{Lд} > K_{Bд}$ , то

$$\sum b_{\max} = \frac{LB}{t \sin \omega} + \frac{t}{\cos \omega} K_{Bд} (1 - K_{Lд});$$

если  $K_{Lд} < K_{Bд}$ , то

$$\sum b_{\max} = \frac{LB}{t \sin \omega} + \frac{t}{\cos \omega} K_{Lд} (1 - K_{Bд}).$$

Например, при  $L = 47$  мм,  $B = 52$  мм,  $t = 10$  мм  $\omega = 65^\circ$

$$K_L = \frac{L}{t} = \frac{47}{10} = 4,7;$$

$$K_B = \frac{B}{t \operatorname{tg} \omega} = \frac{52}{10 \cdot 2,1445} = 2,425.$$

Следовательно, дробные части коэффициентов следующие:  $K_{Lд} = 0,7$ ;  $K_{Bд} = 0,425$ .  
Так как  $K_{Lд} > K_{Bд}$ , то

$$\begin{aligned} \sum b_{\max} &= \frac{LB}{t \sin \omega} + \frac{t}{\cos \omega} K_{Bд} (1 - K_{Lд}) = \\ &= \frac{47 \cdot 52}{10 \cdot 0,9063} + \frac{10}{0,4226} 0,425 (1 - 0,7) \approx 273 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Для достижения в этом примере постоянства длин режущих кромок примем  $K_B$  равным целому числу, а именно  $K_B = 2$ .

Тогда

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{B}{t K_B} = \frac{52}{10 \cdot 2} = 2,6,$$

откуда  $\omega = 68^\circ 56' \approx 69^\circ$ , а суммарная длина режущих кромок

$$\sum b = \frac{LB}{t \sin \omega} = \frac{47 \cdot 52}{10 \cdot 0,9336} = 262 \text{ мм.}$$

Главная составляющая силы резания для протяжек с наклонными зубьями

$$\begin{aligned} P_{z \max} &= 9,81 C_P S_z^x \sum b_{\max} (1 + 0,28 \mu \operatorname{ctg} \omega) \times \\ &\quad \times \sin \omega K_\omega K_\nu K_c K_n, \end{aligned}$$

где  $\mu$  — коэффициент трения между боковой поверхностью протяжки и направляющей протяжного приспособления;  $\mu = 0,12 \dots 0,15$  (закаленная сталь по закаленной стали) при протягивании со смазочно-охлаждающей жидкостью;  $\mu = 0,20 \dots 0,25$  при протягивании без охлаждения;  $C_P$ ,  $x$ ,  $K_\nu$ ,  $K_c$ ,  $K_n$  выбирают по нормативам режимов резания для протягивания. Если нормативы разработаны в единицах СИ, то переводной коэффициент 9,81 не используют.

Коэффициент  $K_\omega$  для стали и чугуна зависит от  $\omega$ :

$K_\omega$	1	1,04	1,08	1,11
$\omega^\circ$	90	75	60	45

Высоту первого зуба  $H_1$  принимают по конструктивным соображениям в зависимости от применяемых приспособлений.

6. Высота калибрующих зубьев  $H_n = H_1 + A$ .

7. Размеры режущих зубьев сводят в таблицу, помещаемую на рабочем чертеже. Для определения высоты каж-



дого последующего зуба к высоте предшествующего зуба добавляется величина  $S_z$ .

8. Число зачищающих зубьев  $z_3 = 2 \div 3$ .

9. Число калибрующих зубьев  $z_k = 4 \div 5$ .

10. Общая длина протяжки  $L_0 = t(z_p - 1 + z_3 + z_k) + 1,2t + B \operatorname{ctg} \omega$ . Длину секции принимают равной 400—500 мм.

11. Геометрические элементы зуба протяжки выбирают по литературе [1, 2, 9, 11, 19] за исключением заднего угла  $\alpha$ , который принимают равным 7—10°.

12. Выполняют рабочие чертежи отдельных секций.

13. Определяют размеры корпуса, в который монтируют отдельные секции. Корпус вместе с плитой устанавливают на салазках вертикально-протяжного станка. Размеры корпуса и плиты зависят от габаритных размеров секций, крепежного приспособления, салазок станка. Подробные расчеты размеров корпуса и плиты наружной протяжки приведены в технической литературе.

**Задача 68.** Рассчитать и сконструировать круглую протяжку переменного резания для обработки цилиндрического отверстия диаметром  $D$  в заготовке из стали У10А твердостью 202—239 НВ, длиной  $l_n$ . Диаметр отверстия до протягивания  $D_0$  (рис. 73). Параметр шероховатости протянутой поверхности  $Ra = 2$  мкм. Расчет протяжки выполнить по схеме, приведенной в ГОСТ. 20365—74\* (табл. 113).

**Задача 69.** Рассчитать и сконструировать круглую протяжку, обрабатывающую цилиндрическое отверстие диа-

113. Данные к задаче 68 (размеры в мм)

№ варианта	$D$	$D_0$	$l_n$	Модель станка
1	30Н8	28,9	50	7523
2	27Н9	25,9	45	
3	25Н9	23,9	40	
4	22Н8	20,9	35	
5	20Н7	19,1	30	
6	32Н7	30,8	70	7534
7	36Н7	34,8	75	
8	45Н8	43,7	90	
9	55Н8	53,6	100	7А540
10	65Н9	63,6	120	

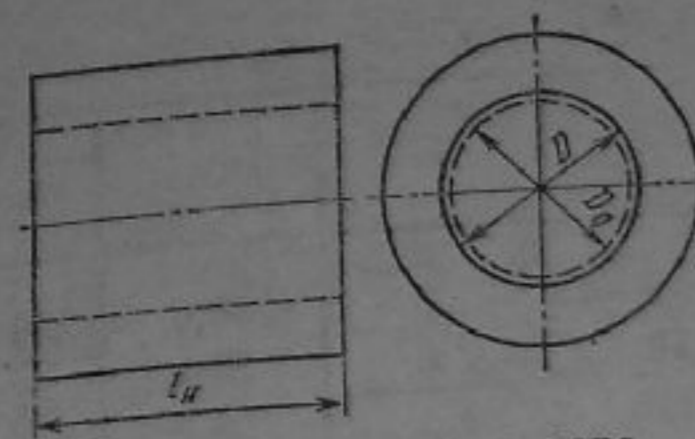


Рис. 73. Эскиз детали к задачам 68 и 69

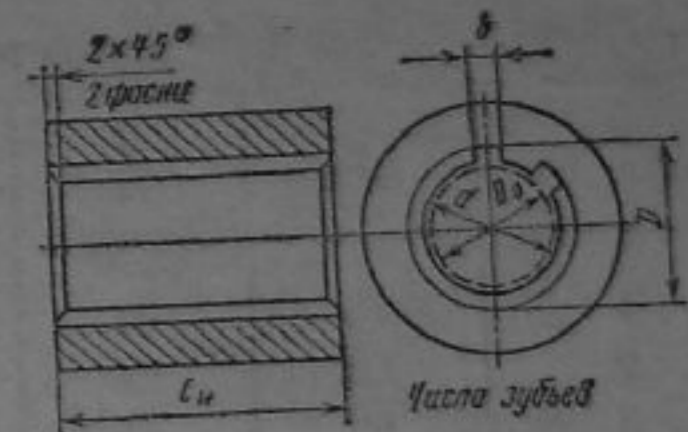


Рис. 74. Эскиз детали к задаче 70

метром  $D$  по групповой (прогрессивной) схеме резания с длиной протягивания  $l_n$ . Протягивание производится после сверления до диаметра  $D_0$  (см. рис. 73). Параметр шероховатости протянутой поверхности  $Ra = 2$  мкм. Станок горизонтально-протяжной 7523 с быстросменным автоматическим патроном. Расчет протяжки (табл. 114) выполнить по методике и схеме, приведенным в работе [11], с. 229.

**Задача 70.** Рассчитать и сконструировать шлицевую протяжку для обработки шлицевой втулки из стали 40ХН

114. Данные к задаче 69

№ варианта	Материал заготовки	$D$	$D_0$	$l_n$
		мм		
1	Чугун: СЧ 30, 210 НВ	20Н7	19,2	50
2		22Н8	21,2	
3		27Н7	26,2	
4	Сталь: 20ХГ, 170 НВ	16Н8	15,4	30
5		18Н9	17,4	35
6	Чугун: СЧ 30, 197 НВ	40Н7	39,0	80
7		50Н8	48,8	
8	Сталь: 40ХН, 269 НВ	30Н9	29,0	50
9		32Н7	31,0	70
10	60, 200 НВ	36Н9	35,0	



115. Данные к задаче 70 (размеры в мм)

№ варианта	$D$ (H7)	$d$ (H11)	$b$ (H12)	$z$	$D_0$	$l_H$
1	55	47	9	10	46,0	50
2	60	54	14	6	52,8	75
3	65	55	10	10	53,8	
4	38	33	6	10	32,2	50
5	40	35	10		34,0	75
6	50	45	12	6	43,8	100
7	75	65	16	4	63,8	100
8	17	14	5		13,2	30
9	20	17	8	6	16,2	50
10	30	25		24,0	80	

116. Данные к задаче 71

№ варианта	Материал заготовки	$l_H$	$h$
			мм
1	Чугун СЧ 20, 170—241 НВ	150	1,2
2	Сталь 50, $\sigma_B = 850$ МПа ( $\approx 85$ кгс/мм <sup>2</sup> )	40	
3	Чугун СЧ 30, 180 НВ	100	1,0
4	Сталь 40ХГ, 230 НВ	75	
5	Сталь У7, 260 НВ	50	По чертежу
6	Сталь 65Г, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	120	
7	Сталь 45, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	60	1,0
8	Сталь 45, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	150	
9	Сталь 50Х, $\sigma_B = 900$ МПа ( $\approx 90$ кгс/мм <sup>2</sup> )	50	1,3
10	Сталь 40ХН, 190—217 НВ	60	

с твердостью 269 НВ. Наружный диаметр шлицевого отверстия  $D$ , внутренний диаметр шлицевого отверстия  $d$ , число шлицев  $z$ , ширина шлица  $b$ , длина протягивания  $l_H$  (рис. 74, табл. 115). Центрирование по наружному диаметру  $D$  (ГОСТ 1139—80\*). Диаметр отверстия до протягивания  $D_0$ . Станок горизонтально-протяжной 7534.

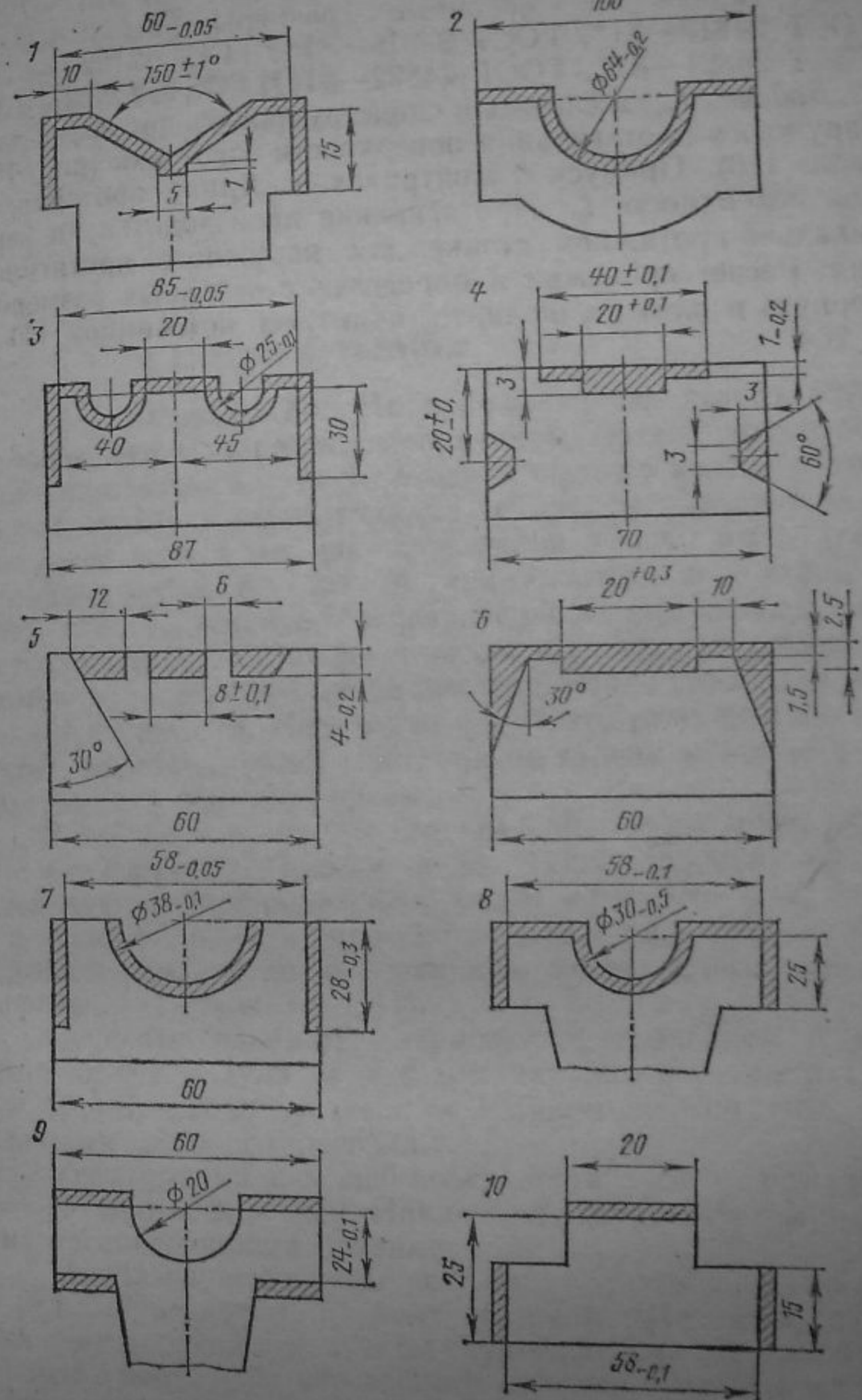


Рис. 75. Эскизы обрабатываемых поверхностей заготовок (варианты № 1—10 к задаче 71)



Технические требования на протяжку по ГОСТ 6767—79\*, конструкцию и основные размеры выбрать по ГОСТ 24818—81\*, ГОСТ 24819—81\*, ГОСТ 24820—81\*, ГОСТ 24821—81\*, ГОСТ 24822—81\*, ГОСТ 24823—81\*.

*Задача 71.* Рассчитать и сконструировать протяжку для наружного протягивания поверхности заготовки (рис. 75, табл. 116). Припуск  $h$  заштрихован. Длина протягиваемой поверхности  $l_n$ . Протягивание производится на вертикально-протяжном станке для наружного протягивания. Расчет протяжки и определение основных размеров корпуса и плиты выполнить, пользуясь источником [11], с. 264.

## ГЛАВА 7

# ЗУБОНАРЕЗАНИЕ

### § 1. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

**Пример 53.** На зубофрезерном станке 53А50 производится нарезание червячной фрезой косозубого цилиндрического зубчатого одновенцового колеса с плоскими обработанными торцами, с числом зубьев  $z = 40$ , модулем  $m = 4$  мм, шириной венца  $b = 40$  мм и углом наклона зубьев  $\beta = 30^\circ$ . Материал заготовки — сталь 45, 220 НВ. Нарезание предварительное под последующее зубодолбление. Одновременно обрабатываются четыре заготовки, установленные на оправке. Эскиз обработки приведен на рис. 76. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [8]). I. Выбираем режущий инструмент. Принимаем червячную модульную фрезу цельную из быстрорежущей стали Р18. Для повышения производительности чернового нарезания зубьев принимаем двухзаходную червячную фрезу; класс точности фрезы — С (табл. 1, с. 11).

Основные параметры черновой двухзаходной червячной фрезы модуля  $m = 4$  мм: наружный диаметр  $D = 80$  мм, число зубьев  $z = 9$  принимаем по табл. 117 данного учебного пособия.

Угол заточки передней поверхности зубьев фрезы  $\gamma_s = 10^\circ$  (прил. 2, с. 160). Наклон зуба (витка) фрезы и зуба нарезаемого колеса одноименный.

II. Назначаем режим резания.

I. Определяем глубину резания. Нарезаем зубья за один рабочий ход. В этом случае глубина резания будет равна высоте зуба нарезаемого колеса:  $t = h$ . Обычно черновые червячные фрезы профилируют такими, чтобы ими можно было нарезать зубья на полную глубину, но оставляя припуск на окончательную обработку лишь по боко-



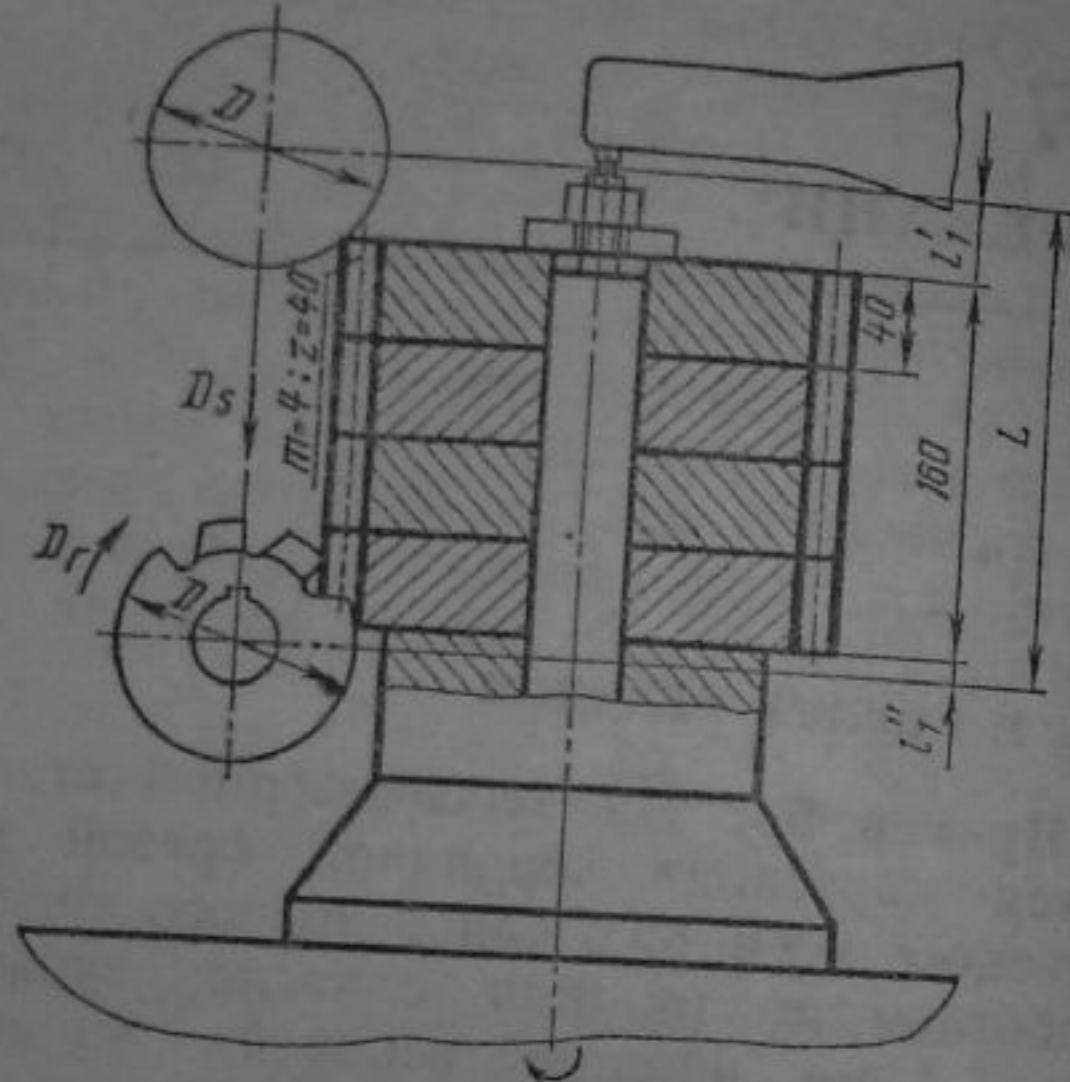


Рис. 76. Эскиз обработки к примеру 53

вым сторонам зуба. Тогда  $t = h = 2,2 m = 2,2 \cdot 4 = 8,8$  мм.  
 2. Назначаем подачу на один оборот нарезаемого зубчатого колеса. Сначала определяем классификационную группу, к которой по нормативам относится используемый зубофрезерный станок (карта 1, с. 25). Станок 53А50 относится к III группе станков, так как мощность его электродвигателя 7,5 кВт (см. паспортные данные). По карте 3 (с. 27) устанавливаем подачу. Для двухзаходной фрезы, стали 45, 170—207 НВ, модуля  $m$  до 5 мм и III группы станков  $S_{0 \text{ табл}} = 2,0 \dots 2,4$  мм/об.

Согласно примеч. 1 к карте 3 принимаем верхний предел диапазона подач  $S_{0 \text{ табл}} = 2,4$  мм/об (так как число зубьев нарезаемого колеса  $z > 25$ ). Учитываем поправочные коэффициенты на подачу:  $K_{m_s} = 0,9$ , так как у стали 45 твердость 220 НВ;  $K_{\beta_s} = 0,8$ , так как угол наклона зуба колеса  $\beta = 30^\circ$ , а наклон зубьев колеса и витков фрезы одноименный (см. п. I решения). Тогда  $S_0 = S_{0 \text{ табл}} \times K_{m_s} \cdot K_{\beta_s} = 2,4 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,72$  мм/об. Корректируем подачу по станку:  $S_0 = 1,7$  мм/об.

3. Назначаем период стойкости фрезы (прил. 3, с. 161). Для черновой червячной фрезы модуля  $m = 4$  мм при обработке заготовки из стали рекомендуется период стойкости  $T = 240$  мин.

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы (карта 5, с. 30). Для чернового нарезания двухзаходной фрезой при  $S_0 = 1,7$  мм/об и  $m$  до 4 мм  $v_{\text{табл}} = 33,5$  м/мин (найденно интерполированием значений  $v_{\text{табл}} = 35,5$  м/мин для  $S_0 = 1,5$  мм/об и  $v_{\text{табл}} = 30,5$  м/мин для  $S_0 = 2$  мм/об).

Определяем допустимое число осевых перемещений фрезы за время ее работы между двумя повторными заточками (карта 11, с. 36, 37). Для заданных условий обработки, угла наклона зуба  $\beta = 30^\circ$ ,  $z = 40$  и  $m = 4$  мм в карте стоит прочерк, т. е. число осевых перемещений  $\omega = 0$ . Учитываем поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания (карта 5, с. 30):  $K_{m_o} = 0,8$ , так как у обрабатываемой стали 45 твердость 220 НВ;  $K_{\beta_o} = 0,95$ , так как угол наклона зубьев колеса  $\beta = 30^\circ$ ;  $K_{\omega_o}$  и  $K_v$  в данном случае на скорость не влияют (каждый из них равен единице, так как принято число перемещений  $\omega = 0$  и нарезание зубьев за один рабочий ход).

117. Основные параметры червячных модульных фрез (размеры в мм)

Модуль $m$	Наружный диаметр $D$	Число зубьев $z$	Модуль $m$	Наружный диаметр $D$	Число зубьев $z$
<i>Фрезы черновые двухзаходные</i>					
1	50	12	4	80	9
2	55		4,5	85	
2,5	65	10	5	90	
3	70		6	105	
3,5	75		8	145	
<i>Фрезы чистовые однозаходные</i>					
1	63	12	5	112	10
2	70		6	125	
2,5	80	10	7	140	9
3	90		8	160	
3,5	90		9		
4	100		10		
4,5					



Тогда  $v_{н} = v_{табл} K_{m_0} K_{v_0} = 33,5 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 25,5$  м/мин ( $\approx 0,425$  м/с).  
 Частота вращения фрезы, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_{н}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,5}{3,14 \cdot 80} = 101,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения  $n_d = 100$  мин<sup>-1</sup>.

Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 25,2 \text{ м/мин } (\approx 0,42 \text{ м/с}).$$

5. Находим мощность, затрачиваемую на резание (карта 5, с. 30). Для предварительного нарезания двухзаходной фрезой при  $S_0 = 1,7$  мм/об и  $m$  до 4 мм  $N_{табл} = 1,6$  кВт (найдено интерполированием значений  $N_{табл} = 1,4$  кВт для  $S_0 = 1,5$  мм/об и  $N_{табл} = 1,8$  кВт для  $S_0 = 2,0$  мм/об). Учитываем поправочный коэффициент на мощность; угол наклона зубьев колеса  $\beta = 30^\circ$ ;  $K_{v_N} = 0,95$ . Остальные поправочные коэффициенты на мощность при данных условиях обработки не влияют:

$$N_{рез} = N_{табл} K_{v_N} = 1,6 \cdot 0,95 = 1,52 \text{ кВт}.$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 53А50  $N_{шп} = N_d \eta = 7,5 \cdot 0,65 = 4,9$  кВт;  $1,52 < 4,9$ , т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{Lz}{nS_0K};$$

длина рабочего хода фрезы  $L = b + l_1$ .  
 Врезание  $l_1$  и перебег  $l_1'$  фрезы (см. эскиз обработки) определяются по прил. 4 (с. 168). Для обработки за один рабочий ход при глубине резания  $t = 2,2m$ ,  $\beta = 30^\circ$ ,  $z = 40$  и  $D = 80$  мм  $l_1 = l_1' + l_1'' = 50$  мм.

Согласно примеч. 2 (с. 168) при предварительном зубофрезеровании табличную величину  $l_1$  можно уменьшить на  $1,3m$  (при угле наклона колеса  $\beta = 30^\circ$ ). Тогда  $l_1 = 50 - (1,3 \cdot 4) = 50 - 5,2 = 44,8$  мм. При одновремен-

ной обработке на оправке четырех заготовок длина рабочего хода фрезы  $L = 4b + l_1 = 4 \cdot 40 + 44,8 = 204,8$  мм. Число заходов фрезы  $k = 2$ .

$$T_0 = \frac{204,8 \cdot 40}{100 \cdot 1,7 \cdot 2} = 24,1 \text{ мин}.$$

Основное время, затрачиваемое на одну заготовку:

$$T_0 = \frac{24,1}{4} = 6,025 \text{ мин}.$$

**Задача 72.** На зубофрезерном станке 53А50 нарезают червячной фрезой цилиндрическое зубчатое одновенцовое колесо с плоскими обработанными торцами с числом зубьев  $z$ , модулем  $m$ , шириной венца  $b$  и углом наклона зубьев  $\beta$  (табл. 118). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [8] можно пользоваться справочниками [10, 12, 18].

**Пример 54.** На зубодолбежном станке 5122 нарезают долбяком прямозубое зубчатое колесо с числом зубьев  $z = 45$ , модулем  $m = 4$  мм и шириной венца  $b = 35$  мм. Обработка окончательная по предварительно прорезанному зубу (параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2$  мкм). Припуск на обработку зубьев

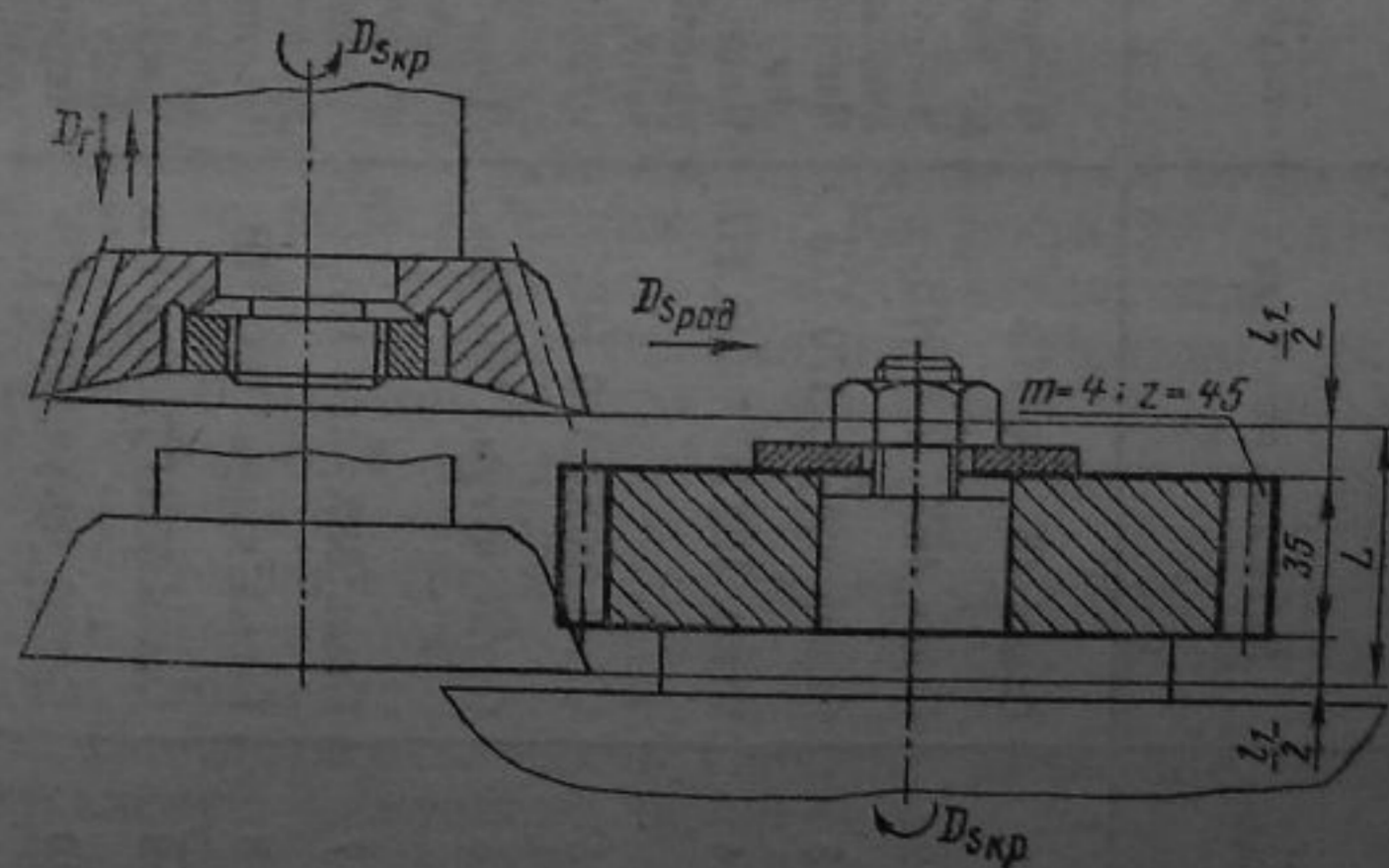


Рис. 77. Эскиз обработки к примеру 54



№ варианта	Материал заготовки	Обработка; параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	Число одновременно обрабатываемых заготовок	Зубчатое колесо	мм			$\beta$ , °
					$m$	$z$	$b$	
1	Сталь 45, 190 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	10	Косозубое	3	30	20	15
2	Сталь 40X, 200 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	6	Прямо-зубое	6	40	35	0
3	Серый чугун, 170 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	8	»	2,5	50	25	0
4	Сталь 12ХН3, 210 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу); 2,0	4	Косозубое	5	56	42	30
5	Сталь 20X, 170 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	4	Прямо-зубое	4,5	42	50	0
6	Серый чугун, 190 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу); 2,0	3	Косозубое	6	48	65	30
7	Сталь 35X, 185 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	6	Прямо-зубое	8	36	30	0
8	Серый чугун, 200 НВ	Чистовая (под последующее зубодолбление)	4	»	8	44	45	0
9	Сталь 30ХГТ, 200 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	10	Косозубое	2	48	20	15
10	Серый чугун, 210 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	3	»	6	64	60	30

по межцентровому расстоянию  $h = 1,2$  мм. Материал заготовки — сталь 20X твердостью 170 НВ. Эскиз обработки приведен на рис. 77. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Решение (по нормативам [8]). I. Выбираем режущий инструмент. Принимаем дисковый прямозубый долбяк с модулем  $m = 4$  мм из быстрорежущей стали P18. Угол заточки по передней поверхности зубьев чистового долбяка  $\gamma_s = 5^\circ$  (прил. 2, с. 160).

II. Назначаем режим резания.

1. Назначаем круговую подачу (подачу обкатки). Определяем классификационную группу, к которой по нормативам относится используемый зубодолбежный станок (карта 12, с. 38). Станок 5122 относится к III группе станков, так как мощность его электродвигателя 3 кВт (см. паспортные данные). По карте 13 (с. 38, 39) находим круговую подачу.

Для параметра шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2$  мкм ( $\nabla 6$ ), обработки по предварительно прорезанному зубу и материала заготовки стали 45  $S_{\text{табл}} = 0,22 \dots 0,25$  мм/дв. ход.

Необходимо учесть примечания к карте 13 (с. 39).

Учитываем поправочный коэффициент на подачу (по карте 14, с. 41):  $K_{m_s} = 0,9$ , так как материал нарезаемого колеса — сталь 20X, 170 НВ,  $S = S_{\text{табл}} K_{m_s} = (0,22 \dots 0,25) 0,9 = 0,2 \dots 0,225$  мм/дв. ход.

Подачи в карте приведены для обработки в один рабочий ход, т. е. принято, что  $i = 1$ .

Принимаем  $S = 0,225$  мм/дв. ход, так как число зубьев нарезаемого колеса больше 25. Корректируя подачу по данным станка, принимаем  $S = 0,2$  мм/дв. ход.

Радиальная подача (подача при врезании)  $S_{\text{рад}} = (0,1 \dots 0,3) S$  мм/дв. ход; принимаем  $S_{\text{рад}} = 0,2S = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04$  мм/дв. ход. Корректируя по данным станка, принимаем  $S_{\text{рад}} = 0,036$  мм/дв. ход.

2. Назначаем период стойкости долбяка (прил. 3, с. 161). Для чистового дискового долбяка рекомендуется период стойкости  $T = 240$  мин.

3. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами долбяка (карта 14, с. 40, 41).

Для обработки по предварительно прорезанному зубу, параметра шероховатости поверхности  $Ra = 2$  мкм при



круговой подаче  $S = 0,2$  мм/дв. ход  $v_{\text{табл}} = 39$  м/мин. Учитываем поправочный коэффициент на скорость (там же):  $K_{M_p} = 0,9$  (материал нарезаемого колеса — сталь 20Х, НВ 170); остальные поправочные коэффициенты на скорость при заданных условиях обработки не влияют;

$$v_{\text{н}} = v_{\text{табл}} K_{M_p} = 39 \cdot 0,9 = 35 \text{ м/мин } (\approx 0,58 \text{ м/с}).$$

Определяем число двойных ходов долбяка в 1 мин, соответствующее найденной скорости главного движения резания:

$$k = \frac{1000 v_{\text{н}}}{2L};$$

длина хода долбяка  $L = b + l_1$ , где  $l_1$  — перебег долбяка на две стороны. При ширине венца до 51 мм  $l_1 = 8$  мм (прил. 14, с. 184);  $L = 35 + 8 = 43$  мм;

$$k = \frac{1000 \cdot 35}{2 \cdot 43} = 407 \text{ дв. ход/мин.}$$

Корректируем число двойных ходов долбяка по паспортным данным станка и устанавливаем действительное число двойных ходов:  $k_{\text{д}} = 400$  дв. ход/мин.

Действительная скорость главного движения резания

$$v_{\text{д}} = \frac{2Lk_{\text{д}}}{1000} = \frac{2 \cdot 43 \cdot 400}{1000} = 34,4 \text{ м/мин } (\approx 0,57 \text{ м/с}).$$

4. Мощность, затрачиваемая на резание, при окончательном зубодолблении по предварительно прорезанному зубу незначительна. В карте 14 (с. 40) в графе «Мощность» для заданных условий обработки стоит прочерк. Проверку установленного режима резания по мощности привода станка в этом случае обычно не производят (при предварительном зубодолблении, а также окончательном по сплошному металлу проверку по мощности необходимо выполнять).

III. Основное время

$$T_0 = \frac{\pi m z}{k_{\text{д}} S} i + \frac{h}{k_{\text{д}} S_{\text{рад}}}.$$

Первое слагаемое учитывает время, затрачиваемое на обкатку, а второе — на радиальное врезание долбяка. По условию примера припуск на обработку зубьев по межцентровому расстоянию  $h = 1,2$  мм (при зубодолбле-

119. Данные к задаче 73

№ варианта	Материал заготовки	Обработка; параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	$m$ , мм	$z$	$b$ , мм
1	Сталь 40Х, 205 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	2	46	20
2	Серый чугун, 190 НВ	Черновая (под шевингование)	4	42	40
3	Сталь 30ХГТ, 200 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу); 2,0	4,5	40	45
4	Сталь 20Х, 170 НВ	Черновая (под шевингование)	3,5	35	35
5	Серый чугун, 210 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	2,5	40	25
6	Сталь 45, 215 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу); 2,0	5	36	50
7	Сталь 12ХН3А, 210 НВ	Черновая (под шевингование)	5	38	35
8	Серый чугун, 180 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу); 2,0	4	40	55
9	Сталь 35Х, 185 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	3	32	30
10	Серый чугун, 175 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	2	50	24

Примечания: 1. В вариантах чистовой обработки по предварительно прорезанному зубу принять величину припуска на зубодолбление по межцентровому расстоянию  $h = 1,0 \dots 1,4$  мм.

2. При черновом нарезании под шевингование высота зуба колеса при обработке за один рабочий ход составит  $h = 2,2m$  мм. Для этого вида обработки применяются долбяки с модифицированным профилем зубьев. Зубья колеса нарезаются такими долбяками на полную высоту, но с несколько большей толщиной, т. е. с оставлением припуска на шевингование лишь по боковым сторонам зуба.



нии по сплошному металлу  $h$  — высота нарезаемого зуба).  
 Число рабочих ходов  $i = 1$ ;  

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 45}{400 \cdot 0,2} + \frac{1,2}{400 \cdot 0,036} = 7,06 + 0,08 = 7,14 \text{ мин.}$$

**Задача 73.** На зубодолбежном станке 5122 долбяком нарезают прямозубое колесо с числом зубьев  $z$ , модулем  $m$  (мм) и шириной венца  $b$  (табл. 119). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить машинное время.  
 При решении задач кроме нормативов [8] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16].

## § 2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Зуборезный инструмент можно разделить на две основные группы: 1) инструмент, работающий по методу копирования (деления) [модульные фрезы (дисковые и пальцевые), зубодолбежные головки (к станкам 510) и инструмент для протягивания зубчатых колес]; 2) инструмент, работающий по методу обкатки (огибания); червячные фрезы для обработки цилиндрических и червячных колес, колес с зацеплением Новикова, зуборезные долбяки и гребенки, зубострогальные резцы для нарезания прямозубых конических колес, резцовые головки для нарезания конических колес с круглыми зубьями, шеверы (дисковые, реечные и червячные).

При изучении этого раздела необходимо учесть, что в ГОСТ 16530—83 «Передачи зубчатые. Термины, определения и обозначения», ГОСТ 16531—83 «Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения» и ГОСТ 18498—73 «Передачи червячные, определения и обозначения» введены новая терминология (названия) и обозначения многих элементов и параметров зубчатого колеса и червяка, которые отсутствуют в заводской технической документации и устаревших справочниках. Значения нормальных модулей зубчатых колес, а следовательно, и всех видов зуборезного инструмента устанавливает ГОСТ 9563—60\*.

Общие термины, определения и обозначения погрешностей и допусков для зубчатых колес передач устанавливает ГОСТ 1643—81, а исходный контур зубчатых эвольвентных передач — ГОСТ 13755—81. Этим стандартом

установлен размер угла главного профиля  $\alpha = 20^\circ$ , а для зуборезного инструмента угол профиля в нормальном сечении  $\alpha_n = 20^\circ$ .

Дисковые зуборезные (модульные) фрезы выполняют для каждого модуля наборами из 8, 15 или 26 фрез\*. Для построения очертания профиля зуба модульных фрез ВНИИ Инструмент предложил специальные таблицы (табл. 120, 121) значений координат  $x$  и  $y$  для любой точки профиля фрезы, отсчитываемых от дна впадины зуба, координат  $x_{ц}$  центров закруглений по впадине зуба, радиусов закруглений  $R$ , а затем точек координат  $B, C, D, E$  следящими точками профиля шаблона для затыловочного резца. Профиль типа I (рис. 78) предназначен для фрез № 1—5. Этот профиль состоит из дуги окружности  $AB$ , отрезка прямой  $BC$  и эвольвенты  $CDE$ .

Профиль типа II предназначен для фрез № 6—8. Этот профиль состоит из отрезка прямой линии  $OA$ , дуги окружности  $AB$  и эвольвенты  $BDE$ . Приведенные в таблице значения координат  $x$  и  $y$  даны для модуля  $m = 100$  мм. Для других значений модуля табличные значения надо разделить на 100 и умножить на модуль нарезаемого

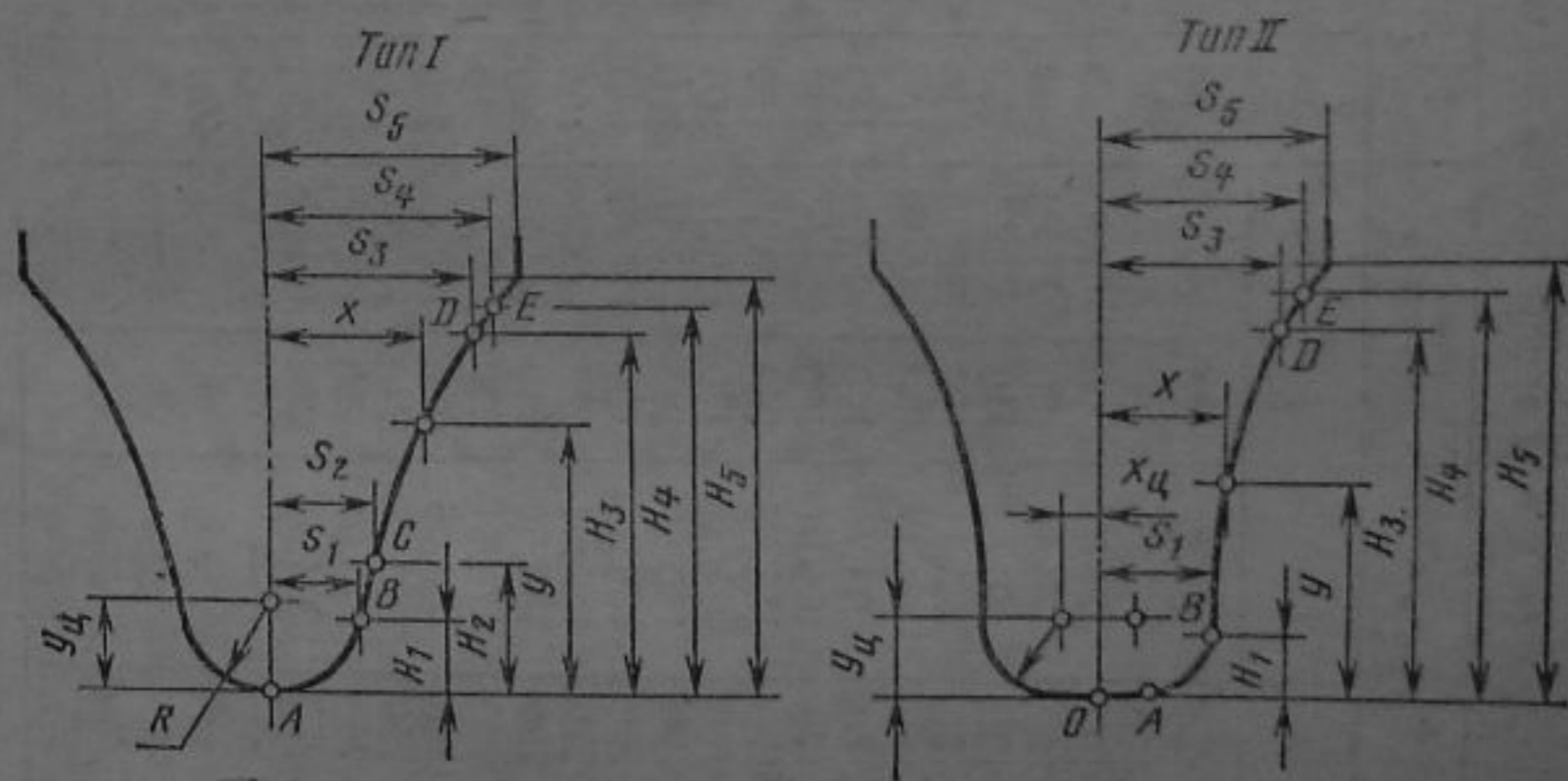


Рис. 78. Построение профиля дисковых модульных фрез

\* Для нарезания зубчатых колес с модулем до 8 мм применяют набор из восьми фрез, с модулем свыше 8 мм — набор из 15 фрез, для более точных работ — набор из 26 фрез. Каждая фреза в наборе служит для нарезания колес с определенным числом зубьев.



120. Координаты, мм, точек  $x$  и  $y$  эвольвентной части профиля дисковых модульных фрез для  $m = 100$  мм

Фреза 1		Фреза 2		Фреза 3		Фреза 4		Фреза 5		Фреза 6		Фреза 7		Фреза 8	
$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$
90	63,73	80	64,88	70	62,95	60	59,39	50	56,84	50	55,55	40	51,60	30	46,62
100	71,38	90	67,70	80	64,64	70	61,72	60	58,88	60	58,17	50	55,47	40	50,25
110	75,86	100	71,37	90	67,66	80	64,41	70	61,41	70	61,06	60	57,18	50	53,59
120	81,08	110	75,69	100	71,34	90	64,59	80	64,20	80	63,73	70	60,77	60	57,08
130	86,97	120	80,61	110	75,51	100	71,27	90	67,64	90	67,64	80	64,14	70	60,51
140	93,52	130	86,11	120	80,17	110	75,31	100	71,31	100	71,25	90	67,64	80	64,04
150	100,77	140	92,17	130	85,29	120	79,76	110	75,27	110	75,15	100	71,29	90	67,60
160	108,60	150	98,76	140	90,84	130	84,56	120	79,52	120	79,25	110	75,05	100	71,29
170	117,11	160	105,91	150	96,85	140	89,59	130	84,08	130	83,53	120	78,98	110	74,99
180	126,35	170	113,57	160	103,25	150	95,28	140	88,91	140	88,04	130	83,01	120	78,71
190	136,31	180	121,81	170	110,10	160	101,03	150	94,08	150	92,73	140	87,20	130	82,71
200	147,04	190	130,59	180	117,10	170	107,29	160	99,41	160	97,64	150	91,49	140	86,39
210	158,61	200	139,83	190	125,07	180	113,68	170	105,05	170	102,70	160	95,94	150	90,30
220	171,06	210	149,97	200	133,24	190	120,52	180	110,95	180	108,05	170	100,50	160	94,22
230	184,36	220	160,59	210	141,81	200	127,70	190	117,11	190	113,54	180	105,20	170	98,21
240	198,84	230	171,91	220	150,87	210	135,19	200	123,54	200	119,19	190	109,99	180	102,29
250	214,64	240	183,95	230	160,41	220	143,03	210	130,24	210	125,07	200	114,93	190	105,72
260	231,73	250	196,85	240	170,40	230	151,23	220	137,20	220	131,14	210	119,96	200	110,60
270	250,46	260	210,37	250	180,90	240	159,78	230	144,42	230	137,38	220	125,09	210	114,85
—	—	270	224,35	260	191,90	250	168,87	240	151,90	240	143,80	230	130,40	220	119,07
—	—	—	—	—	203,53	270	187,60	260	167,67	250	157,25	240	141,27	230	123,33
—	—	—	—	—	—	—	—	270	175,97	260	164,22	250	146,94	240	127,78
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	270	152,69	260	132,13
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	250	136,54
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240	141,12

121. Коэффициенты для определения координат точек  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$  (рис. 78) профиля дисковой модульной фрезы для модуля 100 мм (размеры в мм)

Номер фрезы	Число зубьев нарезанного колеса	Координаты точек незвольвентных элементов профиля						Координаты точек эвольвенты					
		Точка $B$		Точка $C$		Центр окружности		Точка $D$		Точка $E$		Точка $E$	
		$H_1$	$S_1$	$H_2$	$S_2$	$x_{\text{Ц}}$	$y_{\text{Ц}}$	$H_3$	$S_3$	$H_4$	$S_4$	$H_4$	$S_4$
1	12—13	58,78	64,12	85,88	66,52	64,39	203,51	151,02	210	158,61	—	—	—
2	14—16	57,44	62,28	78,28	64,51	62,92	206,49	146,38	210	160,59	—	—	—
3	17—20	55,83	60,93	67,26	61,93	61,16	209,42	141,41	220	150,87	—	—	—
4	21—25	51,51	58,53	57,16	59,25	59,01	211,86	136,62	220	151,23	—	—	—
5	26—34	47,55	56,42	49,75	56,80	57,25	213,69	132,76	220	144,42	—	—	—
6	35—54	41,80	53,65	—	—	53,21	215,54	128,42	230	137,38	—	—	—
7	55—134	33,75	49,89	—	—	45,70	217,31	123,68	230	130,40	—	—	—
8	135—рейка	25,50	45,45	—	—	36,93	218,97	118,59	230	123,33	—	—	—



колеса. По рассчитанным координатам выполняют шаблон и контршаблон для проверки профиля изготавливаемой фрезы.

Для нарезания колес с малыми отклонениями размеров от теоретического профиля зуба, а также колес с модификацией профиля зуба применяют индивидуальные фрезы, профиль которых требует специального расчета. Пальцевые зуборезные (модульные) фрезы рассчитывают так же, как и дисковые модульные фрезы. Основные размеры пальцевых зуборезных фрез выбирают по справочникам [12, 18].

Червячные фрезы для обработки цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем изготавливают по ГОСТ 9324—80\* трех типов и пяти классов точности: АА, А, В, С и D.

Тип 1 — цельные прецизионные фрезы модулей 1—10 мм класса точности АА.

Тип 2 — цельные фрезы с модулем 1—10 мм классов точности А, В, С и D; модулей 11—14 мм классов точности АА, А, В, С и D; модулей 16—20 мм классов точности АА и А.

Тип 3 — сборные фрезы с модулем 8—25 мм классов точности А, В, С и D.

Червячные фрезы для обработки цилиндрических зубчатых колес передач Новикова с двумя линиями зацепления с исходным контуром по ГОСТ 15023—76 изготавливают по отраслевым нормам двух классов точности (А и В) с модулем 1,6—16 мм.

Конструирование и расчет червячной фрезы для обработки цилиндрических колес с эвольвентным профилем проводят по ГОСТ 9324—80\* в приведенной ниже последовательности.

1. Основные размеры фрезы: наружный диаметр фрезы  $d_{a0}$ ; посадочный диаметр отверстия  $d$ ; общая длина фрезы  $L$ ; длина буртиков  $l$  и число зубьев (число стружечных канавок)  $z$ .

2. Размеры профиля зубьев в нормальном и осевом сечениях: шаг профиля зуба  $P_{no}$ ,  $P_{xo}$ ; толщина зуба  $S_{no}$ ; высота зуба  $h_0$  и другие размеры профиля (рис. 79, а).

3. Расчетные размеры фрезы: угол подъема витка  $\gamma_{m0}$ ; угол наклона стружечных канавок  $\lambda_{m0}$ ; ход винтовой стружечной канавки  $P_z$ ; затылование  $K$ . Если зуб червячной фрезы для цилиндрических колес должен иметь специальный профиль, отличающийся от стандартного ( $\alpha \neq$

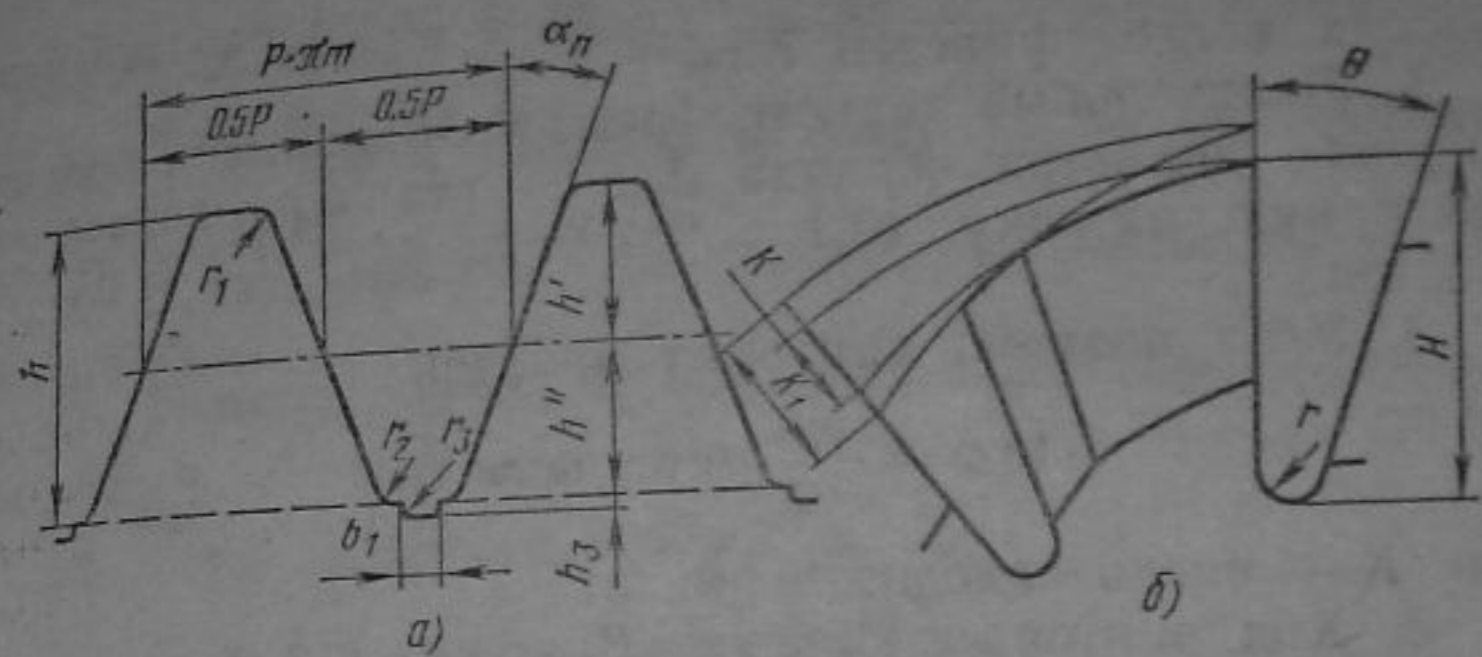


Рис. 79. Схемы для определения элементов профиля (а) и затылования зубьев (б) червячной фрезы

$\neq 20^\circ$ ), то применяют различные методы профилирования, приведенные в специальной литературе.

4. Шпоночный паз выполняют по ГОСТ 9472—83. Для облегчения шлифования отверстий и лучшей посадки фрезы на оправку в нем делают выточку глубиной до 1 мм и длиной  $l \approx 0,3L$ .

5. Геометрические элементы лезвия рабочей части фрезы: передний угол  $\gamma = 0$ ; задний угол на вершине зубьев  $\alpha = 9 \dots 12^\circ$ .

6. Элементы стружечных канавок фрезы (рис. 79, б): глубина канавки  $H = h + K + r$  для фрез с нешлифованным профилем и  $H = h + \frac{K + K_1}{2} + r$  для фрез со шлифованным профилем; здесь  $h$  — высота зуба;

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{2} \operatorname{tg} \alpha \text{ — затылование.}$$

Здесь  $r$  — радиус дна стружечной канавки;  $K_1$  — дополнительное затылование;  $K_1 = (1,2 \dots 1,5) K$ ;  $\alpha$  — задний угол.

7. Технические требования к фрезам принимают по ГОСТ 9324—80\*.

Зуборезные червячные фрезы для обработки червячных колес различают в зависимости от способа фрезерования: а) работающие с радиальным врезанием и подачей; б) работающие с тангенциальным врезанием и тангенциальным движением подачи. Последние снабжают заборным конусом под углом  $\varphi_a$  на длине, равной 2,5—3 шагам. Фрезы выполняют как насадными, так и с коническим хвостовиком [1, 11, 12, 18].



Порядок расчета червячных фрез для обработки червячных колес приведен ниже.

1. Делительный диаметр фрезы  $d_m$  принимают больше среднего диаметра червяка  $d_{ср}$  на величину запаса на повторную заточку  $(0,1 \dots 0,05) m$ ;  $d = d_{ср} + (0,1 \dots 0,05) m$ .

2. Угол подъема винтовых канавок

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{mK}{d_m} \quad (\text{при } \omega \approx \tau),$$

где  $K$  — число заходов червяка.

3. Шаг винтовых канавок  $P_z = \pi d_m \operatorname{ctg} \omega$ .

4. Высота головки зуба фрезы  $h_1$  равна высоте ножки зуба червячного колеса  $h_2$ .

5. Высота ножки зуба фрезы  $h_2$  равна высоте ножки червяка  $h_1$ .

6. Полная высота профиля  $h = h_1 + h_2$ .

7. Осевой шаг от зуба к зубу  $P_{ос} = \pi m$ .

8. Осевой шаг витка (при многозаходном червяке)  $P = \pi m K = P_{ос} K$ .

9. Наружный диаметр фрезы  $d_{ао} = d_m + 2h_1$ .

10. Число зубьев фрезы

$$z = \frac{2\pi}{\arccos\left(1 - \frac{4,4m}{d_{ао}}\right)}.$$

После предварительного расчета следует вычертить зуб фрезы и убедиться, правильно ли принято число зубьев.

11. Угол заборного конуса выбирают в пределах  $\varphi_з = 11 \dots 13^\circ$ .

12. Задний угол фрезы по вершине  $\alpha_в$  определяется из соотношения

$$\operatorname{tg} \alpha_в = \frac{\operatorname{tg} \alpha_б}{\sin \alpha},$$

где  $\alpha_б = 3^\circ$  — задний угол на боковых сторонах профиля зуба червячной фрезы;  $\alpha = 20^\circ$  — угол зацепления.

13. Угол наклона верхних участков профиля к оси фрезы

$$\operatorname{tg} \varphi_x = \frac{Kz}{S_n},$$

где  $K$  — затылование;  $z$  — число зубьев фрезы;  $S_n$  — шаг канавки фрезы.

14. Угол правой стороны профиля (в осевом сечении)  $\operatorname{ctg} \alpha_n = \operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi_x$ .

15. Угол левой стороны профиля (в осевом сечении)  $\operatorname{ctg} \alpha_l = \operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \varphi_x$ .

16. Высота головки зуба в осевом сечении  $h_1 = h_1 \cos \varphi_x$ .

17. Толщина зуба на начальном диаметре  $S_n = \frac{\pi m}{2 \cos \varphi_x}$ .

18. Угол заборного конуса фрезы

$$\cos \varphi_з = \frac{\sqrt{m^2 + 4R^2 - m}}{2R},$$

где  $R$  — наружный радиус червячного колеса.

19. Длина заборного конуса  $l_k = (2,5 \dots 3) t_{ос}$ .

20. Длина рабочей части фрезы  $L = (4,5 \dots 5) t_{ос}$ .

21. Размер затылования

$$K = \frac{\pi D t}{z} \operatorname{tg} \alpha_в;$$

если профиль зуба фрезы шлифуют, то делают дополнительное затылование  $K_1 = (1,6 \dots 1,5) K$ .

22. Элементы стружечных канавок фрезы: глубина канавки  $H = h + K + r$ , где  $r = 1 + 3$  мм; угол профиля канавки  $\theta = 22 \dots 30^\circ$ .

23. Основные посадочные размеры насадных и хвостовых червячных колес выбирают по стандартам.

Пример 55. Рассчитать и сконструировать червячную чистовую однозаходную фрезу для нарезания цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Угол зацепления  $\alpha = 20^\circ$ . Модуль  $m = 10$  мм. У обрабатываемых колес 7-я степень точности (ГОСТ 1643—81). Материал заготовки — сталь 40Х. Нарезание колес производится на станке 53А50.

Решение. 1. Основные конструктивные и расчетные размеры фрезы принимаем по ГОСТ 9324—80\* (для цельных прецизионных фрез класса АА — тип 1): наружный диаметр фрезы  $d_{ао} = 180$  мм; диаметр посадочного отверстия  $d = 60$  мм; диаметр буртика  $d_1 = 95$  мм; длина фрезы  $L = 180$  мм; ширина буртиков  $l = 6$  мм (следовательно, рабочая длина фрезы — 168 мм); число зубьев (число стружечных канавок)  $z_0 = 12$ .

2. Размеры профиля зубьев в нормальном сечении: шаг профиля зуба в нормальном сечении  $P_{но} = 31,416$  мм; толщина зуба в нормальном сечении  $S_{но} = 15,93$  мм;



высота зуба  $h_0 = 25$  мм; высота головки зуба  $h_{a0} = 12,5$  мм; высота ножки зуба до фланка  $h_{f0} = 5,5$  мм; толщина фланка наибольшая  $a_f = 0,08$  мм; радиус закругления головки зуба  $r_a = 3,8$  мм; радиус закругления ножки зуба  $r_f = 3$  мм.

3. Размеры профиля зуба в осевом сечении: шаг профиля зуба  $P_{x0} = 31,483$  мм; профильный угол профиля правой стороны зуба  $\alpha_{пр} = 20^\circ 08'$ , а левой стороны зуба  $\alpha_{л} = 19^\circ 57'$ ; средний расчетный диаметр фрезы  $d_{m0} = 152,0$  мм; угол подъема витка, равный углу наклона стружечных канавок,  $\gamma_{m0} = \lambda_{m0} = 3^\circ 46'$ ; затылование  $K = 10$  мм; дополнительное затылование  $K_1 = 1,4K = 14$  мм; ход винтовой стружечной канавки  $P_z = 7245$  мм.

4. Элементы стружечных канавок фрезы: глубина канавки

$$H = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + r = 25 + \frac{10 + 14}{2} + 2 = 39 \text{ мм};$$

угол профиля стружечной канавки  $\theta = 18^\circ$  (для  $z_0 = 12$ ); радиус закругления дна канавок

$$r = \frac{\pi (d_{a0} - 2H_k)}{10z} = \frac{3,14 (180 - 2 \cdot 39)}{10 \cdot 12} \approx 2,5 \text{ мм}.$$

5. Размеры посадочного отверстия и шпоночного паза по ГОСТ 9472—83;  $d = 60H5(+0,013)$ ;  $C_1 = 64,2H12(+0,3)$ ;  $a = 14C11(+0,205/+0,095)$ .

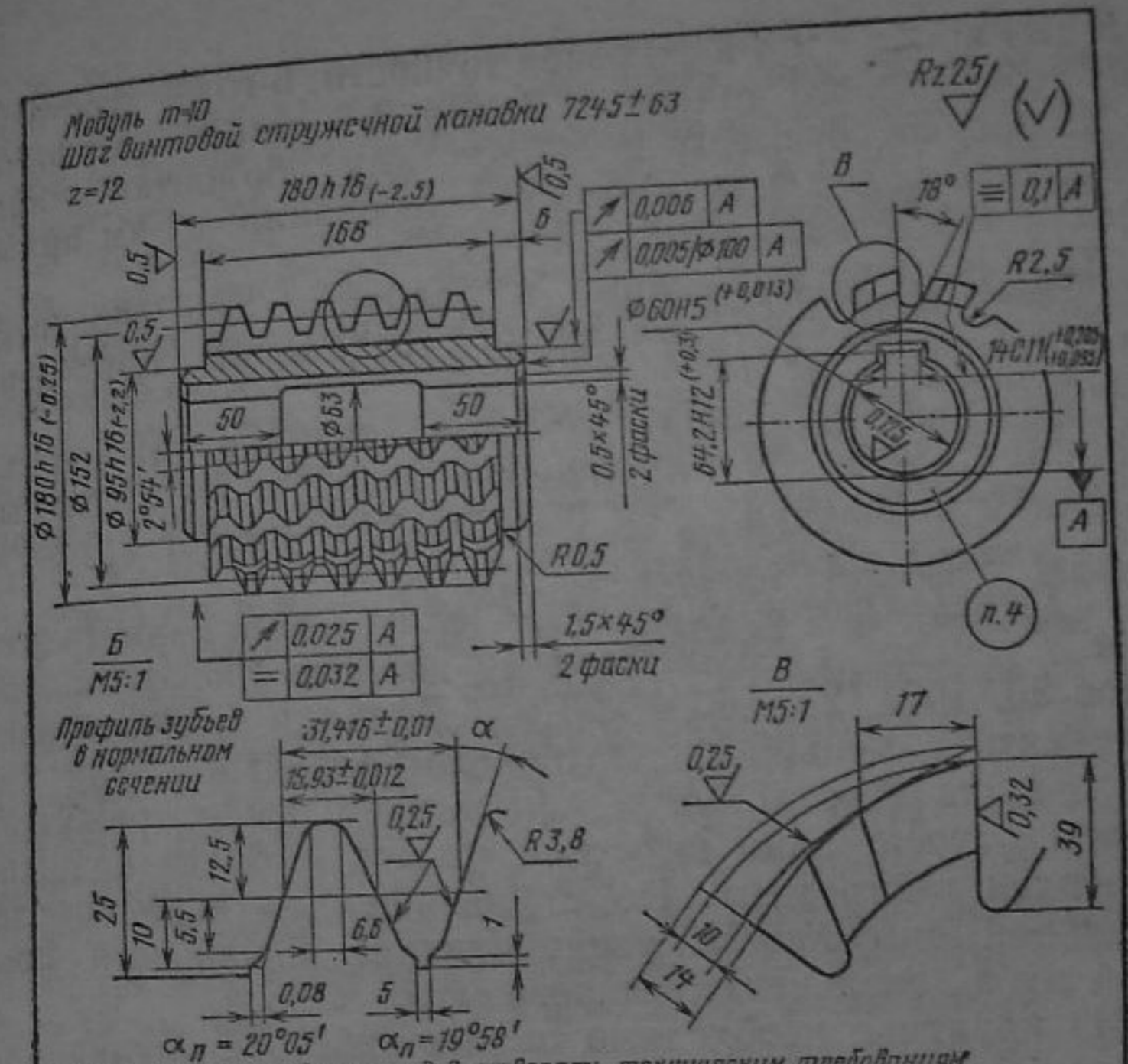
6. Размеры канавок для облегчения шлифования профиля зубьев:  $h_a = 1$  мм;  $r_a = 1$  мм;  $b = 0,3S_{n0} = 0,3 \times 15,93 \approx 5$  мм.

7. Технические требования на фрезу типа 1, класса АА принимаем по ГОСТ 9324—80\*.

8. Выполняем чертеж фрезы (рис. 80) с указанием всех предельных отклонений и технических требований (см. гл. 1, § 3).

Зуборезные долбяки делят на долбяки, предназначенные для обработки зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых колес с исходным контуром по ГОСТ 13755—81, а также для обработки зубьев валов и отверстий шлицевых соединений с эвольвентным профилем по ГОСТ 6033—80\*.

Зуборезные долбяки изготавливают следующих типов: 1-го — дисковые прямозубые долбяки классов точности АА, А и В для колес 6, 7 и 8-й степеней точности; 2-го —



1. Фреза червячная должна удовлетворять техническим требованиям ГОСТ 9324—80.
2. Твердость 63...66 HRC<sub>3</sub>.
3. Неуказанные предельные отклонения отверстий H14, валов h14, остальных размеров  $\pm \frac{IT14}{2}$  по ГОСТ 25347—82.
4. Маркировать: модуль, класс точности, угол профиля, угол подъема витка, шаг винтовой стружечной канавки, марку стали, товарный знак завода-изготовителя (m10-AA-20°-ω3°46'-шаг 12213-P18-φ).

Курсовая работа								
Изм.	Ист.	№ докум.	подп.	дата	Фреза червячная чистовая для цилиндрических зубчатых колес	Листер	Масса	Листов
Разраб.		Петров А.Б.		07.11.92			К	7,8
Пров.		Иванов Б.А.		15.11.92	Лист 1			Листов 1
Г. контр.					МСИТ			зр. 3504 Д
И. контр.					Сталь P18 ГОСТ 19265-73			
Утв.								

Рис. 80. Чертеж червячной фрезы

дисковые косозубые классов точности А и В для 7 и 8-й степеней точности; 3-го — чашечные прямозубые — классов точности АА, А и В для колес 6, 7 и 8-й степеней точности; 4-го — хвостовые прямозубые классов точности А



и *B* для колес 7 и 8-й степеней точности; 5-го — хвостовые косозубые класса точности *B* для 8-й степени точности.

Основные размеры долбяков для обработки цилиндрических колес и технические требования к ним приведены в ГОСТ 9323—79\*.

Технические требования к долбякам для обработки валов и отверстий шлицевых соединений приведены в ГОСТ 6762—79\*.

При конструировании и расчете долбяка для нарезания прямозубых цилиндрических колес с эвольвентным профилем используют ГОСТ 9323—79\*. Расчет проводят в следующей последовательности.

1. Определяют номинальный делительный диаметр долбяка. Стандарт предусматривает диаметр дисковых долбяков 80, 100, 125, 160 и 200 мм. Долбяки целесообразно применять с меньшим делительным диаметром, так как чем меньше этот диаметр, тем меньше вылет режущих кромок относительно штосселя станка и более надежно закреплен инструмент. Но с уменьшением диаметра делительной окружности увеличиваются искажения профиля зуба (эвольвенты) нарезаемого колеса.

На практике необходимо придерживаться следующих соотношений между диаметром делительной окружности долбяка и модулем нарезаемого колеса:

Диаметр $d_{a0}$ , мм	80	100	125	160	200
Модуль $m_0$ , мм	1—5	1—8	2—10	6—10	8—12

Обычно при конструировании долбяков тип, класс точности и диаметр делительной окружности долбяков задают.

2. Определяют основные размеры долбяка: диаметр делительной окружности  $d_0$ ; диаметр вершин зубьев  $d_{a0}$ ; диаметр посадочного отверстия  $d$  и выточку  $d_2$ ; высоту долбяка  $B$ ; ширину ступицы  $b_1$ ; расстояние исходного сечения от передней поверхности  $A$ .

3. Число зубьев долбяка выбирают из ГОСТ 9323—79\* или определяют с учетом номинального делительного диаметра долбяка  $d_0$  и модуля  $m$ , причем предпочтительно принимать четные значения чисел зубьев:  $z_{II} = \frac{d_0}{m}$ .

4. Геометрические элементы лезвия при вершине зуба следующие: передний угол  $\gamma = 5^\circ$ ; задний угол  $\alpha = 6^\circ$ . Для черновых долбяков задний угол  $\alpha$  можно увеличивать до 9—12°.

5. Размеры профиля зубьев долбяков в проекции передней поверхности на плоскость, перпендикулярную к оси, а также значения параметров профиля в контролируемом сечении принимают по прил. 1 к ГОСТ 9323—79\*.

6. Технические требования к зуборезным долбякам принимают по ГОСТ 9323—79\*.

**Пример 56.** Рассчитать и сконструировать чашечный прямозубый зуборезный долбяк для обработки зубчатых колес с модулем  $m_0 = 2,5$  мм, углом зацепления  $\alpha = 20^\circ$ , номинальным делительным диаметром 50 мм. Степень точности нарезаемых колес — 8-я. Материал заготовки — сталь 45 с  $\sigma_B = 650$  МПа ( $\approx 65$  кгс/мм<sup>2</sup>).

**Решение.** 1. Основные конструктивные и расчетные размеры чашечного долбяка принимаем по ГОСТ 9323—79\* (для долбяков 3-го типа, класса точности *B*); диаметр делительной окружности  $d_0 = 50$  мм; диаметр окружности вершин зубьев  $d_{a0} = 56,75$  мм; диаметр посадочного отверстия  $d_1 = 20H4^{(+0,005)}$ ; диаметр выточки  $d_2 = 28$  мм; диаметр ступицы  $d_3 = 37$  мм; расстояние исходного сечения от передней поверхности  $A = 2,4$  мм; ширина ступицы  $b_1 = 12$  мм; длина зубьев  $b_0 = 15$  мм; высота долбяка  $B = 25$  мм; число зубьев  $z_0 = 20$ .

2. Размеры профиля зубьев долбяка в проекции передней поверхности на плоскость, перпендикулярную к оси: высота головки  $h_{a0} = 3,375$  мм; толщина зуба теоретически делительная  $S_0 = 4,109$  мм; диаметр основной окружности  $d_{b0} = 46,933$  мм.

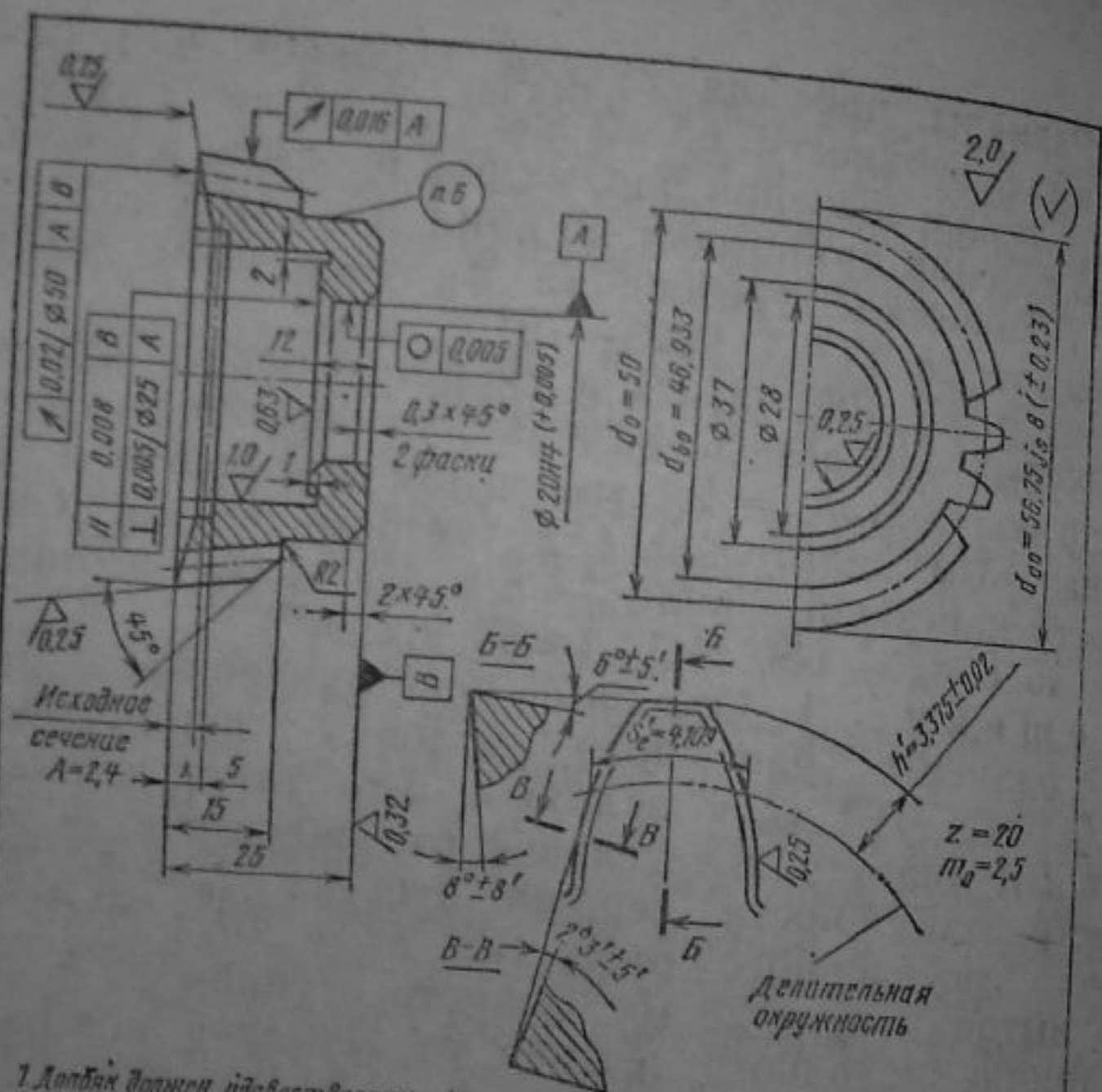
3. Технические требования на долбяк чашечный типа 3, класса *B* принимаем по ГОСТ 9323—79\*.

4. Выполняем чертеж долбяка (рис. 81) с указанием всех предельных отклонений и технических требований (см. на с. 25).

**Задача 74.** Рассчитать и сконструировать дисковую модульную фрезу с модулем  $m_0$ , заданным номером из набора, содержащего восемь фрез, для обработки стальных зубчатых колес (табл. 122). Основные размеры фрез выбрать по источникам [1, 12, 18].

**Задача 75.** Рассчитать и сконструировать цельную червячную фрезу для обработки цилиндрических зубчатых колес модуля  $m_0$  с углом зацепления  $\alpha = 20^\circ$ . Материал заготовки колеса — сталь 40ХН с  $\sigma_B = 950$  МПа ( $\approx 95$  кгс/мм<sup>2</sup>). Обработка производится на зуборезном станке 5К32П (табл. 123). Основные размеры принять по ГОСТ 9324—80\*.





1. Долбяк должен удовлетворять техническим требованиям ГОСТ 9323-79.\*
2. Твердость 64...65 HRC.
3. Отклонение профиля рабочей части зуба от теоретического не должно превышать 0,005 мм.
4. Разность соседних окружных шагов не более 0,006 мм. Накопленное отклонение окружного шага 0,018 мм.
5. Нормальные пределы отклонения отверстий H14, валов h14, остальных размеров ±IT14 по ГОСТ 25347-82.
6. Маркировка: металл, число зубьев долбяка, угол профиля, обозначение класса точности, марка стали долбяка, год выпуска, табирный знак завода-изготовителя (например 2,5-20-α-20°-A-118-1992-φ).

Курсовая работа			
Изм. №	Исполн.	Вед. Лист	Листов
Разраб.	Петров А.Б.	1/11/92	1/1
Проб.	Иванов В.А.	15.11.92	1/1
Провер.			
Исполн.			
Дата			
Долбяк чашечный прямоугольный с номинальным исходным диаметром 50 мм, m=2,5 мм, α=20°			
Сталь P18 ГОСТ 19265-73.			
МОНТ гв. 360+Д			

Рис. 81. Чертеж чашечного долбяка

**Задача 76.** Рассчитать и сконструировать сборную червячную фрезу 3-го типа для обработки цилиндрических зубчатых колес модуля  $m_0$  с углом зацепления  $\alpha = 20^\circ$ . Материал заготовки — сталь 45 с  $\sigma_B = 600$  МПа ( $\approx 60$  кгс/мм<sup>2</sup>) (табл. 124). Обработка производится на зубофрезерном станке 5343. Конструкцию фрезы выбрать по литературе [1], основные размеры принять по ГОСТ 9324-80\*.

122. Данные к задаче 74

№ варианта	$m_0$ , мм	№ фрезы в наборе
1	8	4
2	9	7
3	5	3
4	6	3
5	7	4
6	14	5
7	15	5
8	10	7
9	11	6
10	12	6

123. Данные к задаче 75

№ варианта	$m_0$ , мм	Степень точности колеса	Тип конструкции фрезы
1	5		
2	20	8	2
3	16		
4	12	11	
5	10		
6	8	7	
7	1		1
8	2	8	
9	3	9	
10	4	10	2

**Задача 77.** Рассчитать и сконструировать хвостовой зуборезный долбяк 4-го типа для нарезания зубчатых колес внутреннего зацепления с модулем  $m_0$ . Угол зацепления  $\alpha = 20^\circ$ . Номинальный делительный диаметр долбяка  $d_0$ . Степень точности нарезаемых колес — 7-я. Материал заготовки — сталь 40ХН с  $\sigma_B = 850$  МПа ( $\approx 85$  кгс/мм<sup>2</sup>) (табл. 125). Основные размеры принять по ГОСТ 9323-79\*.

124. Данные к задаче 76

№ варианта	$m_0$ , мм	Степень точности колеса	Исполнение фрезы*
1	16	11	1
2	14	8	1
3	12	9	1
4	8	8	1
5	10	9	1
6	11	10	1
7	25	11	2
8	22	8	2
9	20	9	2
10	18	10	2

\* Исполнение 1 — нормальных габаритных размеров, исполнение 2 — уменьшенных габаритных размеров.

125. Данные к задаче 77

№ варианта	$d_0$ , мм	Конус Морзе	$m_0$ , мм
1			1,5
2			1,25
3	38	B24	2,5
4			3,0
5			4,0
6			1,0
7			1,5
8	25	B18	2,0
9			2,5
10			3,0



126. Данные к задаче 78

№ варианта	$d_0$	$d_1$	$m_0$	Степень точности нарезаемых колес
	мм			
1	100	31,75	2	6
2			4,5	
3	125	44,45	5,5	7
4			7	6
5			8,0	7
6	160	70	1	8
7	80	31,75	3,5	6
8			5	7
9	200	100	10	8
10			101,60	12
				8

127. Данные к задаче 79

№ варианта	$d_0$	$d_1$	$m_0$	Степень точности нарезаемых колес
	мм			
1	50	20	2	7
2			1,5	
3			1	
4	125	44,45	7	6
5			6	8
6	100	31,75	5	6
7			4	7
8			3	8
9	80	20	2	6
10			3	7

Задача 78. Рассчитать и сконструировать дисковый зуборезный долбяк для нарезания зубчатых колес с модулем  $m_0$ . Угол зацепления  $\alpha = 20^\circ$ . Номинальный делительный диаметр долбяка  $d_0$ . Диаметр посадочного отверстия  $d_1$ . Материал заготовки — сталь 45, 175 НВ (табл. 126). Основные размеры принять по ГОСТ 9323—79\*.

Задача 79. Рассчитать и сконструировать чашечный зуборезный долбяк для нарезания зубчатых колес с модулем  $m_0$ . Угол зацепления  $\alpha = 20^\circ$ . Номинальный делительный диаметр долбяка  $d_0$ . Диаметр посадочного отверстия  $d_1$ . Материал заготовки — сталь 45 с  $\sigma_B = 600$  МПа ( $\approx 60$  кгс/мм<sup>2</sup>) (табл. 127). Основные размеры принять по ГОСТ 9323—79\*.



§ 1. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ

**Пример 57.** На токарно-винторезном станке 16К20 производится предварительное нарезание резцом напроход наружной метрической треугольной резьбы  $M60 \times 4-8g$ ; длина резьбы  $l = 80$  мм. Материал заготовки — сталь 45Х с  $\sigma_b = 750$  МПа ( $\approx 75$  кгс/мм<sup>2</sup>). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем резец и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем резьбовой резец для метрической резьбы. Материал пластины — твердый сплав Т15К6 (карта 22, с. 67); материал корпуса — сталь 45; сечение корпуса  $16 \times 25$  мм; длина резца 150 мм. Определяем геометрические элементы (прил. 2, с. 356): угол профиля резца  $60^\circ$  (показан на эскизе, приведенном в карте);  $\alpha = 6^\circ$ ;  $\gamma = 0$ ;  $r = 0,8$  мм (для шага резьбы  $P = 4$  мм).

II. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем число черновых рабочих ходов (карта 22, с. 67). Для наружной резьбы с шагом  $P = 4$  мм  $i = 6$ .

2. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца (карта 22, с. 67).

Для стали с  $\sigma_b = 71 \dots 79$  кгс/мм<sup>2</sup>, наружной резьбы точности 8g (3-го класса) и шага  $P = 4$  мм  $v_{табл} = 109$  м/мин.

Поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания при заданных условиях обработки не учитываем (каждый из них равен единице). Тогда  $v_n = v_{табл} = 109$  м/мин ( $\approx 1,82$  м/с).

Частота вращения шпинделя станка, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 60} = 578 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения шпинделя:  $n_d = 500$  мин<sup>-1</sup>.

Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 500}{1000} = 94,2 \text{ м/мин } (\approx 1,57 \text{ м/с}).$$

3. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 22, с. 67).

Для стали с  $\sigma_b = 71 \dots 79$  кгс/мм<sup>2</sup>, наружной резьбы заданной точности 8g (старое обозначение — 3-й класс) и шага  $P = 4$  мм  $N_{табл} = 6,9$  кВт.

Поправочные коэффициенты на мощность при заданных условиях обработки равны единице. Следовательно,  $N_{рез} = N_{табл} = 6,9$  кВт.

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 16К20  $N_d = 10$  кВт; КПД  $\eta = 0,75$ ;  $N_{шп} = 10 \cdot 0,75 = 7,5$  кВт;  $N_{рез} \leq N_{шп}$  ( $6,9 < 7,5$ ), т. е. обработка возможна.

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{l + l_1}{n_d P}.$$

Врезание и перебеги резца  $l_1$  (мм) устанавливаем по прил. 6, с. 375:  $l_1 = (5 \dots 8) P$ ; принимаем  $l_1 = 6P = 6 \cdot 4 = 24$  мм. При нарезании резьбы резцом подачу принимают численно равной шагу резьбы  $P$ :

$$T_0 = \frac{80 + 24}{500 \cdot 4} 6 = 0,31 \text{ мин}.$$

**Задача 80.** На токарно-винторезном станке 16К20 нарезают резцом метрическую резьбу (табл. 128). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] можно пользоваться справочниками [12, 16, 18].

**Пример 58.** На вертикально-сверлильном станке 2Н125 нарезают метчиком резьбу  $M20-6H$  в сквозном отвер-



№ варианта	Материал заготовки	Резьба, способ нарезания	Обработка	Размеры резьбы, мм	
				$D \times P$	$l$
1	Сталь Ст3, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Наружная, напроход	Черновая	M42×3—8g	65
2	Серый чугун, 180 НВ	Внутренняя, напроход	Чистовая	M120×3—5H	40
3	Сталь 45, $\sigma_B = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Наружная, в упор	Черновая	M64×3—8g	100
4	Бронза Бр.АЖН11-6-6, 200 НВ	Внутренняя, в упор	Чистовая	M80×2—5H	30
5	Сталь 40Х, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Внутренняя, напроход	Черновая	M140×1,5—7H	60
6	Серый чугун, 200 НВ	Наружная, в упор	»	M130×2—8g	40
7	Сталь 35, $\sigma_B = 580$ МПа ( $\approx 58$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Внутренняя, в упор	Чистовая	M60×3—5H	35
8	Серый чугун, 200 НВ	Наружная, напроход	Черновая	M48×1,5—8g	50
9	Сталь 38ХА, $\sigma_B = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Наружная, напроход	Чистовая	M90×4—6h	120
10	Серый чугун, 210 НВ	Внутренняя, в упор	Черновая	M100×2—8H	45

стии. Шаг резьбы  $P = 2,5$  мм. Длина резьбы  $l = 60$  мм. Материал заготовки — серый чугун, 170 НВ. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). I. Выбираем метчик и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем машинный метчик M20×2,5 из быстрорежущей стали P18 (или P6M5). Геометрические элементы (прил. 2, с. 365):  $\gamma = 8^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\varphi = 20^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ .

II. Назначаем режим резания.  
1. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами метчика (карта 84, с. 149).

Для серого чугуна и диаметра резьбы 20 мм  $v_{\text{табл}} = 8,5$  м/мин. Поправочные коэффициенты на скорость

главного движения резания для заданных условий обработки равны единице (там же), так как твердость чугуна 156—229 НВ, точность резьбы 6H (старое обозначение 2-й класс) и материал режущей части метчика — P18. Тогда  $v_n = v_{\text{табл}} = 8,5$  м/мин ( $\approx 0,14$  м/с). Частота вращения шпинделя станка, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 8,5}{3,14 \cdot 20} = 135 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения шпинделя:  $n_d = 125 \text{ мин}^{-1}$ .

Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 125}{1000} = 7,8 \text{ м/мин } (\approx 0,13 \text{ м/с}).$$

2. Мощность, затрачиваемая на резание (карта 84, с. 149), для серого чугуна и диаметра резьбы 20 мм  $N_{\text{табл}} = 0,89$  кВт. Поправочные коэффициенты на мощность для заданных условий равны единице. Тогда  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 0,89$  кВт.

Проверяем, достаточна ли мощность станка. У станка 2Н125  $N_{\text{шп}} = N_d \eta = 2,8 \cdot 0,8 \approx 2,2$  кВт;  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$  ( $0,89 < 2,2$ ), т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{l + l_1}{P n_d} + \frac{l + l_1}{P n_1}$$

(второе слагаемое учитывает время на вывертывание метчика из нарезанного отверстия).

Врезание и перебег метчика  $l_1$  устанавливаем по нормативам (прил. 4, с. 375). Они складываются из длины заборной части метчика (три—шесть витков) и калибрующей части (один—два витка). Принимаем  $l_1 = 4P + 2P = 6P = 6 \cdot 2,5 = 15$  мм; частота вращения метчика при обратном ходе  $n_1 = 1,25n_d$ . Тогда  $n_1 = 1,25 \cdot 125 = 156 \text{ мин}^{-1}$ . По данным станка  $n_1 = 180 \text{ мин}^{-1}$ .

$$T_0 = \frac{60 + 15}{2,5 \cdot 125} + \frac{60 + 15}{1,5 \cdot 180} = 0,24 + 0,17 = 0,41 \text{ мин.}$$

**Задача 81.** На вертикально-сверлильном станке 2Н125 машинным метчиком нарезают в отверстии метрическую резьбу (табл. 129). Необходимо: выбрать режущий ин-



№ варианта	Материал заготовки	Отверстие	Резьба	Размеры резьбы, мм	
				Шаг $P$	Длина $l$
1	Сталь 35, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Сквозное	M14—7H	2	30
2	Серый чугун, 180 НВ	Глухое	M16—6H	2	45
3	Сталь 45, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )		M12—6H	1,75	30
4	Серый чугун, 200 НВ	Сквозное	M10—7H	1,5	25
5	Сталь 40X, $\sigma_B = 700$ МПа ( $\approx 70$ кгс/мм <sup>2</sup> )		M20—6H	2,5	50
6	Силумин АЛ4, 50 НВ	Глухое	M14—6H	2	35
7	Сталь 38XA, $\sigma_B = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )		M8—7H	1,25	18
8	Серый чугун, 170 НВ	Сквозное	M12—6H	1,75	25
9	Сталь 45XH, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )		M16—6H	2	40
10	Серый чугун, 190 НВ	Сквозное	M8—7H	1,25	20

струмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] можно пользоваться справочниками [10, 12, 16, 18].

**Пример 59.** На резьбофрезерном станке 5Б63 нарезают гребенчатой резьбовой фрезой наружную резьбу M42x

x2—8g длиной  $l = 42$  мм. Материал заготовки — сталь 40,  $\sigma_B = 650$  МПа ( $\approx 65$  кгс/мм<sup>2</sup>). Охлаждение — сульфозол. Эскиз обработки показан на рис. 82. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [7]). 1. Выбираем фрезу и устанавливаем ее размеры и геометрические элементы. Принимаем резьбовую гребенчатую фрезу насадную из

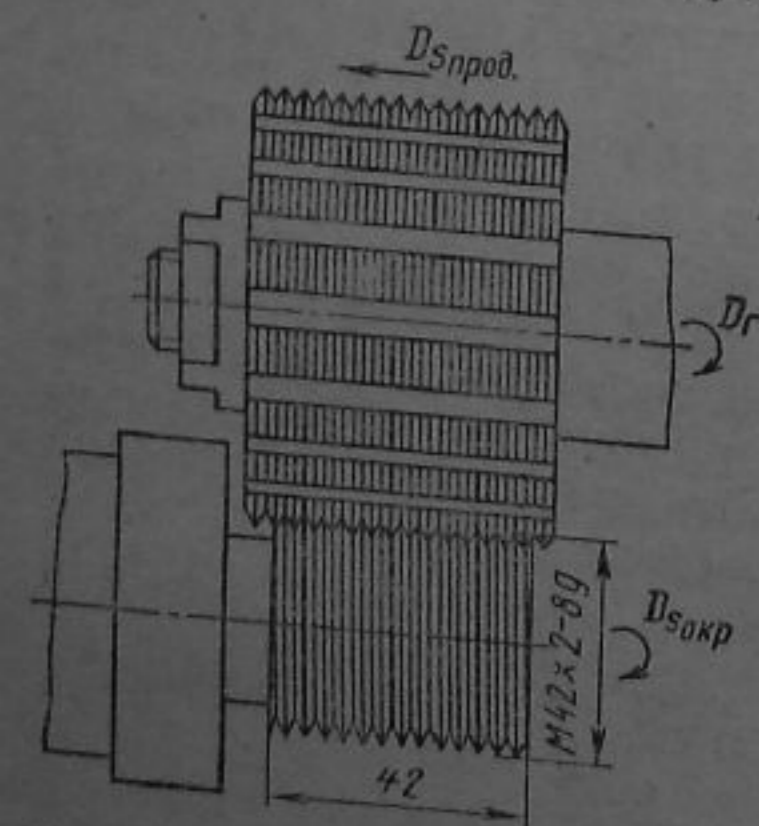


Рис. 82. Эскиз обработки к примеру 59

быстрорежущей стали P18. Наружный диаметр фрезы  $D$ , число зубьев  $z$  и ширину фрезы  $B$  выбираем по стандарту ([16], табл. 143, с. 229). На станке 5Б63 могут быть установлены стандартные насадные гребенчатые фрезы следующих параметров:  $D = 80$  мм,  $z = 16$ ,  $B = 50$  мм и  $B = 63$  мм;  $D = 100$  мм,  $z = 16$ ,  $B = 63$  мм и  $B = 80$  мм.

Ширина фрезы зависит от длины нарезаемой резьбы:  $B = l + (2 \dots 3) P$ , где  $P$  — шаг резьбы. Найденное значение округляют до ближайшего большего значения по стандарту. В рассматриваемом примере  $B = 42 + 3 \cdot 2 = 48$  мм. Принимаем по стандарту  $B = 50$  мм,  $D = 80$  мм,  $z = 16$ . Шаг кольцевых витков фрезы соответствует шагу нарезаемой резьбы, т. е. равен 2 мм. Геометрические элементы:  $\alpha = 8^\circ$  ([16], табл. 147, с. 231);  $\gamma = 5^\circ$  ([12], с. 448).

II. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем подачу на зуб фрезы ([7], карта 200, с. 344).

Для стали с  $\sigma_B < 80$  кгс/мм<sup>2</sup>, диаметра нарезаемой резьбы до 50 мм, шага резьбы 2 мм принимаем  $S_z = 0,05 \dots 0,06$  мм/зуб. Согласно примеч. 1 к карте 200 приведенная подача соответствует заданной точности резьбы 8g (старое обозначение — 3-й класс). В соответствии с примеч. 2 к этой карте принимаем для фрезы  $D = 63$  мм большее значение рекомендуемого диапазона подач, т. е.  $S_z = 0,06$  мм/зуб.

2. Назначаем период стойкости фрезы. В связи с отсутствием в используемых нормативах рекомендаций по выбору стойкости резьбовых гребенчатых фрез принимаем среднее значение указанной стойкости по справочнику [16], табл. 49, с. 296:  $T = 100$  мин.

3. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы ([7], карта 201, с. 345).

Для шага резьбы  $P = 2$  мм,  $S_z$  до 0,06 мм/зуб и  $D = 80$  мм  $v_{\text{табл}} = 39$  м/мин. Учитываем поправочный коэффициент на скорость (карта 201, лист 2, с. 346):  $k_{Mv} = 1,15$ , так как у обрабатываемой стали  $\sigma_B = 65$  кгс/мм<sup>2</sup>. Тогда  $v_n = v_{\text{табл}} = 39 \cdot 1,15 = 44,8$  м/мин ( $\approx 0,75$  м/с).

Частота вращения фрезы, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 4,48}{3,14 \cdot 80} = 178 \text{ мин}^{-1}.$$



№ варианта	Материал заготовки	Размеры резьбы, мм		Обработка
		D x P	l	
1	Сталь 35, $\sigma_B = 520$ МПа ( $\approx 52$ кгс/мм <sup>2</sup> )	M30 x 2-8g	42	С охлаждением
2	Серый чугун, 200 НВ	M45 x 2-8g	48	
3	Сталь 40X, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	M68 x 3-6g	34	Без охлаждения
4	Сталь 40XH, $\sigma_B = 680$ МПа ( $\approx 68$ кгс/мм <sup>2</sup> )	M60 x 2-6g	30	С охлаждением
5	Ковкий чугун, 150 НВ	M80 x 2-6g	40	То же
6	Сталь 20X, $\sigma_B = 500$ МПа ( $\approx 50$ кгс/мм <sup>2</sup> )	M52 x 1,5-8g	45	»
7	Сталь 45, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	M36 x 3-8g	20	»
8	Серый чугун, 220 НВ	M36 x 2-8g	50	Без охлаждения
9	Сталь 20, $\sigma_B = 420$ МПа ( $\approx 42$ кгс/мм <sup>2</sup> )	M42 x 3-8g	36	С охлаждением
10	Сталь 40, $\sigma_B = 560$ МПа ( $\approx 56$ кгс/мм <sup>2</sup> )	M80 x 4-6g	50	То же

Корректируем частоту вращения шпинделя по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения:  $n_d = 160 \text{ мин}^{-1}$ .

Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 160}{1000} = 40,8 \text{ м/мин } (\approx 0,67 \text{ м/с}).$$

4. Определяем частоту вращения шпинделя заготовки

$$n_s = \frac{S_z z n_d}{\pi d_s} = \frac{0,06 \cdot 16 \cdot 160}{3,14 \cdot 42} = 1,16 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя заготовки по данным станка  $n_s = 1 \text{ мин}^{-1}$ .

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{L}{v_s} = \frac{1,25 \pi d_s}{S_z z n_d},$$

где  $L$  — длина пути в направлении движения окружной подачи заготовки, мм;  $L = 1,25 \pi l_s$ ;  $v_s$  — скорость движения окружной подачи заготовки, мм/мин;  $v_s = S_z z n_d$ .

Подставив в формулу основного времени значение  $n_s = \frac{S_z z n_d}{\pi d_s}$ , получим

$$T_0 = \frac{1,25}{n_s} = \frac{1,25}{1,0} = 1,25 \text{ мин.}$$

Задача 82. На резьбофрезерном станке 5Б63 гребенчатой фрезой нарезают наружную метрическую резьбу (табл. 130). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

При решении задач кроме нормативов [7] можно пользоваться справочниками [10, 16, 18].

### § 2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РЕЗЬБОНАРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

К основным видам режущего инструмента для образования резьбы (резьбонарезного) относятся резьбовые резцы и гребенки, метчики и плашки, винторезные самооткрывающиеся головки, резьбовые фрезы, а также инструмент для накатывания резьбы. Основные размеры, профиль, диаметры и шаги метрической резьбы для диаметров 1—600 мм установлены ГОСТ 8724—81, ГОСТ 9150—81 и ГОСТ 2405—81, а допуски этой резьбы — ГОСТ 16093—81, в котором также предусмотрено обозначение полей допуска на метрические резьбы (табл. 131).

Резьбовые резцы по конструкции делят на стержневые, призматические и дисковые. Резцы могут быть односточными и многосточными; последние называют гребенками. Конструктивные элементы стержневых резьбовых

131. Обозначение полей допуска на метрические резьбы

Класс точности по ранее действовавшему стандарту	Поле допуска на резьбу по ГОСТ 16093—81	
	Болт	Гайка
1	4g	4H5H
2 2a	6g	6H
3	8g	7H



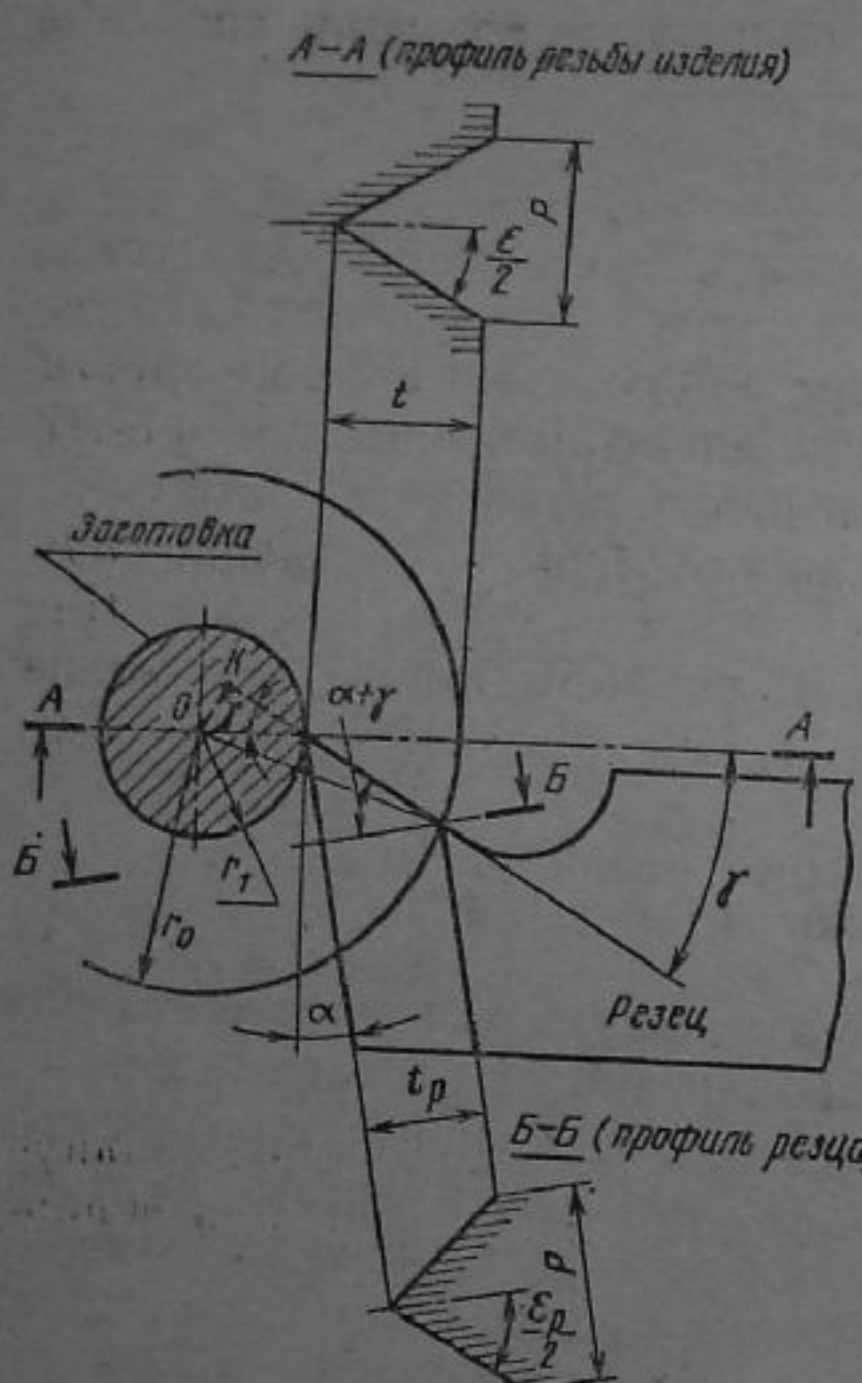


Рис. 83. Графическое определение профиля стержневого резьбового резца

При нарезании резьбы с крупным шагом, трапецеидальной и др. задние углы  $\alpha_{р.п}$  и  $\alpha_{р.л}$  на боковых сторонах профиля в сечениях, перпендикулярных к ним, зависят от заднего угла при вершине лезвия  $\alpha$  и угла профиля резьбы  $\epsilon$ . При нарезании правой резьбы они определяются по следующим формулам: для правой режущей кромки  $\alpha_{р.п} = \alpha_p + \mu_n$ ; для левой режущей кромки  $\alpha_{р.л} = \alpha_p - \mu_n$ , где  $\alpha_p$  — условный боковой задний угол, который определяется из уравнения  $\text{tg } \alpha_p = \text{tg } \alpha \sin \frac{\epsilon}{2}$ ;  $\mu_n$  и  $\mu_l$  — углы дополнительного наклона траектории движения инструмента в сечениях, перпендикулярных к режущим кромкам.

Углы  $\mu_n$  и  $\mu_l$  могут быть определены из уравнений

$$\text{tg } \mu_n = \text{tg } \tau_0 \cos \frac{\epsilon}{2}; \quad \text{tg } \mu_l = \text{tg } \tau_1 \cos \frac{\epsilon}{2},$$

где  $\tau_0$  — угол подъема резьбы на наружном диаметре;

$$\text{tg } \tau_0 = \frac{P}{\pi d_0};$$

резцов выбирают исходя из сечения корпуса и геометрических параметров лезвия резца.

Сечение корпуса резцов принимается прямоугольным, квадратным или круглым. Передний угол  $\gamma$  и задний угол  $\alpha$  выбирают по табл. 47 или по нормативам [7], карта 2, с. 356. Для чистовых резцов передний угол может быть взят равным нулю.

При нарезании резьбы с крупным шагом, трапецеидальной и др. задние углы  $\alpha_{р.п}$  и  $\alpha_{р.л}$  на боковых сторонах профиля в сечениях, перпендикулярных к ним, зависят от заднего угла при вершине лезвия  $\alpha$  и угла профиля резьбы  $\epsilon$ . При нарезании

$\tau_1$  — угол подъема резьбы на внутреннем диаметре;

$$\text{tg } \tau_1 = \frac{P}{\pi d_1}.$$

Для остроугольных резьб с углом профиля  $\epsilon = 55 \dots 60^\circ$  и углом подъема  $\tau = 3 \dots 4^\circ$  влияние угла  $\mu$  не учитывается. Для трапецеидальной и прямоугольной резьб угол  $\mu$  имеет большое значение и должен учитываться при определении задних углов резца.

Определяем профиль резьбового резца в сечении ББ, перпендикулярном к задней поверхности (рис. 83). Для случая, когда  $\gamma > 0$ , высота профиля резца  $t_p$  (отрезок до острой вершины) и угол профиля  $\epsilon_p$  определяются по формулам

$$t_p = (\sqrt{r_0^2 - r_1^2 \sin^2 \gamma} - r_1 \cos \gamma) \cos (\alpha + \gamma);$$

$$\text{tg } \frac{\epsilon_p}{2} = \frac{P}{2t_p},$$

где  $P$  — шаг резьбы изделия;  $r_0$  — наружный радиус резьбы изделия;  $r_1$  — внутренний радиус резьбы изделия.

Для случая, когда  $\gamma = 0$ ,

$$t_p = (r_0 - r_1) \cos \alpha = t \cos \alpha;$$

$$\text{tg } \frac{\epsilon_p}{2} = \frac{\text{tg } \frac{\epsilon}{2}}{\cos \alpha},$$

где  $t$  — теоретическая высота резьбы.

Конструктивные элементы дисковых резьбовых резцов выбирают следующим образом: 1) наружный диаметр корпуса резца наиболее часто назначают равным 40 или 50 мм; для нарезания внутренних резьб применяют дисковые хвостовые резцы с диаметром рабочей части 8, 12, 18 и 24 мм; 2) геометрические элементы лезвия резца выбирают по табл. 47, как для фасонного резца; профиль резца может быть определен графическим путем (рис. 84).

Преимуществом графического способа является наглядность; к его недостаткам надо отнести погрешность при графических построениях, в связи с чем рекомендуется построения выполнять в большом масштабе (100 : 1). Профиль резца должен быть приведен на чертеже в радиальном сечении. Размеры профиля могут быть рассчитаны по формулам:







5. Передний угол  $\gamma$  на заборной и калибрующей частях и задний угол  $\alpha$  на заборной части метчика (рис. 86) выбирают по следующим данным:

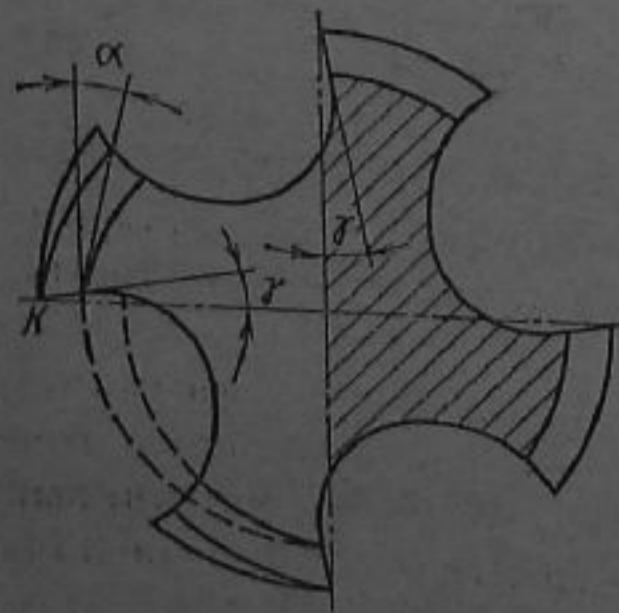
Материал заготовки	
Сталь:	$\gamma, ^\circ$
$\sigma_B < 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	15
$\sigma_B = 600 \dots 900$ МПа ( $\approx 60 \dots 90$ кгс/мм <sup>2</sup> )	10
$\sigma_B > 900$ МПа ( $\approx 90$ кгс/мм <sup>2</sup> )	5
Чугун	5
Бронза	0
Латунь	10
Алюминий и его сплавы	20—30
Метчики	
Машинные	$\alpha, ^\circ$
Ручные	8—10
Гаечные и машинные со шлифованным профилем	6—8
Калибровочные	8—12
Для легких сплавов	3—4
	4—8

6. Затылование на длине заборной части

$$K = \frac{\pi d_0}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

7. Обратная конусность на калибрующей части составляет 0,05—0,10 мм на 100 мм длины (в зависимости от метода образования резьбы на метчике).

8. Размеры профиля резьбы чистовых метчиков определяют по стандартам на определенный тип резьбы. Диаметры резьбы черновых метчиков в комплекте из 2 шт. определяют по следующим формулам (для метрической резьбы):



наружный диаметр:

$$\begin{aligned} \text{наибольший } d''_q &= d' - 0,25P; \\ \text{наименьший } d'_q &= d''_q - \text{допуск } h11; \end{aligned}$$

средний диаметр:

$$\text{наибольший } d''_{2q} = d'_{2q} - 0,07 \sqrt{P};$$

$$\text{наименьший } d'_{2q} = d''_{2q} - \text{допуск } h9;$$

Рис. 86. Геометрические элементы метчика

внутренний диаметр:

$$\text{наибольший } d'_{1q} = d'_1 - 0,1 \sqrt{P};$$

наименьший — не нормируется.

У метчиков в комплекте из 3 шт. диаметры резьбы определяют по следующим формулам: для чернового метчика:

наружный диаметр:

$$\text{наибольший } d''_q = d' - 0,55P;$$

$$\text{наименьший } d'_q = d''_q - \text{допуск } h11;$$

средний диаметр:

$$\text{наибольший } d''_{2q} = d'_{2q} - 0,16P;$$

$$\text{наименьший } d'_{2q} = d''_{2q} - \text{допуск } h9;$$

внутренний диаметр:

$$\text{наибольший } d'_{1q} = d'_1 - (0,03 \dots 0,12 \sqrt{P});$$

наименьший — не нормируется;

для среднего метчика:

наружный диаметр:

$$\text{наибольший } d''_c = d' - 0,17P;$$

$$\text{наименьший } d'_c = d''_c - \text{допуск } h11;$$

средний диаметр:

$$\text{наибольший } d''_{2c} = d'_{2c} - 0,067 \sqrt{P};$$

$$\text{наименьший } d'_{2c} = d''_{2c} - \text{допуск } h9;$$

внутренний диаметр:

$$\text{наибольший } d'_{1c} = d'_1 - 0,09 \sqrt{P}.$$

Допустимое отклонение для половины угла профиля  $\alpha/2$  и шага резьбы  $P$  на определенном отрезке длины определяют по ГОСТ 16925—71\*.

В ГОСТ 16925—71\* на допуски на резьбу метчиков предусмотрено изготовление метчиков трех степеней точности (H1, H2 и H3) для метрической резьбы с посадками скольжения и двух степеней точности (G1 и G2) для резьбы с посадками с зазорами.

Метчики предназначены для нарезания резьбы следующих степеней точности:



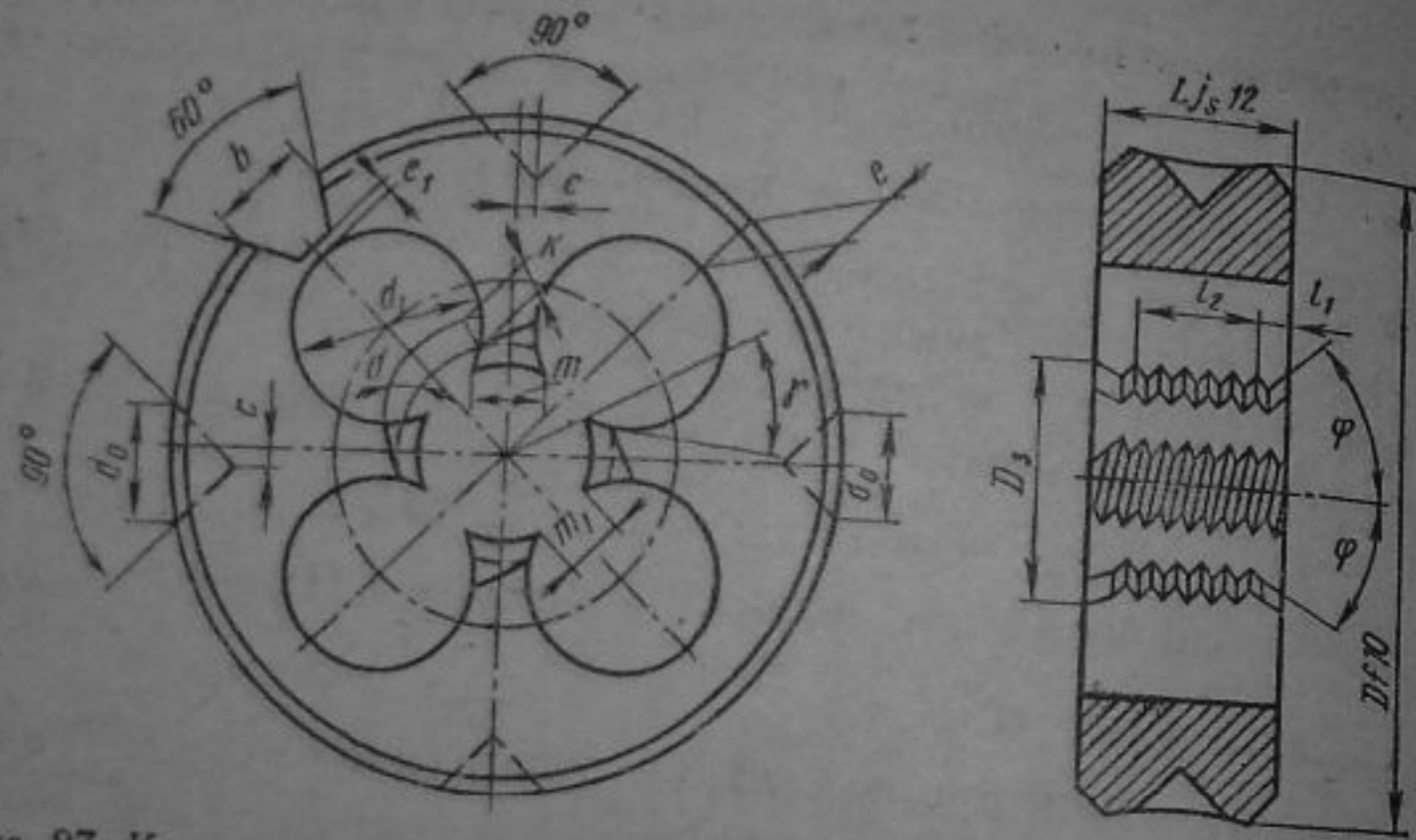


Рис. 87. Конструктивные и геометрические элементы круглой плашки

Степень точности метчика	H1	H2	H3	G1	G2
Степень точности нарезаемой резьбы	4H5H, 5H6H	5H6H, 6H	6H, 7H	G6	G7

Для трубной резьбы метчики изготавливают трех степеней точности ( $A_1$ ,  $A_2$  и  $B_1$ ).

9. Размеры и допуски диаметров и квадратов хвостовиков метчиков должны соответствовать ГОСТ 9523—84.

10. Метчики машинные, гаечные и специального назначения со шлифованным профилем изготавливают из быстрорежущих сталей P6M5, P9, P18. Метчики диаметром 10 мм и выше изготавливают из быстрорежущей стали только сварными. Ручные метчики изготавливают из сталей У10А, У12А, 9ХС, ХВГ и др. Твердость режущей части метчиков 62—66 HRC<sub>2</sub>; твердость квадратов хвостовиков 32—51,5 HRC<sub>2</sub> (в зависимости от стали и диаметра метчика).

Плашки по конструкции делят на круглые, квадратные, шестигранные и трубчатые. Наиболее распространены круглые плашки по ГОСТ 9740—71\* (издание 1981 г.). Конструктивные элементы плашек (рис. 87) приведены ниже.

1. Наружный диаметр корпуса плашек  $D$  и число стружечных отверстий  $z$  выбирают в зависимости от номинального диаметра резьбы по соответствующим стандартам плашки.

2. Угол заборной части (главной режущей кромки)  $\varphi$  (с обоих торцов плашки) выбирают 25—30° в зависимости от материала заготовки.

3. Превышение высоты заборной части над высотой резьбы  $a = 0,05—0,15$  мм.

4. Диаметр заборной части  $D_s = d + 2a$ , где  $d$  — наружный диаметр резьбы.

5. Длину калибрующей части (с полным профилем резьбы) выбирают равной 3—6 ниткам.

6. Высоту круглых плашек устанавливают по ГОСТ 9740—71\*. У плашек для нарезания мелких метрических резьб предусмотрена односторонняя торцовая выточка.

7. Геометрические элементы лезвия плашки выбирают следующим образом. Передний угол  $\gamma$  зависит от материала заготовки:

Материал заготовки	$\gamma$ , °
Сталь с $\sigma_B > 900$ МПа ( $\approx 900$ кгс/мм <sup>2</sup> ), чугун, бронза	10—12
Сталь с $\sigma_B = 600 \dots 900$ МПа ( $\approx 60 \dots 90$ кгс/мм <sup>2</sup> ), латунь	15—20
Сталь с $\sigma_B < 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> ), легкие сплавы	20—25

Для плашек, изготавливаемых в централизованном порядке,  $\gamma = 25^\circ \pm 10^\circ$ .

Передняя поверхность может быть выбрана прямолинейной или криволинейной (рис. 88, а, б).

Задний угол (по заборной части)  $\alpha = 6 \dots 8^\circ$ . Затылование, необходимое для образования угла  $\alpha$ :

$$K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

8. Ширина пера (режущего зуба)  $m = 0,4 \frac{\pi d}{z}$ . Ширина просвета  $m_1 = (0,8 \dots 1,0) m$ .

9. Диаметр  $d_1$  стружечных отверстий и диаметр  $d_2$  окружности расположения их центров определяют по следующим формулам:

для криволинейной формы передней поверхности

$$d_1 = \frac{d \sin \omega}{\sin (\delta - \omega)},$$

$$d_2 = d [\cos \omega + \sin \omega \operatorname{ctg} (\delta - \omega)],$$

где  $\delta = 90^\circ - \gamma$ ;  $\sin \omega = \frac{m_1}{d}$ ;



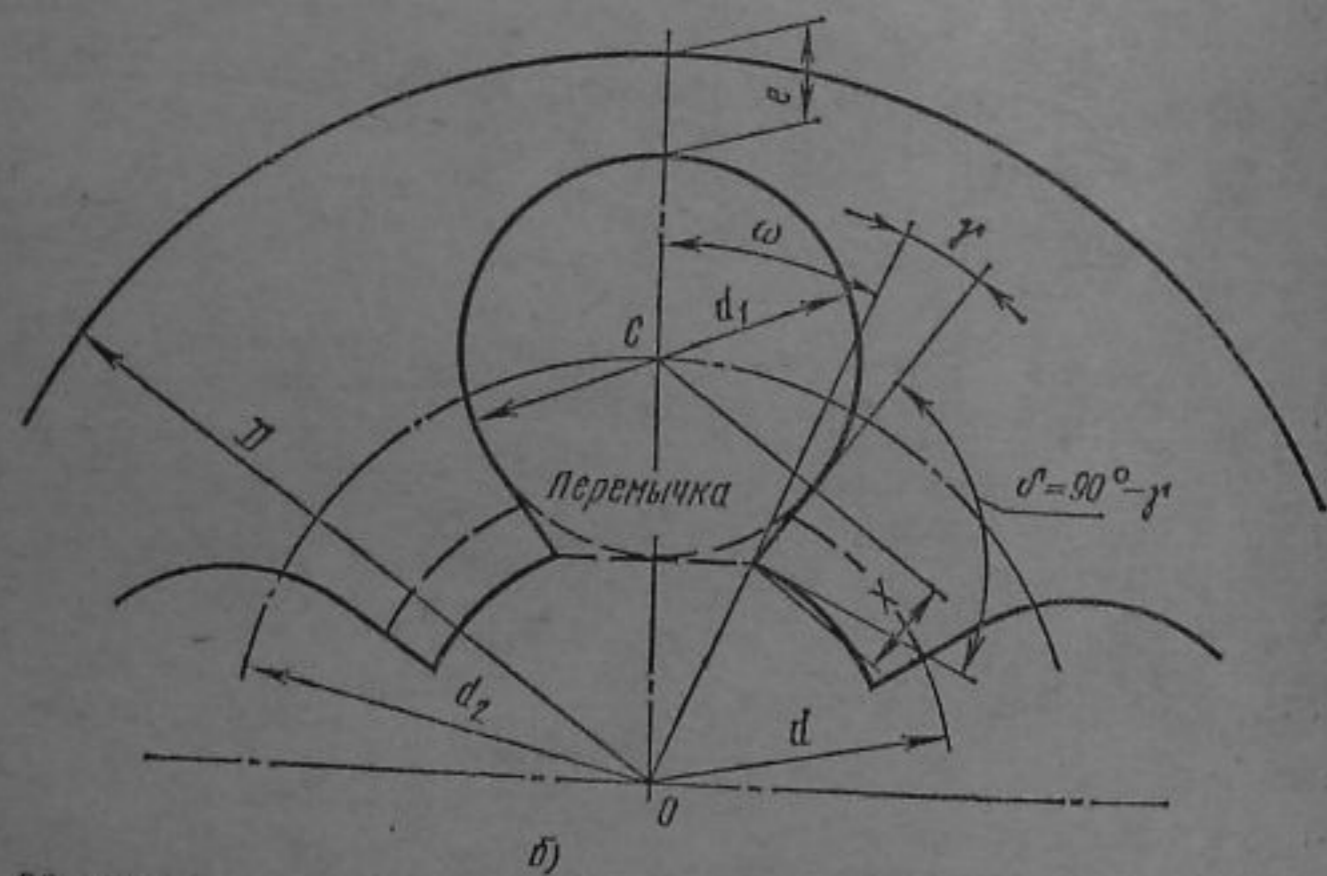
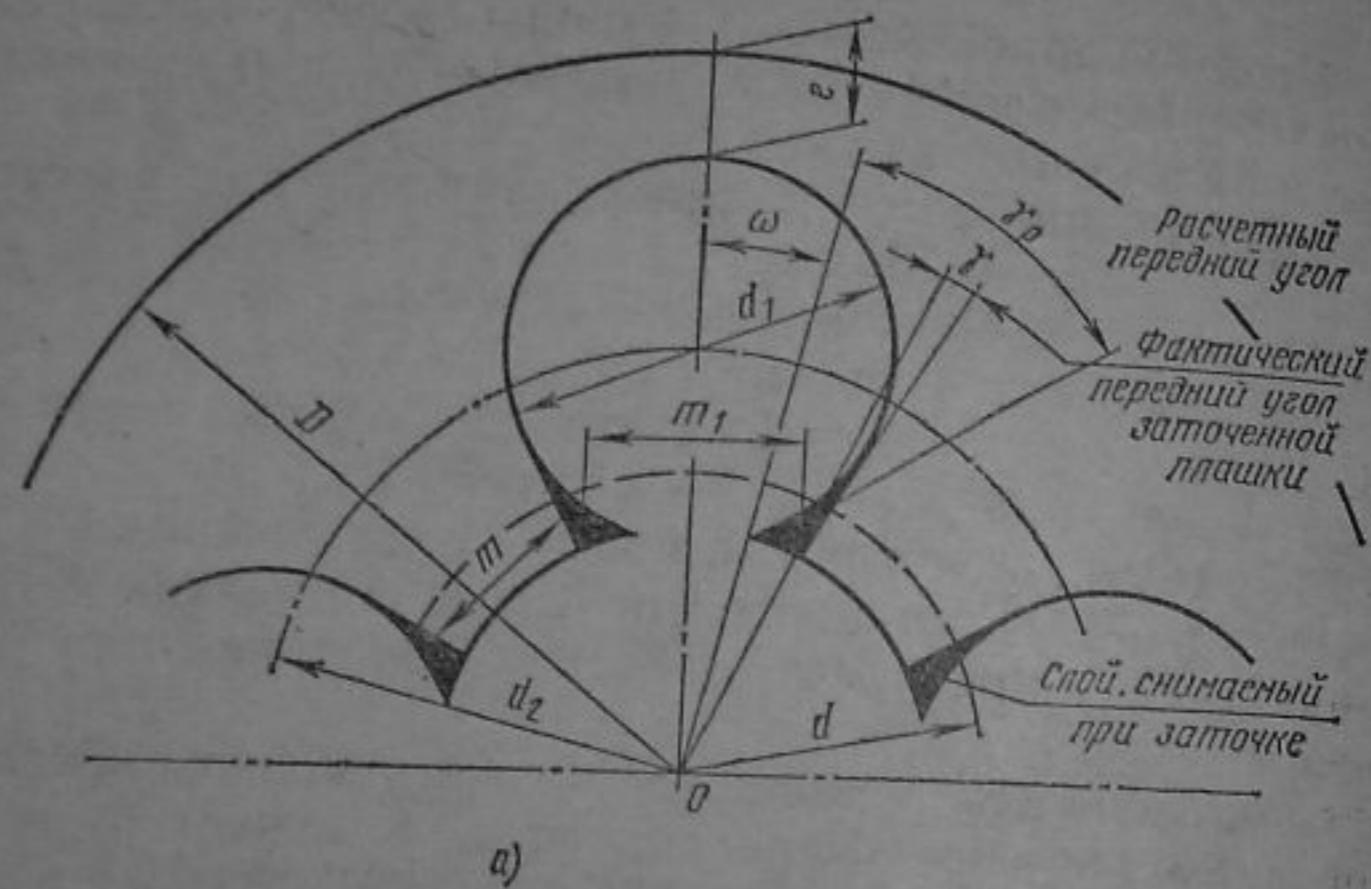


Рис. 88. Формы передней поверхности круглых плашек:  
а — криволинейная; б — прямолинейная

для прямолинейной формы передней поверхности

$$d_1 = \frac{0,5d \sin \omega + x \cos (\omega + \gamma)}{2 \cos (\omega + \gamma)};$$

$$d_2 = \frac{0,5d \cos \omega + x \cos (\omega + \gamma) + 0,5d \sin (\omega + \gamma)}{2},$$

где  $x = (1,2 \dots 1,5) P$  (прямолинейный участок передней поверхности).

После подсчета величин  $d_1$  и  $d_2$  проверяют толщину тела плашки по формуле

$$e = \frac{D}{2} - \frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2}.$$

Толщина тела плашки должна быть  $(0,1 \dots 0,15) D$ . Толщину перемычки  $e_1$  (см. рис. 87) выбирают в пределах  $0,7-2$  мм (после изнашивания плашка разрезается по перемычке).

Дополнительно целесообразно вычерчивать плашку в большем масштабе, что позволяет избежать при расчетах ошибки, а также легко определить оптимальные соотношения между диаметром стружечных отверстий  $d_1$ , диаметром окружности, на которой расположены их центры,  $d_2$  и толщиной тела плашки  $e$  при заданных конструктивных и геометрических элементах плашки. Такое построение особенно необходимо при криволинейной форме передней поверхности плашки.

11. Элементы крепления плашки (размеры  $d_0, b, c$  на рис. 87) выбирают по ГОСТ 9740—71\*.

12. Технические требования к плашкам даны в ГОСТ 9740—71\*. Допуски на резьбу — по ГОСТ 17587—72\*.

Плашки изготавливают с полями допусков  $6h, 8h6h, 8h6g, 8g$ .

13. Плашки изготавливают из сталей 9ХС, ХВСГ, Р9, Р18, Р6М5. Твердость режущей части  $59-63 \text{ HRC}_3$ .

К инструментам для накатывания резьбы относятся плоские плашки (ГОСТ 2248—80\*Е) и резьбонакатные ролики (ГОСТ 9539—72\*). Расчет инструментов для накатывания резьб приведен в источнике [1, 11], а основные конструктивные и исполнительные размеры и технические требования — в указанных выше стандартах.

Резьбовые фрезы делятся на дисковые (одноиточные) и гребенчатые (многоиточные). Конструктивные элементы гребенчатых резьбовых фрез выбирают по приведенным ниже данным.

1. Наружный диаметр фрезы  $D$ , диаметр посадочного отверстия или номер конуса Морзе хвостовика зависят от шага резьбы и их выполняют по ГОСТ 1336—77\*.

2. Длину режущей части  $l$  (для концевых) и ширину  $B$  (для насадных) фрез выбирают по формуле  $l = B = l_{\text{н}} + (2 \dots 3) P$ , где  $l_{\text{н}}$  — длина нарезаемой на изделии резьбы.



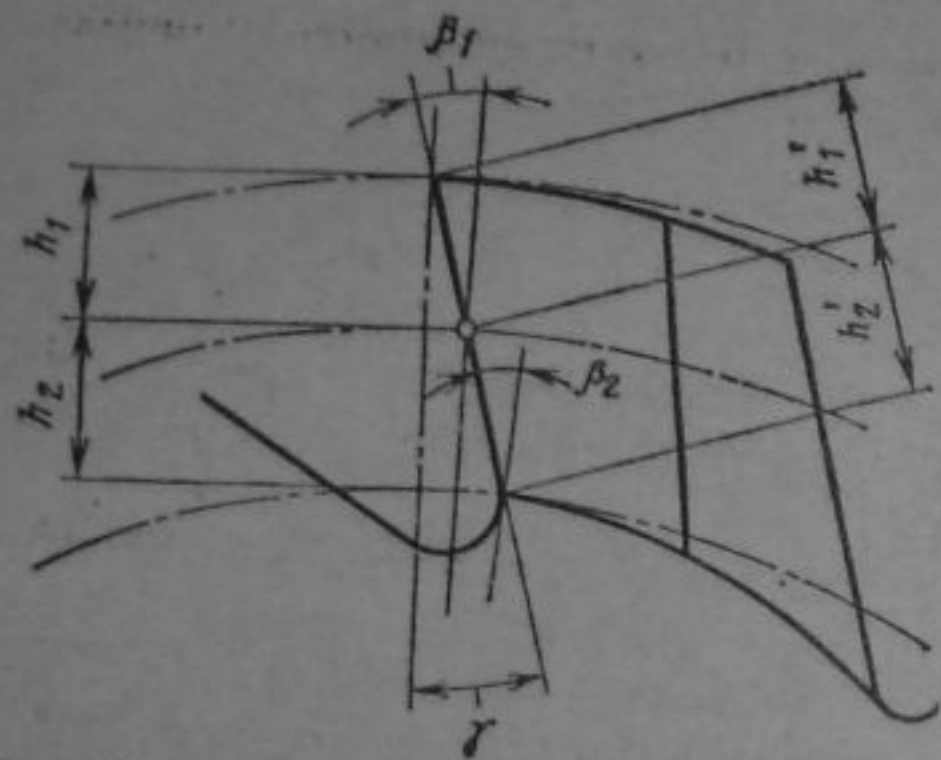


Рис. 89. Схема для расчета профиля резьбовой фрезы при  $\gamma > 0$

3. Число зубьев фрезы  $z = 1,75 \sqrt{D}$ .

4. Задний угол  $\alpha$  при вершине зубьев берут равным 8—12°.

5. Затылование  $K = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha_v$ ; при двойном затыловании  $K_1 = 1,5K$ .

6. Размеры элементов канавки для выхода стружки: глубина канавки  $H_n = h + K + r$ , где  $h$  — высота профиля резь-

бы;  $r$  — радиус закругления дна канавки. Угол  $\omega = 45^\circ$  при  $D \leq 30$  мм и  $\omega = 30^\circ$  при  $D > 30$  мм. Размеры элементов стружечной канавки можно выбирать по ГОСТ 1336—77\*. Фрезы изготовляют с прямыми и с винтовыми канавками ( $\omega_1 = 5 \dots 15^\circ$ ). Ход винтовой канавки  $P_z = \pi D \operatorname{ctg} \omega$ .

7. Передний угол  $\gamma = 0 \dots 4^\circ$  для стали и чугуна с НВ 235—290;  $\gamma = 8^\circ$  для стали и латуни с НВ до 235;  $\gamma = 22^\circ$  для алюминия и легких сплавов.

8. Исполнительные размеры профиля резьбы фрезы в плоскости передней поверхности при угле  $\gamma > 0$  (рис. 89) определяют по формулам

$$\sin \beta_1 = \frac{R \sin \gamma}{R - h_1};$$

$$\sin \beta_2 = \frac{R \sin \gamma}{R - (h_1 + h_2)},$$

где  $R = \frac{D}{2}$  — радиус фрезы;  $h_1, h_2$  — высота профиля резьбы в осевом сечении.

Высота профиля резьбы в плоскости передней поверхности (при  $\gamma \neq 0$ ) соответственно головки и ножки

$$h'_1 = \frac{(R - h) \sin (\beta_1 - \gamma)}{\sin \gamma};$$

$$h'_2 = \frac{[R - (h_1 + h_2)] \sin (\beta_2 - \beta_1)}{\sin \beta_1};$$

половина угла профиля  $\alpha'$  в плоскости передней поверхности

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \frac{(h_1 + h_2) \sin \gamma}{|R - (h_1 + h_2)| \sin (\beta_2 - \gamma)}.$$

9. Фрезы изготовляют из быстрорежущих сталей Р9, Р18, Р6М5. Концевые фрезы делают сварными. Твердость режущей части 63—66 HRC<sub>9</sub>.

10. Технические требования к резьбовым фрезам изложены в ГОСТ 1336—77\*.

Пример 60. Рассчитать и сконструировать комплект ручных метчиков для нарезания метрической резьбы М27—7Н по ГОСТ 9150—81 и ГОСТ 24705—81 в заготовке из стали 45 с  $\sigma_B = 800$  МПа ( $\approx 80$  кгс/мм<sup>2</sup>).

Решение. 1. Основные конструктивные и габаритные размеры ручных метчиков выбираем по ГОСТ 3266—81. Число метчиков в комплекте для резьбы с шагом 3 мм — 2 шт. Длина метчика  $L = 135$  мм; длина режущей части  $l = 45$  мм; длина заборной части  $l_1 = 18$  мм для черного и  $l_1 = 6$  мм для чистового метчиков; диаметр хвостовика  $d_1 = 20h/9$  мм; размеры квадрата хвостовика:  $a = 16h/12$  мм;  $l = 20$  мм (ГОСТ 9523—84).

2. Исполнительные размеры резьбы и допуски чистового метчика определяют по формулам:

наружный диаметр:

$$\text{наибольший } d'' = 27,0 + 0,284 = 27,284 \text{ мм;}$$

$$\text{наименьший } d' = 27,0 + 0,200 = 27,200 \text{ мм;}$$

средний диаметр:

$$\text{наибольший } d''_2 = 25,051 + 0,082 = 25,133 \text{ мм;}$$

$$\text{наименьший } d'_2 = 25,051 + 0,030 = 25,081 \text{ мм;}$$

внутренний диаметр наибольший  $d'_1 = 23,752 - 0,160 = 23,592$  мм.

Исполнительные размеры резьбы для черного метчика:

наружный диаметр:

$$\begin{aligned} \text{наибольший } d''_4 &= d' - 1,25P = 27,200 - 0,25 \cdot 3 = \\ &= 26,450 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\text{наименьший } d'_4 = d''_4 - h_{11} = 26,450 - 0,130 = 26,320 \text{ мм;}$$







4. Допустимое отклонение шага на длине до 10 мм  $P = \pm 0,030$  мм; на длине до 25 мм  $P = \pm 0,050$  мм.  
 5. Геометрические параметры режущей части метчиков выбираем по ГОСТ 3266—81: число канавок  $z = 4$ ; передний угол  $\gamma = 10^\circ$ ; задний угол  $\alpha = 6^\circ$ .  
 Затылование

$$K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha = \frac{3,14 \cdot 27,0}{4} \operatorname{tg} 6^\circ = 2,12 \text{ мм.}$$

6. Профиль и размеры канавок метчиков выбираем по прил. 1 к ГОСТ 3266—81. По найденным размерам строим профиль канавочной фрезы.

7. Размеры центровых отверстий принимаем по ГОСТ 14034—74\*, форма А.

8. Технические требования даны в ГОСТ 3449—84Е.

Марка стали, твердость, предельные отклонения, параметры шероховатости поверхностей и т. д. указываются на рабочем чертеже.

Выполняем рабочий чертеж (рис. 90) с указанием основных технических требований. На рабочем чертеже должны быть изображены профиль резьбы черного и чистового метчиков, профиль канавок и профиль канавочной фрезы, выполненные в большом масштабе (см. гл. 1, § 3).

**Задача 83.** Рассчитать и сконструировать резьбовой стержневой резец для нарезания метрической наружной резьбы по ГОСТ 24705—81 на заготовке из стали 45 на токарном станке 16К20 (табл. 132).

132. Данные к задаче 83

№ варианта	Резьба	Передний угол $\gamma, ^\circ$
1	M24×1,5	0
2	M30	
3	M30×1	
4	M20	20
5	M20×2	
6	M48	0
7	M48×3	
8	M36	20
9	M36×3	
10	M42×2	

133. Данные к задаче 84

№ варианта	Резьба	Передний угол $\gamma, ^\circ$
1	M20×2	15
2	M24	
3	M30×1,5	
4	M10×0,5	0
5	M12	
6	M42	20
7	M48×2	
8	M52×1,5	
9	M12×1,5	0
10	M16×1	

134. Данные к задаче 85

№ варианта	Резьба
1	M16—6H
2	M20—6H
3	M24—6G
4	M12—6H
5	M30—6G
6	M12×1,5—7H
7	M20×2—6H
8	M6—7G
9	M8—7G
10	M10—7H

135. Данные к задаче 86

№ варианта	Резьба
1	M20—6H
2	M24—6G
3	M30—6G
4	M39×3—7H
5	M48×3—7H
6	M52—6H
7	M3,5—7H
8	M4—7H
9	M6×0,5—7H
10	M12×0,75—6H

**Задача 84.** Рассчитать и сконструировать дисковый резьбовой резец для нарезания метрической наружной резьбы по ГОСТ 24705—81 на заготовке из стали 30 (табл. 133).

**Задача 85.** Рассчитать и сконструировать гаечный метчик по ГОСТ 1604—71\* для нарезания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 в заготовке из стали 30 (табл. 134).

**Задача 86.** Рассчитать и сконструировать машинный метчик по ГОСТ 3266—81 для нарезания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 в заготовке из чугуна СЧ 35 (табл. 135).

**Задача 87.** Рассчитать и сконструировать комплект ручных метчиков по ГОСТ 3266—81 для нарезания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 в заготовке из стали 45 (табл. 136).

**Задача 88.** Рассчитать и сконструировать круглую плашку по ГОСТ 9740—71\* (издание 1981 г.) для нарезания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 на заготовках болтов из стали 45 (табл. 137).

**Задача 89.** Рассчитать и сконструировать комплект плоских резьбовых плашек для накатывания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 на заготовках болтов с длиной накатываемой части  $L$  из стали У7, 187—192 НВ (табл. 138). Основные размеры и размеры профиля резьбы плашек должны соответствовать ГОСТ 2248—80.

**Задача 90.** Рассчитать и сконструировать резьбовую гребенчатую фрезу для фрезерования метрической наружной резьбы по ГОСТ 24705—81 на заготовке из стали 45ХН на резьбофрезерном станке 5К63. Длина фрезеруемого участка  $L$  (табл. 139).



136. Данные к задаче 87

№ варианта	Резьба
1	M20—6G
2	M6—6H
3	M10×1—6G
4	M30×2—6H
5	M20—7H
6	M24—6H
7	M24×2—6H
8	M12×0,5—7H
9	M20×2—7G
10	M16—7G

137. Данные к задаче 88

№ варианта	Резьба
1	M10—8g
2	M10×1,25—6d
3	M12—8g
4	M12×1,5—6g
5	M16—8h
6	M16×1,5—6h
7	M6—6g
8	M6×0,75—6g
9	M8—6h
10	M8×1—8h

**Задача 91.** Рассчитать и сконструировать концевую резьбовую гребенчатую фрезу для обработки метрической внутренней резьбы по ГОСТ 24705—81 в заготовке из чугуна СЧ 35 на резьбофрезерном станке 5М5Б62. Длина фрезеруемого участка  $L$  (табл. 140).

**Задача 92.** Рассчитать и сконструировать комплект плоских плашек для накатывания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 на заготовках ручных чистовых метчиков из легированной стали 9ХС (табл. 141). Основные размеры плашек и технические требования к ним установить по ГОСТ 2248—80\*Е. Ширина плашки  $B$  выбирается по длине рабочей части накатываемых метчиков.

138. Данные к задаче 89

№ варианта	Резьба	$L$ , мм
1	M14	40
2	M16	50
3	M18	
4	M20	60
5	M22	
6	M4	25
7	M6	
8	M8	30
9	M10	
10	M12	40

139. Данные к задаче 90

№ варианта	Резьба	$L$ , мм
1	M20	25
2	M24	30
3	M30	35
4	M12	15
5	M16	20
6	M48	50
7	M56	60
8	M64	75
9	M36	40
10	M42	

140. Данные к задаче 91

№ варианта	Резьба	$L$ , мм
1	M42	50
2	M36	40
3	M30	
4	M24	30
5	M20	
6	M16	20
7	M72	75
8	M64	70
9	M56	60
10	M48	50

141. Данные к задаче 92

№ варианта	Резьба
1	M16×1,5
2	M20×2
3	M24×2
4	M10
5	M12
6	M16
7	M20
8	M24
9	M10×1,25
10	M12×1,5

**Задача 93.** Рассчитать и сконструировать комплект роликов для накатывания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 на заготовках болтов из стали Ст3. Длина (мм) накатываемой части  $L$ . Накатывание производится на резьбонакатном станке 5964В (табл. 142). Основные размеры роликов и технические требования к ним установить по ГОСТ 9539—72\*.

142. Данные к задаче 93

№ варианта	Резьба	$L$ , мм
1	M24	40
2	M30	
3	M30×2	
4	M12	20
5	M12×1,5	
6	M16×1,5	30
7	M16	
8	M20	50
9	M20×1	40
10	M24×2	



§ 1. АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

**Пример 61.** Выбрать характеристику шлифовального круга для окончательного шлифования плоской поверхности планки; параметр шероховатости поверхности  $Ra = 1$  мкм. Материал заготовки — сталь 45 закаленная. Шлифование производится периферией круга на станке с прямоугольным столом. Окружная скорость круга до 35 м/с. Обосновать выбор принятой характеристики круга.

**Решение.** Шлифование — резание металлов с помощью абразивного инструмента, режущим элементом которого являются зерна, обладающие высокой твердостью, теплостойкостью и острыми кромками. При вращении шлифовального круга с большой скоростью выступающие из него зерна срезают (соскабливают) с заготовки своими острыми кромками большое число очень тонких стружек, т. е. имеет место так называемое микро-резание. Благодаря малому сечению среза и высокой скорости вращения круга шлифование обеспечивает высокую точность обработки — 6—7-й квалитет по ЕСДП (бывшие 1—2-й классы точности системы ОСТ) и малую шероховатость обработанной поверхности —  $Ra = 1,25 \dots 0,10$  мкм (бывшие 7—10-й классы шероховатости). Абразивные зерна соединены специальными связующими веществами (связками) в шлифовальные круги, сегменты, бруски и другие абразивные инструменты. Между зернами и связкой имеются воздушные поры, образующиеся при изготовлении кругов, когда при их обжиге испаряется влага. На рис. 91 показана схема работы шлифовального круга и его структура.

Характеристика шлифовального круга включает в себя следующие элементы: материал абразивных зерен; размер абразивных зерен; материал связки; твердость круга

(твердость связки); структуру круга (количественное соотношение между абразивными зернами, связкой и порами в единице объема круга). В справочнике [18], табл. 176, с. 346 приведены характеристики шлифовальных кругов (при работе с окружными скоростями до 35 м/с). Выписываем из таблицы характеристику круга для данного вида шлифования, параметра шероховатости поверхности  $Ra = 1$  мкм (бывший 7-й класс) и конструкционной стали с  $HRC_s < 32$  (соответственно  $HRC < 30$ ):

Э25С1К. В качестве материала абразивных зерен при шлифовании заготовок из сталей применяют электрокорунд. В данном случае справочник рекомендует нормальный электрокорунд (Э), марку которого устанавливаем по табл. 167, с. 332: Э5. Выбрана марка электрокорунда нормального с содержанием 95 %  $Al_2O_3$ . Зернистость круга выбирают в зависимости от качества обработанной поверхности, свойств материала заготовки и других факторов. С уменьшением параметра шероховатости обработанной поверхности зернистость уменьшается. Для окончательного плоского шлифования заготовок из незакаленной стали рекомендуется зернистость 25.

При выборе твердости круга руководствуются следующим общим правилом: чем тверже шлифуемый материал, тем мягче должен быть круг, и наоборот. Для плоского шлифования заготовок из незакаленной стали по существующей шкале твердости рекомендуется круг С1 (средний 1-й степени). Для заданных условий работы рекомендуется круг на керамической связке (К), так как этот вид связки обеспечивает высокую производительность шлифования (в частности, периферией круга при шлифовании плоских поверхностей), возможность работы с использованием охлаждающих жидкостей и хорошее сохранение профиля шлифующей части круга.

В используемом справочнике ряд характеристик обозначен по старому стандарту, а некоторые — не приведены. Поэтому с помощью табл. 143 данного пособия

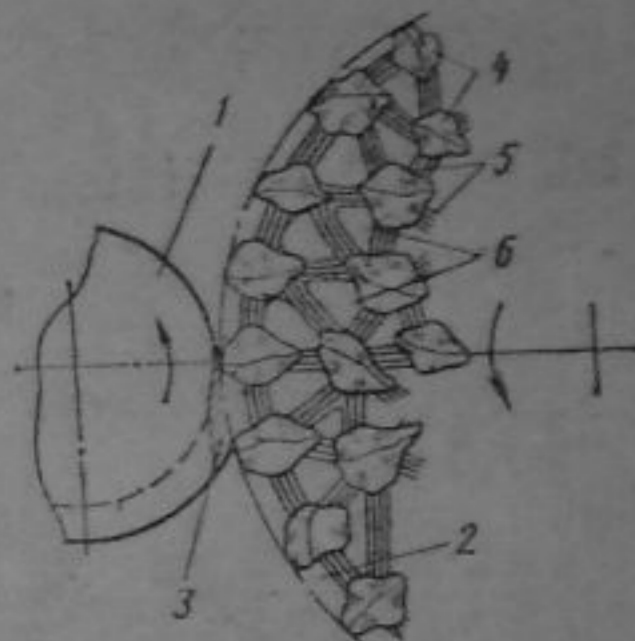


Рис. 91. Схема работы шлифовального круга и его структура:

1 — заготовка; 2 — шлифовальный круг; 3 — стружка; 4 — абразивные зерна; 5 — мостики связки; 6 — поры







№ варианта	Материал заготовки	Шлифование	Обработка; параметр шероховатости $Ra$ , мкм
1	Сталь 45ХН закаленная, 45 HRC <sub>a</sub>	Внутреннее	Чистовая; 0,5
2	Серый чугун, 220 НВ	»	Предварительная; 2,0
3	Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т	»	Чистовая; 1,0
4	Сталь У7А закаленная, 61 HRC <sub>a</sub>	Плоское, торцом	Чистовая; 1,0
5	Серый чугун, 190 НВ	То же	Предварительная; 2,0
6	Сталь Ст5 незакаленная	Плоское, периферией круга	То же
7	Сталь 40 закаленная, 37 HRC <sub>a</sub>	То же	Чистовая; 1,0
8	Сталь 45Х незакаленная	Наружное круглое в центрах с продольной подачей	Предварительная; 2,0
9	Серый чугун, 200 НВ	То же	Чистовая; 1,0
10	Сталь 40Х закаленная, 53 HRC <sub>a</sub>	Наружное круглое в центрах с радиальной подачей	Чистовая; 0,5

Пример маркировки круга по всем элементам принятой характеристики приведен в табл. 143.

На изготавливаемых промышленностью шлифовальных кругах маркируется характеристика по всем рассмотренным элементам. Принято указывать также завод-изготовитель и основные размеры круга: наружный диаметр, диаметр отверстия и ширину (высоту).

**Задача 94.** Выбрать характеристику шлифовального круга для заданных условий обработки. Обосновать выбор принятой характеристики круга (табл. 144).

При решении задачи кроме справочника [18] можно пользоваться литературой [5, 9, 10, 13].

## § 2. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ КРУГЛОМ НАРУЖНОМ ШЛИФОВАНИИ В ЦЕНТРАХ

**Пример 62.** На круглошлифовальном станке 3М131 методом продольной подачи напроход шлифуется участок вала диаметром (мм)  $d = 40h_{6(-0,016)}$  и длиной  $l = 210$  мм; длина вала  $l_1 = 260$  мм. Параметр шерохо-

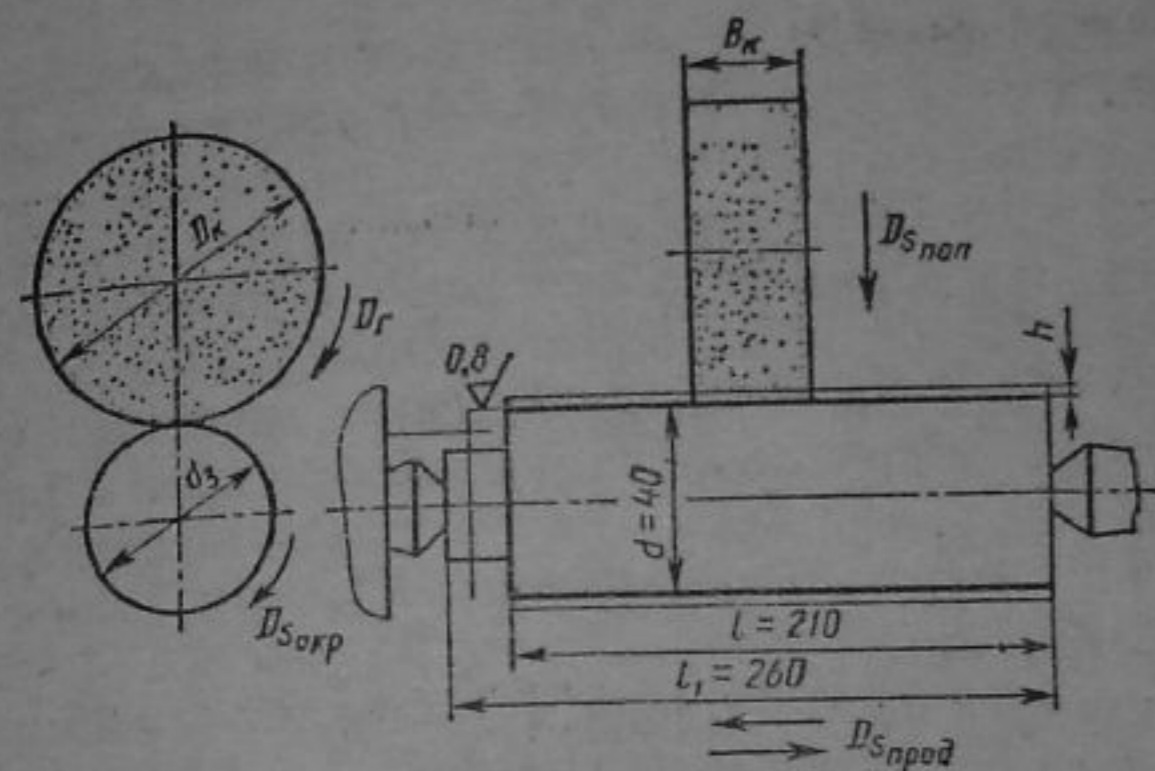


Рис. 92. Эскиз обработки к примеру 62

ватости обработанной поверхности  $Ra = 0,8$  мкм. Припуск на сторону  $h = 0,2$  мм. Материал заготовки — сталь 40Х закаленная твердостью 53 HRC<sub>a</sub>. Способ крепления заготовки — в центрах. Эскиз обработки приведен на рис. 92. Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время.

**Решение** (по справочнику [18]). 1. Выбираем шлифовальный круг. Устанавливаем характеристику круга (табл. 176, с. 346). Для круглого наружного шлифования с продольной подачей, параметра шероховатости поверхности  $Ra = 0,8$  мкм (бывший 7-й класс), конструкционной закаленной стали с HRC<sub>a</sub> > 50 рекомендуется характеристика: Э, ЭБ40СМ2К.

В качестве материала абразивных зерен принимаем белый электрокорунд (ЭБ), марку которого Э9А устанавливаем по табл. 167, с. 332. Выбор этой марки обусловлен высокой твердостью шлифуемой заготовки и требованиями, предъявляемыми к точности обработки и шероховатости обработанной поверхности. В характеристике приняты: зернистость 40, твердость СМ2, связка керамическая (К).

В используемом справочнике нет ряда характеристик шлифовальных кругов, предусмотренных действующими стандартами. В примере 61 показано, как с помощью табл. 143 данного учебного пособия вводятся дополнительные характеристики в маркировку круга, рекомендованную справочником. Поэтому в рассматриваемом примере дополняем характеристику круга, давая лишь краткое обоснование: 1) переводим старое обозначение мар-



кировки абразивного материала Э9А в новое 24А; 2) принимаем индекс зернистости Н (содержание основной фракции 45 % при зернистости 40); 3) принимаем структуру круга среднюю № 5 (для круглого наружного шлифования в центрах рекомендуются обычно структуры № 5 и 6); 4) указываем разновидность принятой керамической связки К8 (для электрокорундовых кругов); 5) указываем тип круга по справочнику [18], табл. 170, с. 334. На круглошлифовальных станках применяют обычно круги ПП и ПВД. Принимаем тип ПВД (плоский с двусторонней выточкой), обеспечивающий удобное и надежное крепление круга на шпинделе шлифовальной бабки; 6) принимаем класс круга А; 7) указываем допустимую скорость круга 35 м/с (обычное шлифование).

Маркировка полной характеристики круга: ПВД 24А40НСМ25К8 35 м/с.

Размеры нового круга по паспортным данным станка 3М131: диаметр  $D_k = 600$  мм, ширина круга (или высота)  $B_k = 63$  мм (см. с. 427 данного пособия).

II. Назначаем режим резания.

В процессе круглого наружного шлифования методом продольной подачи в соответствии с ГОСТ 25762—83 рассматриваются следующие элементы движений (см. рис. 92):

1. Вращение шлифовального круга — главное движение резания  $D_r$ . Оно характеризуется скоростью главного движения резания  $v$  (м/с):

$$v = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60},$$

где  $D_k$  — диаметр круга, мм;  $n_k$  — частота вращения круга,  $\text{мин}^{-1}$ .

2. Вращение заготовки — движение окружной подачи  $D_{s_{\text{окр}}}$ . Оно характеризуется скоростью движения окружной подачи  $v_{s_{\text{окр}}}$  (м/мин)

$$v_{s_{\text{окр}}} = \frac{\pi d_s n_s}{1000},$$

где  $d_s$  — диаметр заготовки;  $n_s$  — частота вращения заготовки,  $\text{мин}^{-1}$ .

3. Возвратно-поступательное перемещение стола с заготовкой — движение продольной подачи  $D_{s_{\text{прод}}}$ . Продольная подача  $S_0$  (мм/об заготовки) устанавливается

в зависимости от характера шлифования (предварительного или окончательного) и ширины шлифовального круга:

$$S_0 = s_d B_k,$$

где  $s_d$  — коэффициент, учитывающий продольную подачу (в долях ширины круга);  $B_k$  — ширина круга, мм. Для того чтобы установить на станке принятую величину  $S_0$ , нужно определить скорость (м/мин) движения продольной подачи  $v_{s_{\text{прод}}}$  (скорость движения стола):

$$v_{s_{\text{прод}}} = \frac{S_0 n_s}{1000} = \frac{s_d B_k n_s}{1000}.$$

4. Поперечное перемещение круга — прерывистое движение поперечной подачи  $D_{s_{\text{поп}}}$ . Поперечная подача в зависимости от настройки станка осуществляется либо один раз на двойной ход стола —  $S_{2x}$  мм/дв. ход, либо на каждый ход стола —  $S_x$  мм/ход.

Рекомендации по режимам резания приведены в справочнике [18], табл. 69 (с. 465, раздел «Круглое наружное шлифование»).

1. Скорость главного движения резания (шлифовального круга)  $v = 30 \dots 35$  м/с;  $v = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60}$ . По паспортным данным станка 3М131 у нового круга  $D_k = 600$  мм;  $n_k = 1112 \text{ мин}^{-1}$ .

Тогда

$$v = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с},$$

т. е. в пределах рекомендуемого диапазона.

2. Скорость движения окружной подачи  $v_{s_{\text{окр}}}$  (в справочнике — окружная скорость детали  $v_d$ );  $v_{s_{\text{окр}}} = 15 \dots 55$  м/мин. Принимаем среднее значение 35 м/мин ( $\approx 0,58$  м/с).

3. Определяем частоту вращения заготовки, соответствующую принятой скорости движения окружной подачи:

$$n_s = \frac{1000 v_{s_{\text{окр}}}}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40} = 280 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение  $n_s = 280 \text{ мин}^{-1}$  может быть установлено на станке 3М131, имеющем бесступенчатое регулирование частоты вращения заготовки в пределах 40—400  $\text{мин}^{-1}$ .



4. Поперечная подача круга  $S_x$  мм/ход (в справочнике названа глубиной шлифования  $l$ );  $S_x = 0,005 \dots 0,015$  мм/ход стола; учитывая высокие требования, предъявляемые к точности обработки [поле допуска по  $h6$  (стандартное обозначение — 2-й класс) и шероховатости поверхности  $Ra = 0,8$  мкм, принимаем  $S_x = 0,005$  мм/ход. Так как на станке 3М131 поперечные подачи регулируются бесступенчато в пределах  $0,002—0,1$  мм/ход, то принимаем  $S_x = 0,005$  мм/ход.

5. Определяем продольную подачу на оборот заготовки:  $S_0 = s_d B_n$ . Для окончательного шлифования в справочнике рекомендуется  $s_d = 0,2 \dots 0,4$ ; принимаем  $s_d = 0,3$ . Тогда  $S_0 = 0,3 \cdot 63 = 18,9$  мм/об.

6. Определяем скорость движения продольной подачи (скорость продольного хода стола)

$$v_{s\text{ прод}} = \frac{S_0 n_3}{1000} = \frac{18,9 \cdot 280}{1000} = 5,3 \text{ м/мин } (\approx 0,088 \text{ м/с}).$$

На используемом станке предусмотрено бесступенчатое регулирование скорости продольного хода стола в пределах  $0,05—5$  м/мин, поэтому принимаем  $v_{s\text{ прод}} = 5$  м/мин ( $\approx 0,083$  м/с).

7. Определяем мощность, затрачиваемую на резание:  $N_{\text{рез}} = C_N v_d^r t^x s_0^y d_3^q$  (с. 469). В соответствии с действующим стандартом проставим в формуле вместо  $v_d$ ,  $t$  и  $S$  соответственно  $v_{s\text{ окр}}$ ,  $S_x$  и  $S_0$ :  $N_{\text{рез}} = C_N v_{s\text{ окр}}^r \times S_x^x S_0^y d_3^q$ .

Выписываем из табл. 70 справочника (с. 480) коэффициент и показатели степеней формулы для круглого наружного шлифования с поперечной подачей на каждый ход стола, обработки стали, зернистости круга 40, твердости СМ2 (находится в диапазоне СМ1—С1):  $C_N = 2,65$ ;  $r = 0,5$ ;  $x = 0,5$ ;  $y = 0,55$ ;  $q = 0$ . Тогда  $N_{\text{рез}} = 2,65 \times 35^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 18,9^{0,55} = 2,65 \cdot 5,92 \cdot 0,07 \times 5,05 = 5,5$  кВт.

8. Проверяем, достаточна ли мощность двигателя шлифовальной бабки. У станка 3М131  $N_{\text{шп}} = N_{\text{м}} \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6$  кВт,  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$  ( $5,5 < 6,0$ ), т. е. обработка возможна. Если при расчете получится перегрузка станка по мощности, можно снизить мощность  $N_{\text{рез}}$  путем соответствующего уменьшения величины  $v_{s\text{ окр}}$  в пределах диапазона, рекомендуемого справочником.

145. Данные к задаче 95

№ варианта	Материал заготовки — сталь	Обработка; параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	$d_3$	$l$	$l_1$	$h$	Движение подачи
			мм				
1	У7А закаленная, 61 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 1,0	60	350	410	0,22	Продольное, напроход
2	40X закаленная, 53 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 0,5	55	20	140	0,15	Радиальное
3	Ст5 незакаленная	Предварительная; 2,0	90	400	600	0,25	Продольное, напроход
4	45X закаленная, 46,5 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 1,0	75	50	350	0,18	Радиальное
5	40 закаленная, 36,5 HRC <sub>9</sub>	То же	100	380	700	0,25	Продольное, напроход
6	35 незакаленная	Предварительная; 2,0	80	300	550	0,25	То же
7	45XH закаленная, 43,5 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 0,5	50	35	285	0,15	Радиальное
8	40 незакаленная	Чистовая; 1,0	45	270	320	0,2	Продольное, напроход
9	То же	Предварительная; 2,0	120	500	750	0,25	То же
10	40XНМА, закаленная, 56 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 0,5	65	240	300	0,2	*

### III. Основное время

$$T_0 = \frac{Lh}{n_3 S_0 S_x} K,$$

где  $L$  — длина хода стола; при перебеге круга на каждую сторону, равно  $0,5 B_n$ ,  $L = l = 210$  мм;  $h$  — припуск на сторону, по условию  $h = 0,2$  мм;  $n_3$ ,  $S_0$  и  $S_x$  определены в ходе решения примера;  $K$  — коэффициент точности, учитывающий время на «выхаживание», т. е. шлифование без поперечной подачи (осуществляется на заключительном этапе операции для достижения требуемых точности обработки и шероховатости обработанной поверхности); при предварительном шлифовании  $K \approx 1,2$ , а при окончательном  $K \approx 1,4$ ; принимаем  $K = 1,4$ . Тогда

$$T_0 = \frac{210 \cdot 0,2}{280 \cdot 18,9 \cdot 0,005} \cdot 1,4 = 1,59 \cdot 1,4 = 2,22 \text{ мин.}$$

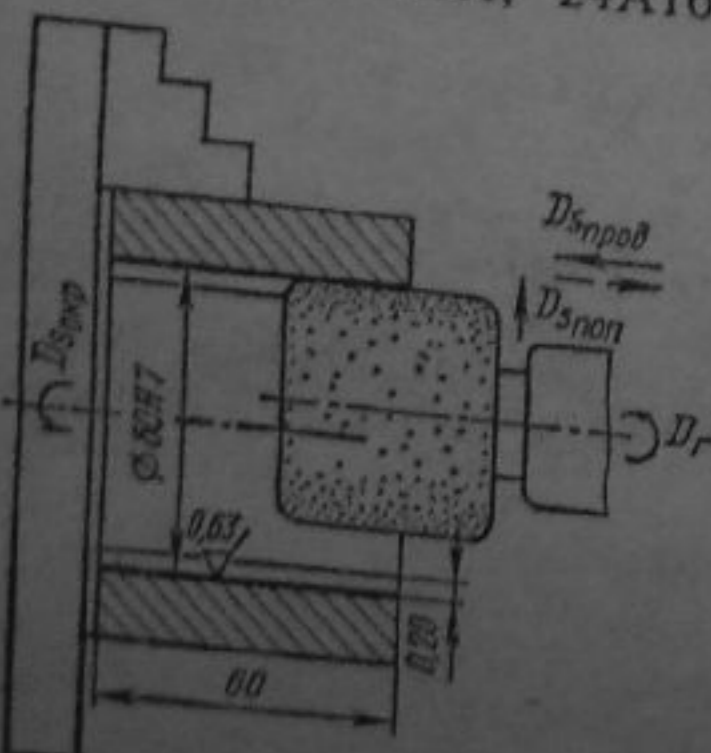


**Задача 95.** На круглошлифовальном станке ЗМ131 шлифуется шейка вала диаметром  $d_3$  и длиной  $l$ ; длина вала  $l_1$ . Припуск на сторону  $h$  (табл. 145).  
 Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время.  
 При решении задач кроме справочника [18] можно пользоваться литературой [5, 9, 10].

### § 3. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ШЛИФОВАНИИ

**Пример 63.** На внутришлифовальном станке ЗК228В шлифуется сквозное отверстие диаметром  $D_3 = 60H7(+0,03)$  и длиной  $l = 60$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,63$  мкм. Припуск на сторону  $h = 0,2$  мм. Материал заготовки — сталь 45 закаленная, твердостью  $46,5 HRC_3$  (соответствует HRC 45). Станок оснащен устройством для активного контроля обрабатываемых заготовок. Эскиз обработки приведен на рис. 93. Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [9]). I. Выбираем шлифовальный круг. Устанавливаем характеристику круга (карта 14, с. 169). Для параметра шероховатости поверхности  $Ra = 0,63$  мкм, конструкционной стали с  $32-51,5 HRC_3$  (соответствует HRC 30—50) рекомендуется характеристика 23А; 24А16С25К; принимаем 24А16С25К.



В характеристике приняты: материал абразивных зерен — электрокорунд белый 24А; зернистость 16; твердость С2; структура № 5 и связка керамическая К. В используемых нормативах не приведены некоторые элементы характеристики шлифовальных кругов, предусмотренные действующими стандартами. Устанавливаем их с помощью табл. 143 данного учебного пособия. Принимаем индекс зернистости П (при зернистости 16 содержание основ-

ной фракции 55 %). Устанавливаем разновидность принятой керамической связки — К8 (для электрокорундовых кругов). Устанавливаем тип круга. На внутришлифовальных станках применяют обычно круги типа ПП (плоские прямого профиля) и ПВ (плоские с выточкой). Выбираем тип ПВ, обеспечивающий удобное и надежное крепление круга на шлифовальном шпинделе. Принимаем класс круга — А. Указываем допустимую скорость вращения круга — 35 м/с (обычное шлифование).

Маркировка полной характеристики круга ПВ 24А16С25К8А 35 м/с.

Устанавливаем диаметр  $D_к$  и высоту (ширину)  $B_к$  круга. При внутреннем шлифовании рекомендуется  $D_к/D_3 = 0,8 \dots 0,9$  (карта 14, примеч. 3, с. 169), где  $D_3$  — диаметр шлифуемого отверстия заготовки. Принимаем это отношение 0,85. Тогда  $D_к = 0,85D_3 = 0,85 \times 60 = 51$  мм. Ряды основных размеров кругов по стандарту приведены в справочнике [18], с. 339. Принимаем  $D_к = 50$  мм. Высоту круга  $B_к$  для обрабатываемых отверстий длиной  $l = 25 \dots 75$  мм принимают меньшей на 10—15 мм, т. е.  $B_к = 60 - 10 = 50$  мм. Размеры  $D_к = 50$  мм и  $B_к = 50$  мм предусмотрены стандартом и могут быть установлены на внутришлифовальном станке ЗК228В (по его паспортным данным размеры устанавливаемых кругов  $D_к = 45 \dots 175$  мм;  $B_к = 32 \dots 63$  мм).

II. Назначаем режим резания.

1. Определяем частоту вращения шлифовального круга при принятой скорости  $v = 35$  м/с:

$$n_к = \frac{1000 \cdot 60v}{\pi D_к} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 13\,376 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспортным данным станка ЗК228В  $n_к = 13\,000 \text{ мин}^{-1}$ .

2. Определяем частоту вращения обрабатываемой заготовки (карта 15, лист 1, с. 172, 173). Для диаметра шлифования  $D_3$  до 63 мм и стали 32—51,5 HRC<sub>3</sub>  $n_3 = 200 \text{ мин}^{-1}$ . Рекомендуемая  $n_3$  может быть установлена на станке ЗК228В с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя в пределах 100—600 мин<sup>-1</sup>.

Скорость движения окружной подачи

$$v_{окр} = \frac{\pi D_3 n_3}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 200}{1000} = 37,7 \text{ м/мин } (\approx 0,63 \text{ м/с}).$$

Рис. 93. Эскиз обработки и примеру 63



3. Определяем скорость движения продольной подачи  $v_{s_{\text{прод}}}$  (в нормативах названа продольной минутной подачей  $S_m$ , см. карту 15, лист 1, с. 172, 173). Для  $D_a$  до 63 мм,  $n_a = 200 \text{ мин}^{-1}$  и  $B_k$  до 63 мм  $v_{s_{\text{прод}}} = S_m = 7000 \text{ мм/мин}$ .

Учитываем поправочные коэффициенты на  $v_{s_{\text{прод}}}$  в зависимости от параметра шероховатости обработанной поверхности (карта 15, с. 177) для  $Ra = 0,63 \text{ мкм}$   $K_{s_{m_1}} = 0,77$ .

В зависимости от формы заготовки (карта 15, с. 178) для цилиндрической поверхности  $K_{s_{m_2}} = 1$  (в карте допущена опечатка — указан  $K_{s_{m_2}} = 1,8$ ).

Тогда  $v_{s_{\text{прод}}} = 7000 K_{s_{m_1}} K_{s_{m_2}} = 7000 \cdot 0,77 \cdot 1,0 = 5390 \text{ мм/мин}$ .

Рекомендуемая скорость движения продольной подачи  $v_{s_{\text{прод}}}$  (скорость продольного хода шлифовальной бабки) может быть установлена на станке 3К228В с бесступенчатым регулированием в пределах 1000—7000 мм/мин.

4. Определяем поперечную подачу круга (карта 15, лист 1, с. 172, 173). Для  $D_a$  до 63 мм,  $n_a = 200 \text{ мин}^{-1}$  и  $B_k$  до 63 мм  $S_{t_{\text{дв. х}}} = 0,004 \text{ мм/дв. ход}$ . По стандарту этот параметр обозначается  $S_{2x}$ .

Учитываем поправочные коэффициенты на поперечную подачу.

В зависимости от обрабатываемого материала и точности обработки (карта 15, с. 175): для конструкционной углеродистой стали и поля допуска по  $H7$  (старое обозначение — 2-й класс точности) поправочный коэффициент  $K_{s_{t_1}} = 1$ .

В зависимости от припуска (карта 15, с. 176): для принятого по условию припуска на сторону 0,2 мм (на диаметр 0,4 мм) поправочный коэффициент  $K_{s_{t_2}} = 0,93$  (найден интерполированием значений  $K_{s_{t_2}} = 0,87$  для припуска 0,3 мм и  $K_{s_{t_2}} = 1,0$  для припуска 0,5 мм).

В зависимости от диаметра шлифовального круга (карта 15, с. 176): для принятого отношения  $D_k/D_a = 0,85$  поправочный коэффициент  $K_{s_{t_3}} = 1$ .

В зависимости от способа контроля размера (карта 15, с. 177): при активном контроле — поправочный коэффициент  $K_{s_{t_4}} = 1,2$ .

В зависимости от жесткости заготовки и формы поверхности (карта 15, с. 177): при  $L/D_a < 1,2$  и цилиндрической поверхности  $K_{s_{t_5}} = 1$ .

В зависимости от точности обработки и жесткости станка (карта 2, с. 110): для внутришлифовального станка 3К228В (см. в карте по графе, где приведена мод. 3А228), проработавшего непрерывно до 10 лет, поправочный коэффициент  $K_{ж} = 1$ .

В зависимости от твердости шлифовального круга (карта 14, примеч. 1, с. 169) для принятой твердости круга С2 поправочный коэффициент  $K_1 = 1$ .

С учетом поправочных коэффициентов

$$S_{2x} = S_{t_{\text{дв. х}}} = 0,004 K_{s_{t_1}} K_{s_{t_2}} K_{s_{t_3}} K_{s_{t_4}} K_{s_{t_5}} K_{ж} K_1 = 0,004 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,0045 \text{ мм/дв. ход}$$

Принимаем по паспортным данным станка 3К228В  $S_{2x} = 0,004 \text{ мм/дв. ход}$ .

5. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 16, лист 1, с. 179). Материал обрабатываемой заготовки — конструкционная углеродистая сталь — относится к I группе обрабатываемого материала (карта 1, с. 109). Находим по карте 16 для I группы обрабатываемого материала,  $D_a$  до 70 мм,  $S_m$  (т. е.  $v_{s_{\text{прод}}}$ ) до 5450 мм/мин и  $S_{t_{\text{дв. х}}}$  до 0,004 мм/дв. ход  $N_{\text{табл}} = 3,3 \text{ кВт}$ .

Учитываем поправочный коэффициент на мощность (карта 16, лист 2, с. 180). Для ширины круга  $B_k = 50 \text{ мм}$  и принятой твердости круга С2 поправочный коэффициент  $K_{N_1} = 1,16$ . Тогда  $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} K_{N_1} = 3,3 \cdot 1,16 = 3,85 \text{ кВт}$ .

6. Проверяем, достаточна ли мощность привода шлифовального шпинделя. У станка 3К228В  $N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \eta = 5,5 \cdot 0,85 = 4,7 \text{ кВт}$ ;  $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$  ( $3,85 < 4,7$ ), т. е. обработка возможна.

7. Проверяем, выполняются ли условия бесприжогового шлифования. При окончательном шлифовании изделий из закаленной стали нельзя допускать, чтобы установленный режим шлифования приводил к образованию прижогов на обработанной поверхности, т. е. нельзя допускать чрезмерного возрастания температуры в зоне шлифования. Для того чтобы проверить, выполняются ли условия бесприжогового шлифования, подсчитывают удельную мощность шлифования  $N_{\text{уд}}$ , т. е. мощность,



приходящуюся на 1 мм ширины шлифовального круга ( $N_{уд}$  — обобщенная характеристика режима шлифования)

$$N_{уд} = \frac{N_{рез}}{B_n} = \frac{3,85}{50} = 0,077 \text{ кВт/мм.}$$

Далее нужно определить по карте 16, лист 2, с. 180 предельное значение  $N_{уд}$ , при котором обеспечивается бесприжоговое шлифование закаленной стали. Для твердости круга С2, скорости движения окружной подачи  $v_{окр}$  (в нормативах — обозначена скорость вращения детали  $v_d$ ) до 63 м/мин предельное значение  $N_{уд} = 0,13$  кВт/мм. Так как  $0,077 < 0,13$ , то условия бесприжогового шлифования выполнены.

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{2Lh}{v_{с прод} S_{2x}}$$

где  $L$  — длина хода стола; при перебеге круга на каждую сторону, равно  $0,5B_n$ ,  $L = l = 60$  мм;  $h$  — припуск на сторону (по условию  $h = 0,2$  мм);  $v_{с прод}$  — скорость движения продольной подачи, мм/мин;  $S_{2x}$  — поперечная подача круга, мм/дв. ход.

Обычно в формулах для определения основного времени при шлифовании имеется коэффициент точности  $K$ , учитывающий время на «выхаживание» (см. пример 62 в данном пособии). В приведенной формуле этот коэффициент отсутствует, так как в используемых нормативах приведены средние значения  $S_{2x}$ , рассчитанные исходя из полного времени цикла шлифования и «выхаживания» ([9], с. 107). Изменения времени на «выхаживание» учитываются в этих нормативах поправочными коэффициентами на поперечную подачу в зависимости от ряда технологических факторов (точности обработки, шероховатости поверхности и др.):

$$T_0 = \frac{2 \cdot 60 \cdot 0,2}{5390 \cdot 0,004} = 1,11 \text{ мин.}$$

**Задача 96.** На внутришлифовальном станке ЗК228В шлифуется сквозное отверстие диаметром  $D_3$  и длиной  $l$ . Припуск на сторону  $h$  (табл. 146). Станок оснащен устройством для активного контроля обрабатываемых заготовок. Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время.

146. Данные к задаче 96

№ варианта	Материал заготовки	Ra, мкм	$D_3$	$l$	$h$
			мм		
1	Сталь 45 закаленная, 41,5 HRC <sub>3</sub>	0,63	100H7	140	0,3
2	Серый чугун, 180 HB	1,25	100H7	75	0,25
3	Сталь 40 незакаленная	0,63	90H8	110	0,25
4	Сталь 40X закаленная, 51,5 HRC <sub>3</sub>	1,25	85H7	60	0,25
5	Серый чугун, 200 HB	1,25	80H8	70	0,2
6	Сталь Ст5 незакаленная	1,25	60H7	60	0,2
7	Сталь 45X закаленная, 53 HRC <sub>3</sub>	0,63	55H7	40	0,2
8	Серый чугун, 220 HB	1,25	120H7	80	0,25
9	Сталь 35 незакаленная	1,25	70H8	50	0,2
10	Сталь 30XГС закаленная, 56 HRC <sub>3</sub>	0,63	75H7	65	0,25

При решении задач кроме нормативов [9] можно пользоваться справочниками [5, 10, 18].

#### § 4. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРИФЕРИЕЙ КРУГА

**Пример 64.** На плоскошлифовальном станке с прямоугольным столом ЗП722 шлифуется плоская поверхность планки шириной  $B = 110$  мм и длиной  $l = 280$  мм; высота планки  $h_1 = 20_{-0,05}$  мм. Припуск на сторону  $h = 0,35$  мм. Параметр шероховатости поверхности  $Ra = 1,25$  мкм. Материал заготовки — сталь 45ХН закаленная, твердостью 51,5 HRC<sub>3</sub> (соответствует HRC 50).

На магнитном столе станка установлено шесть заготовок (в два ряда, по три заготовки в каждом). Эскиз обработки приведен на рис. 94.

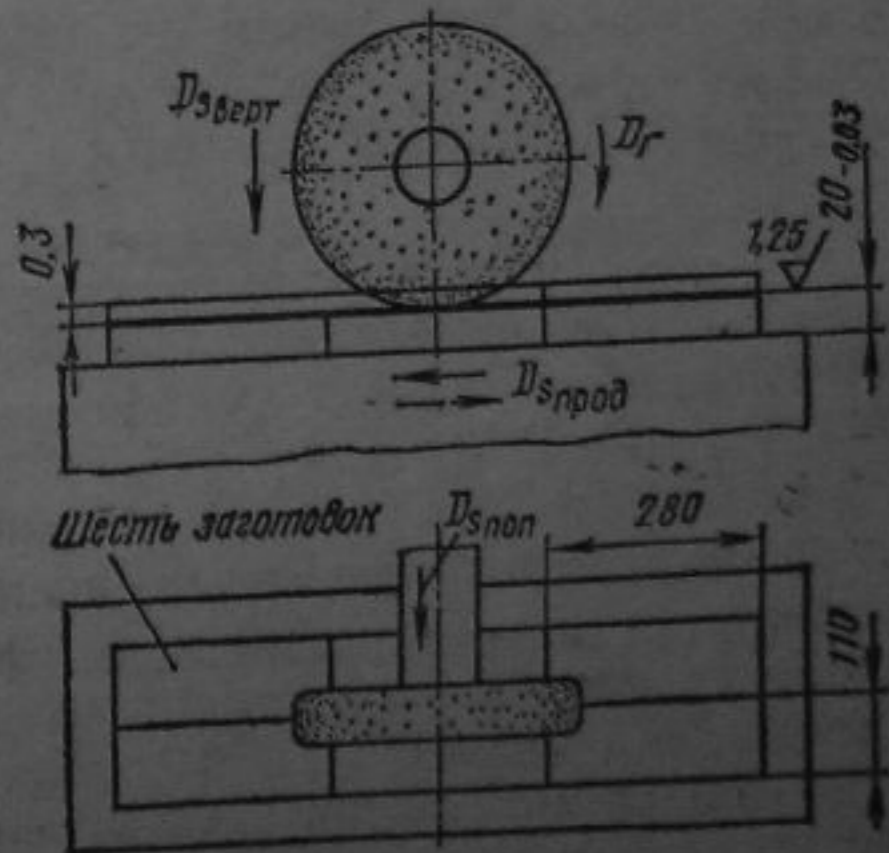


Рис. 94. Эскиз обработки к примеру 64



Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время.

Решение (по нормативам [9]). I. Выбираем шлифовальный круг. Устанавливаем характеристику круга (карта 18, с. 190). Для шлифования периферией круга, параметра шероховатости поверхности  $Ra = 1,25$  мкм, твердости стали 51,5 HRC, рекомендуется характеристика 14A25CM26—7K; принимаем 14A25CM27K. В характеристике приняты: материал абразивных зерен — электрокорунд нормальный 14A; зернистость 25; твердость CM2; структура № 7 и связка керамическая. В используемых нормативах не приведены некоторые элементы характеристики шлифовальных кругов, предусмотренные действующими стандартами. Устанавливаем их с помощью табл. 143 данного пособия. Принимаем индекс зернистости П (содержание основной фракции при зернистости 25—55 %). Устанавливаем разновидность принятой керамической связки — K1 (для электрокорундовых кругов). Устанавливаем тип круга. На плоскошлифовальных станках, работающих периферией круга, применяют обычно круги типа ПП (плоские прямого профиля). Принимаем класс круга — А. Указываем допустимую скорость круга — 35 м/с (обычное шлифование).

Маркировка полной характеристики круга — ПП 14A25PCM27K1A 35 м/с.

У станка ЗП722 диаметр нового круга  $D_k = 450$  мм; высота (ширина) круга  $B_k = 80$  мм (по паспортным данным станка).

II. Назначаем режим резания.

1. Определяем частоту вращения шлифовального круга при принятой скорости  $v = 35$  м/с:

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60v}{\pi D_k} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 450} = 1486 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем по паспортным данным станка ЗП722  $n_k = 1500 \text{ мин}^{-1}$ .

2. Определяем скорость движения продольной подачи  $v_{\text{прод}}$  (в нормативах названа скоростью заготовки  $v_z$ , см. карту 19, лист 3, с. 194—195). Для стали конструктивной твердостью до HRC 56  $v_{\text{прод}} = 16$  м/мин ( $\approx 0,27$  м/с).

3. Определяем поперечную подачу круга (карта 19, лист 3, с. 194). Для параметра шероховатости поверх-

ности  $Ra = 1,25$  мкм и ширины шлифовального круга  $B_k = 80$  мм  $S = 32$  мм/ход стола.

4. Определяем подачу на глубину напроход (карта 19, лист 3, с. 194, 195). Движение подачи на глубину напроход, или вертикальная подача круга, осуществляется в момент реверсирования поперечного движения подачи.

Для конструктивной стали твердостью 51,5 HRC, припуски на обработку 0,35 мм и поперечной подачи  $S$  до 38 мм/ход стола  $S_{tx} = 0,014$  мм (на реверсирование шлифовальной бабки).

Учитываем поправочные коэффициенты на эту подачу (карта 19, лист 4, с. 196, 197):

в зависимости от обрабатываемого материала и точности обработки: конструктивная сталь 45ХН, легированная хромом и никелем, относится ко II группе обрабатываемого материала. Для этой группы обрабатываемого материала, допустимого отклонения высоты планки — 0,05 мм (по условию) и параметра шероховатости поверхности  $Ra = 1,25$  мкм поправочный коэффициент  $K_{st_1} = 1,5$ ;

в зависимости от размера шлифовального круга и степени заполнения стола заготовками: определяем степень

заполнения стола, т. е. отношение  $\frac{\sum F_z}{B_z L_z}$ , где  $\sum F_z$  — суммарная площадь шлифуемой поверхности, мм<sup>2</sup>;  $B_z$ ,  $L_z$  — соответственно габаритные ширина и длина расположения шлифуемых заготовок на столе станка. На столе установлено шесть заготовок прямоугольной формы (см. эскиз обработки). Следовательно,  $B_z = 110 \cdot 2 = 220$  мм;  $L_z = 280 \cdot 3 = 840$  мм;  $\sum F_z = 220 \times 840 \text{ мм}^2$ . Подставляем полученные значения в отношение:  $\frac{220 \cdot 840}{220 \cdot 840} = 1$ . Это соотношение будет меньше единицы при шлифовании заготовок типа колец, втулок, планок и плит с отверстиями и т. п. Для отношения, равного единице и диаметра круга  $D_k = 450$  мм (в карте диапазон 410—500 мм) поправочный коэффициент  $K_{st_2} = 0,71$ ;

в зависимости от точности обработки и жесткости станка (карта 2, с. 110): для плоскошлифовального станка ЗП722 (см. в карте по графе, где приведена мод. 3720), проработавшего непрерывно до 10 лет, поправочный коэффициент  $K_{ж} = 1$ ;



В зависимости от твердости шлифовального круга (карта 18, примеч. 1, с. 190): для принятой твердости круга SM2 поправочный коэффициент  $K_1 = 1$ .

С учетом поправочных коэффициентов  $S_{tx} = 0,014 K_{st} \times K_{ж} K_1 = 0,014 \cdot 1,5 \cdot 0,71 \cdot 1 \cdot 1 = 0,015$  мм (это значение  $S_{tx}$  приведено в паспорте станка ЗП722).

5. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 20, лист 1, с. 198, 199).

Для II группы обрабатываемого материала,  $v_{с прод}$  до 20 м/мин, поперечной подачи  $S$  до 35 мм/ход и подачи на глубину напроход  $S_{tx} = 0,015$  мм  $N_{табл} = 8,4$  кВт.

Учитываем поправочный коэффициент на мощность (карта 20, лист 2, с. 200). Для твердости круга SM2 и ширины круга  $B_k = 80$  мм  $K_N = 1,05$  (найден интерполированием значений  $K_N = 1$  для  $B_k = 63$  мм и  $K_N = 1,12$  для  $B_k = 100$  мм). Тогда  $N_{рез} = N_{табл} K_N = 8,4 \cdot 1,05 = 8,65$  кВт.

6. Проверяем, достаточна ли мощность привода шлифовального шпинделя. У станка ЗП722  $N_{шп} = N_{д\eta} = 15 \cdot 0,85 = 12,75$  кВт;  $N_{рез} \leq N_{шп}$  ( $8,65 < 12,75$ , т. е. обработка возможна).

7. Проверяем, выполняются ли условия бесприжогового шлифования.

Сущность этой проверки изложена в примере 63 данного учебного пособия. Подсчитываем удельную мощность шлифования:

$$N_{уд} = \frac{N_{рез}}{B_k} = \frac{8,65}{80} = 0,105 \text{ кВт/мм.}$$

Определяем по карте 20, лист 2, с. 200 предельное значение  $N_{уд}$ , при котором обеспечивается бесприжоговое шлифование закаленной стали. Для твердости круга SM2 и скорости движения продольной подачи  $v_{с прод}$  до 20 м/мин предельное значение  $N_{уд} = 0,11$  кВт/мм. Так как  $0,105 < 0,11$ , то условия бесприжогового шлифования выполнены.

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{NLh}{1000 v_{с прод} S S_{tx} q}$$

Здесь  $N$  — перемещение шлифовального круга в направлении поперечной подачи, мм;  $H = B_a + B_k + 5$ ;  $B_a$  — суммарная ширина шлифуемых поверхностей заготовок,

147. Данные к задаче 97

№ варианта	Материал заготовки	Ra, мкм	B	l	h <sub>1</sub>	h	q	Способ расположения заготовок на столе станка
			мм					
1	Сталь Ст5 незакаленная	1,25	230	700	25 <sub>-0,06</sub>	0,5	1	—
2	Серый чугун, 220 HB	1,25	250	400	50 <sub>-0,05</sub>	0,45	2	В один ряд
3	Сталь 45ХН закаленная, 53 HRC <sub>a</sub>	0,63	110	150	20 <sub>-0,02</sub>	0,25	12	В два ряда по 6 шт. в ряду
4	Серый чугун, 190 HB	1,25	200	300	45 <sub>-0,05</sub>	0,4	3	В один ряд
5	Сталь 45Х закаленная, 41,5 HRC <sub>a</sub>	0,63	140	180	30 <sub>-0,03</sub>	0,35	10	В два ряда по 5 шт. в ряду
6	Сталь 35 незакаленная	1,25	120	270	22 <sub>-0,25</sub>	0,30	6	В два ряда по 3 шт. в ряду
7	Серый чугун, 170 HB	1,25	280	650	60 <sub>-0,07</sub>	0,5	1	—
8	Сталь У7А закаленная, 56 HRC <sub>a</sub>	0,63	55	150	10 <sub>-0,02</sub>	0,2	30	В пять рядов по 6 шт. в ряду
9	Сталь 45 незакаленная	1,25	60	600	15 <sub>-0,05</sub>	0,3	5	В пять рядов по 1 шт. в ряду
10	Сталь 40 закаленная, 36,5 HRC <sub>a</sub>	0,63	45	280	12 <sub>-0,03</sub>	0,25	18	В шесть рядов по 3 шт. в ряду

установленных на столе;  $B_k$  — ширина круга; в решаемом примере  $B_k = 80$  мм, тогда  $H = 2 \cdot 110 + 80 + 5 = 305$  мм;  $L$  — длина продольного хода стола, мм;  $L = L_a + (10 \dots 15)$  мм;  $L_a$  — суммарная длина заготовок, установленных на столе; в решаемом примере  $L_a = 3 \cdot 280 + 15 = 855$  мм;  $h$  — припуск на сторону (по условию  $h = 0,35$  мм);  $v_{с прод}$  — скорость движения продольной подачи (стола), м/мин;  $S$  — поперечная подача круга, мм/ход стола;  $S_{tx}$  — подача на глубину напроход (вертикальная подача), мм (величины  $v_{с прод}$ ,  $S$ ,  $S_{tx}$  определены в ходе решения примера);  $q$  — число заготовок, одновременно устанавливаемых на столе станка (по условию  $q = 6$ ).

В приведенной формуле отсутствует коэффициент точности  $K$ , учитывающий время на «выхаживание», т. е.



на шлифование без подачи на глубину (вертикальной подачи), так как в используемых нормативах приведены средние значения этой подачи  $S_{tx}$ , рассчитанные исходя из полного времени цикла шлифования и «выхаживания» [9], с. 107):

$$T_0 = \frac{305 \cdot 855 \cdot 0,35}{1000 \cdot 16 \cdot 32 \cdot 0,015 \cdot 6} = 1,98 \text{ мин.}$$

*Задача 97.* На плоскошлифовальном станке ЗП722 с прямоугольным столом шлифуется плоская поверхность заготовки прямоугольной формы шириной  $B$  и длиной  $l$ ; высота заготовки  $h_1$ . Припуск на сторону  $h$ . На магнитном столе станка установлено  $q$  заготовок (табл. 147). Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время. При решении задач кроме нормативов [9] можно пользоваться справочниками [5, 10, 18].

## ГЛАВА 10 ЗАТОЧКА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Для получения передней и задних поверхностей лезвия инструмента с малыми параметрами шероховатости и незначительными отклонениями размеров применяют заточку и доводку (окончательную абразивную обработку) передней и задних поверхностей лезвий, фасок, ленточек и радиусов вершин режущих кромок.

Последовательность заточки поверхностей, форма (тип) круга, характеристика абразивного материала и режим обработки зависят от вида и материала затачиваемого инструмента, применяемого оборудования и охлаждения, а также характера заточки (при изготовлении или повторной заточке после затупления инструмента — восстановлении).

Типовые технологические процессы заточки режущих инструментов. Основными видами операций, выполняемых при заточке режущего инструмента, являются предварительное и окончательное круглое шлифование рабочей части инструмента, предварительная заточка передней и задних поверхностей, доводка лезвий и ленточек, заточка стружкоразделительных и стружкозавивающих канавок, способствующих разделению и дроблению стружки.

Заточку инструмента с пластинами из твердого сплава выполняют по приведенным ниже схемам.

*Схема 1:* заточка стального корпуса кругами из электрокорунда; заточка по главной задней, вспомогательной задней и передней поверхностям пластины из твердого сплава кругами из карбида кремния зеленого; доводка лезвия и ленточек алмазными кругами.

*Схема 2:* заточка кругами из карбида кремния зеленого одновременно твердого сплава и стального корпуса по главной задней и передней поверхностям; доводка лезвия и ленточек алмазными кругами.



Схема 3: заточка одновременно пластины из твердого сплава и стального корпуса в последовательности, указанной в схеме 2, алмазными кругами на металлической связке путем электрохимического шлифования или алмазными кругами на керамической связке.

Схема 4: алмазная заточка только пластины из твердого сплава по всей поверхности или только фасок.

Схемы 1 и 2 применяют при больших припусках, а также в тех случаях, когда для увеличения периода стойкости инструмента необходима трехкратная заточка.

Схему 3 применяют, когда припуск на заточку не превышает 0,3—0,4 мм.

Схему 4 применяют в тех случаях, когда конструкция инструмента обеспечивает достаточный вылет пластин из корпуса и отсутствие контакта круга со стальным корпусом, а также при заточке ножей в специальном приспособлении.

Характеристику кругов и режим заточки инструментов с пластинами из твердого сплава выбирают из табл. 148. Марки алмазных порошков указаны в ГОСТ 9206—80, форма кругов — в ГОСТ 16181—82, в скобках — ранее применявшиеся обозначения.

Заточку инструмента из быстрорежущей стали выполняют по приведенным ниже схемам.

Схема 1: заточка лезвия по передней поверхности; шлифование ленточек и заточка задних поверхностей кругами из электрокорунда.

Схема 2: заточка передней и задней поверхностей лезвия кругами из электрокорунда, доводка фасок и ленточек кругами из эльбора.

Схема 3: заточка кругами из эльбора всех поверхностей рабочей части инструмента.

Обработку по схеме 1 применяют, когда на заточку предусматривается большой припуск, а требования к шероховатости заточенных поверхностей невысоки ( $Ra \geq 0,63$  мкм).

Схему 2 применяют, когда требуется обеспечить шероховатость заточенной поверхности  $Ra < 0,32$  мкм.

Схему 3 применяют при припуске менее 0,2—0,3 мм.

Круглое шлифование применяют для заточки в том случае, когда необходимо обеспечить диаметр инструмента с малым полем допуска и цилиндрической ленточкой (например, при заточке зенкеров, разверток).

148. Характеристики круга и режимы резания при заточке инструмента с пластинами из твердого сплава

Вид технологической операции и инструмента	Характеристика абразивного инструмента			Режимы обработки				
	Форма круга	Материал	Зернистость	Твердость (концентрация)	Связка	Скорость круга $v_k$ , м/с	Подача продольная (стола) $S_{пр}$ , м/мин	Подача на глубину $S_f$ , мм/дв. ход
Заточка: резцов и открытых задних поверхностей рабочей части многолезвийного инструмента ( $Ra = 0,63 \dots 1,25$ мкм)	ЧЦ, ЧК 12A2—45° (АЧК)	Карбид кремния зеленый 63С Алмаз А66 (АСВ)	40—25 200/160— 100/80	М3—СМ2 100 %	Керамическая К5—К8 Металлическая М5, М1—С2 (МВ1)	10—18	4—6	0,05—0,10
						16—22	1,5—2	0,03—0,08
твердосплавных пластин совместно со стальным корпусом ( $Ra = 0,63 \dots 2,5$ мкм)	ЧЦ, ЧК 12A2—45° (АЧК)	Карбид кремния зеленый 63С Алмаз АС4 (АСР)	40—25 250/200— 122/100	М3—СМ2 100 %	Керамическая К5—К8 Керамическая К1-01 (К1)	12—18	4—6	0,08—0,10
						25—30	1—2	0,03—0,05



Вид технологической операции и инструмента	Характеристика абразивного инструмента					Режимы обработки		
	Форма круга	Материал	Зернистость	Твердость (конден-трация)	Связка	Ско-рость круга $v_k$ , м/с	Подача про-дольная ( $S_{пр}$ ), мм/мин	Подача на глубину $S_f$ , мм/дв. ход
Заточка: передних поверхно-стей многолезвийного инструмента ( $Ra = 0,16 \dots 0,32$ мкм)	ЧК, Т 12А2—45° (АЧК)	Карбид кремния зеленый 63С Алмаз АС2 (АСО)	25—16	СМ1—СМ2	Керамиче-ская К5	12—18	4—6	0,02—0,05
			160/125—63/50	100 %		Металли-ческая М2-01 (М1), М5, М1-01 (МВ1)	25—30	1—1,5
Доводка твердсплав-ных пластин ( $Ra = 0,08 \dots 0,16$ мкм)	12А2—45° (АЧК) 1А1 (АПП); 6А2 (АПВ)	Алмаз АС4 (АСР) Алмаз АС2 (АСО)	63/50	100 %	Металли-ческая М2-01 (М1), М5 Бакелито-вая В1, В156 (В2-01, В1-02)	25—30	0,7—1	Ручная подача с силой 10—20 Н 0,005—0,01
			50/40	50 %		20—25	0,7—1	

Продолжение табл. 148

Вид технологической операции и инструмента	Характеристика абразивного инструмента					Режимы обработки		
	Форма круга	Материал	Зерни-стость	Твер-дость (конден-трация)	Связка	Ско-рость круга $v_k$ , м/с	Подача про-дольная ( $S_{пр}$ ), мм/мин	Подача на глубину $S_f$ , мм/дв. ход
Заточка (вышлифовы-вание) стружколомных лунок методом глубин-ного шлифования с по-перечной подачей ( $Ra = 0,32 \dots 0,63$ мкм)	1FFX (А5П), 1EE1X (А2П)	Алмаз АС2 (АСО)	80/63—50/40	100 %	Металли-ческая М2-01 (М1) Бакелито-вая В1, В156, В2-01, В1-02	15—20	0,5—1	0,03—0,05
			120/100—100/80	100 %		20—25	1—1,5	0,02—0,05
Круглое шлифование рабочей части инстру-мента: предварительное ( $Rz = 3,2 \dots 6,3$ мкм) окончательное ( $Rz = 0,8 \dots 1,6$ мкм)	1А1 (АПП)	Алмаз АС4 (АСР)	80/60—50/40	50 %	Металли-ческая М1, Бакелито-вая В1, В2-01	25—30	0,5—1,5	0,002—0,005
	1А1 (АПП)	Алмаз АС2 (АСО)	120/100—100/80	100 %		20—25	1—1,5	0,02—0,05
Заточка корпуса из конструкционной стали ( $Ra = 1,25 \dots 2,5$ мкм)	ЧК, ЧЦ	Электро-корунд 15А	40—50	С1—С2	Керамиче-ская К8	20—25	3—5	0,05—0,1



Характеристику кругов и режим заточки инструментов из быстрорежущей стали выбирают по табл. 149. Для обеспечения более высокого качества режущей кромки, меньшего параметра шероховатости и незначительного выкрашивания (особенно инструмента из твердого сплава) круг должен вращаться в направлении от режущей кромки к телу зуба инструмента.

При заточке на универсально-заточном станке инструменту сообщаются два движения: возвратно-поступательное вдоль рабочей поверхности круга (продольная подача  $S_{пр}$ ) и на круг (подача на глубину шлифования  $S_1$ ), которое чаще осуществляется за двойной ход стола станка. При этом инструмент может постоянно находиться в контакте с рабочей поверхностью круга или при каждом ходе выходить из контакта с кругом. В первом случае резание является непрерывным, а во втором — прерывистым.

При заточке инструмента из твердого сплава наиболее целесообразно применять шлифование с непрерывным контактом, а при заточке инструмента из быстрорежущей стали — шлифование с прерывистым контактом.

Длину пути инструмента относительно круга  $L$  (при определении основного времени) в первом случае необходимо на 3—5 мм уменьшить, а во втором случае — увеличить.

Основное время на заточку и доводку подсчитывают по формуле  $T_0 = \frac{L}{v_s} i$ , справедливой для различных видов обработки на металлорежущих станках, которая видоизменяется в соответствии с кинематикой движения заготовки (затачиваемого инструмента) и инструмента (шлифовального круга) при данном виде обработки, расположением обрабатываемой поверхности по отношению к направлениям движения механизмов станка и видам контакта с инструментом.

Указанную формулу основного времени можно представить в следующих видах:

$$T_0 = \frac{L}{v_s} i = \frac{l + l_1 + l_2}{S_0 n} i = \frac{L}{s_1 B_K n_3} \frac{h}{S_1} Kz,$$

при заточке с подачей  $S_1$  на каждый ход стола

$$T_0 = \frac{l + l_1 + l_2}{S_{пр} \cdot 1000} \frac{h}{S_1} Kz;$$

149. Характеристика круга и режимы резания при заточке инструмента из быстрорежущей стали

Вид технологической операции и инструмента	Характеристика абразивного инструмента			Режимы обработки			
	Форма круга	Материал	Зернистость	Твердость (концентрация)	Связка	Скорость круга $v_k$ , м/с	Подача продольная (стола) $S_{пр}$ , м/с (м/мин)
Заточка: резцов, задних поверхностей многолезвийного инструмента ( $Ra = 0,16 \dots 0,63$ мкм)	ЧЦ, ЧК 12A2—45° (ЛЧК)	Электрокорунд 23A Эльбор-ЛО	25—16 ЛО 100/80— ЛО 50/40	МЗ—СМ1 100 %	Керамическая К1, К5 Бакелитовая БИ1 (Б1), Б.56 Керамическая К5	0,03—0,05 (2—3) 0,017—,03 (1—2) 0,03—0,05 (2—3)	0,08—0,12 0,01—0,02 0,08—0,12
		Монокорунд 43A	25—16	МЗ—СМ1	Керамическая К5	20—25	0,01—0,02
передних поверхностей лезвий инструмента с прямым зубом — разветок, метчиков, червячных фрез ( $Rz = 0,8 \dots 1,6$ мкм)	12A2—45° (ЛЧК)	Эльбор-ЛО	ЛО 63/50— ЛО 50/40	100 %	Бакелитовая БИ1 (Б1) Керамическая К1, К5	0,017—0,03 (1—2)	0,01—0,02
		Монокорунд 43A	25—16	СМ1— СМ2	Керамическая К5	0,03—0,05 (2—3)	0,03—0,05



Вид технологической операции и инструмента	Характеристика абразивного инструмента					Режимы обработки		
	Форма круга	Материал	Зернистость	Твердость (концентрация)	Связка	Скорость круга $v_k$ , м/с	Подача продольная (стола) $S_{пр}$ , м/с (м/мин)	Подача на глубину $S_f$ , мм/дв. ход
Заточка: передних поверхностей лезвий инструмента с винтовым зубом — концевых, насадных фрез, сверл ( $R_z = 1,6 \dots 3,2$ мкм)	ЧК	Электрокорунд 23А	25—16	СМ3—С1	Керамическая К1, К5	20—25	0,03—0,05 (2—3)	0,02—0,04
	ЧК	Монокорунд 43А	16—12	СМ3—С1	Керамическая К5			
Доводка фасок и ленточек на лезвиях рабочей части инструмента ( $R_a = 0,08 \dots 0,32$ мкм)	ЧЦ, ЧК	Карбид кремния зеленый 63С Эльбор-ЛО	8—6	СМ2—С1	Бакелитовая	20—25	0,017—0,03 (1—2)	Ручная подача с силой 10—20 Н 0,005—0,01
	12А2—45° (ЛЧК) 12А2—45° (АЧК)	Алмаз АС6 (АСВ)	ЛО 63/50— ЛО 50/40 100/80— 63/50	100 % 100 %		20—25 18—20	0,008—0,017 (0,5—1)	

Продолжение табл. 149

Вид технологической операции и инструмента	Характеристика абразивного инструмента					Режимы обработки		
	Форма круга	Материал	Зернистость	Твердость (концентрация)	Связка	Скорость круга $v_k$ , м/с	Подача продольная (стола) $S_{пр}$ , м/с (м/мин)	Подача на глубину $S_f$ , мм/дв. ход
Заточка (вышлифовывание) стружечных канавок и лунок ( $R_a = 0,32 \dots 0,63$ мкм)	ПП, 2П	Электрокорунд 23А	12—6	СТ1—СТ2	Вулканитовая	35—60	0,008—0,017 (0,5—1)	0,03—0,05
	ПП, 2П	Монокорунд 43А	12—6	СТ1—СТ2	Бакелитовая			
Круглое шлифовальные задних поверхностей рабочей части инструмента ( $R_z = 1,6 \dots 3,2$ мкм)	ПП	Электрокорунд 23А	40—16	С1—С2	Керамическая К5	25—30	0,25—0,33 (15—20)	0,02—0,04



при заточке с подачей  $S_{2t}$  на двойной ход стола

$$T_0 = \frac{2(l + l_1 + l_2)}{S_{пр} \cdot 1000} \frac{h}{S_{2t}} Kz,$$

где  $T_0$  — основное время, мин;  $l$  — длина затачиваемой поверхности зуба инструмента или пластины из твердого сплава, мм;  $l_1$  — врезание круга, зависящее от диаметра круга  $D_k$  и высоты зуба  $B$ , мм; при заточке передней поверхности тарельчатым кругом  $l_1 = \sqrt{B(D_k - B)} + (0,5 \div 3)$ , при заточке задней поверхности чашечным кругом  $l_1 = 1 \dots 3$  мм;  $l_2$  — перебег круга; с непрерывным контактом —  $(3 \dots 5)$  мм, с прерывистым контактом +  $(3 \dots 5)$  мм;  $s_d$  — коэффициент, учитывающий продольную подачу в долях ширины круга;  $B_k$  — ширина круга;  $n_3$  — частота вращения заготовки;  $S_{пр}$  — продольная подача (скорость возвратно-поступательного перемещения стола), м/мин;  $h$  — припуск на данную операцию заточки, мм;  $S_{2t}$  — поперечная подача на глубину, мм/дв. ход;  $K = 1,20 \dots 1,5$  — коэффициент «выхаживания» для достижения требуемой шероховатости затачиваемой поверхности;  $z$  — число зубьев затачиваемого многолезвийного инструмента.

**Выбор шлифовальных кругов для обработки инструментов.** В зависимости от технологической операции заточки и вида инструмента из быстрорежущей стали применяют круги из электрокорунда, монокорунда или эльбора (см. табл. 149).

Круги из эльбора практически одинаково хорошо обрабатывают все группы быстрорежущих сталей, так как твердость эльбора значительно выше твердости карбидов, входящих в состав этих сталей.

Предварительную заточку инструментов, оснащенных пластинами из твердого сплава, производят кругами из зеленого карбида кремния, так как они позволяют обрабатывать одновременно твердосплавную пластину и прилегающий к ней участок стального корпуса инструмента.

При сечении корпуса резца более  $32 \times 20$  мм рекомендуется отдельная заточка стального корпуса кругами из электрокорунда под углом, на  $4-6^\circ$  большим заднего угла ( $\alpha + 5^\circ$ ), после чего производят предварительную черновую заточку кругами из карбида кремния или алмаза только твердосплавного участка.

Для окончательной заточки (доводки) лезвий рабочей части и фасок применяют алмазные круги.

При повторной заточке (восстановлении) инструмента, подвергнувшегося изнашиванию, по передней и задней поверхностям необходимо снимать значительно больший припуск и производить предварительную заточку по передней и задним поверхностям кругами из зеленого карбида кремния.

**Форма и размеры шлифовальных кругов** для заточки и доводки зависят от конструкции, размеров рабочей части инструмента и модели заточного станка.

Плоские поверхности затачивают торцовой поверхностью или периферией круга. Задние поверхности затачивают чашечными или плоскими кругами с одно- или двусторонней выточкой.

Для заточки передних поверхностей многолезвийного инструмента применяют круги тарельчатой формы. Выбор формы абразивных, эльборовых и алмазных кругов производят по табл. 148 и 149.

**Абразивно-алмазные материалы для кругов.** Абразивные круги для заточки инструмента изготовляют из электрокорунда нормального (14А, 15А, 16А), электрокорунда белого (23А, 24А, 25А), хромистого электрокорунда (33А, 34А), монокорунда (44А, 45А), карбида кремния черного (53С, 54С), карбида кремния зеленого (63С, 64С).

**Эльборовые круги** изготовляют из синтетических сверхтвердых материалов: кубического нитрида бора, кубонита, чаще эльбора ЛО, ЛП и ЛД.

**Алмазные круги** преимущественно изготовляют из синтетических алмазов в виде шлифпорошков следующих марок (по мере возрастания прочности и абразивной способности): АС2 (АСО), АС4 (АСР), АС6 (АСВ), АС15 (АСК), АС32 (АСС) и микропорошков АСМ и АСН.

Алмазные и эльборовые круги состоят из металлического (стального и дюралюминиевого) или пластмассового корпуса и режущей части — алмазно- или эльборо-содержащего слоя, который приклеивают или прессуют непосредственно на корпус.

Режущая часть круга состоит из алмазного или эльборового порошка, скрепленного металлическими М2-01 (М1, М5), органическими Б2-01 (Б1), Б2, Б3, В1-02 (Б156), В1-10 (ТО2) или керамическими К1-01 (К1) связками.

**Маркировка эльборового круга** содержит следующую характеристику; например: 12А2— $45^\circ$  150×32×32×5×3



ЛОЛ8 К1-011 С2 30 7, где 12А2—45° — форма круга (по СТ СЭВ 67 5—75 круги чашечные конические также обозначаются 11А2 и 11В2); 150×32×32×5×3 — размеры круга (наружный диаметр, высота круга, диаметр отверстия, ширина и толщина эльборового или алмазного слоя); ЛО — материал (эльбор-Л); Л8 — зернистость эльборового шлифпорошка; К1-01 — связка керамическая; С2 — твердость — средняя 2; 30 — содержание (карат) эльбора (или алмаза) в рабочем слое круга; 7 — структура.

Маркировка алмазного круга аналогична маркировке эльборового круга.

Заточка и доводка инструментов, оснащенных монокристаллическими алмазами или эльбором (кубическим нитридом бора, кубонитом, гексонитом-Р, гексонитом-10 и др.), производится только алмазными пастами или кругами на металлической связке.

Режимы резания при заточке и доводке инструмента из быстрорежущей стали приведены в табл. 149, а инструмента, оснащенного пластинами для твердого сплава, — в табл. 148.

При работе кругами на металлических и керамических связках применяют охлаждающую жидкость — 0,5% — ный раствор нитрата натрия; расход ее 0,5—1 л/мин.

**Пример 65.** Составить технологический процесс заточки и доводки токарного проходного резца по СТ СЭВ 190—75 сечением корпуса 40×25 мм, оснащенного пластиной из твердого сплава Т15К6, формы А по ГОСТ 18878—73\*; передний угол  $\gamma = 10^\circ$ ; задний угол  $\alpha = 5^\circ$ ; передний угол по фаске лезвия  $\gamma_f = -5^\circ$ .

Выбрать характеристики шлифовальных кругов. Назначить режимы заточки и доводки передней и задних поверхностей резца. Определить основное время.

Припуск под заточку  $h_z = 0,6$  мм и под доводку  $h_d = 0,04$  мм. Заточка производится на универсально-заточном станке 3Б32В, а доводка — на станке 3622Д с использованием наклонного стола.

**Решение 1.** Составляем технологический процесс обработки: принимаем схему 1, т. е. заточку заднего угла ( $\alpha + 5^\circ$ ) по стальному корпусу резца кругом из электрокорунда; предварительную заточку заднего угла по твердому сплаву ( $\alpha + 3^\circ$ ) кругом из карбида кремния зеленого; доводку (окончательная заточка) алмазным кругом задних поверхностей по фаске лезвия  $f_s = 2$  мм

под углом  $\alpha$ , передней поверхности по фаске лезвия  $f_p = 2 \dots 4$  мм под углом  $\gamma$  и по радиусу вершины. Если резцы имеют площадь сечения корпуса менее 32×20 мм, то их задние поверхности обрабатывают одновременно по твердосплавной пластине и стальному корпусу кругами из карбида кремния зеленого.

2. Выбираем характеристику шлифовального круга По табл. 148 для заточки резцов с пластинами из твердого сплава принимаем форму (тип) шлифовальных кругов для заточки по задним поверхностям — круг чашечный цилиндрический ЧЦ; для доводки по задним поверхностям, радиусу вершины и передней поверхности — круг чашечный конический 12А2—45° (АЧК).

По той же таблице выбираем другие характеристики кругов (абразивный материал, зернистость, твердость структуру, связку): для заточки стального корпуса резца по задним поверхностям принимаем круг 15А 50Г С1 К8 А; для заточки заднего и переднего углов на твердосплавной пластине принимаем круг 63С 40П СМ2 5 К3 А; для доводки фасок лезвия по передним и задним поверхностям и радиусу вершины резца принимаем алмазный круг АС2 80/63 М1-01 100% В2-01.

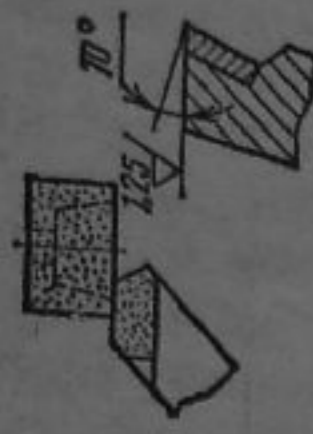
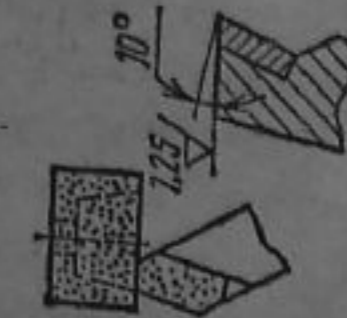
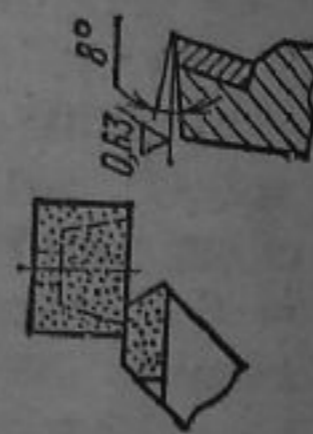
3. Назначаем режимы резания для заточки и доводки (см. табл. 148); при заточке стального корпуса резца по задним граням  $v_R = 25$  м/с;  $S_{пр} = 3$  м/мин;  $S_{zt} = 0,05$  мм/дв. ход; при заточке пластины из твердого сплава по задним поверхностям  $v_R = 10$  м/с;  $S_{пр} = 6$  м/мин;  $S_{zt} = 0,05$  мм/дв. ход; при доводке фасок лезвия по задней и передней поверхностям и радиусу вершины  $v_R = 30$  м/с;  $S_{пр} = 0,7$  м/мин;  $S_{zt} = 0,01$  мм/дв. ход.

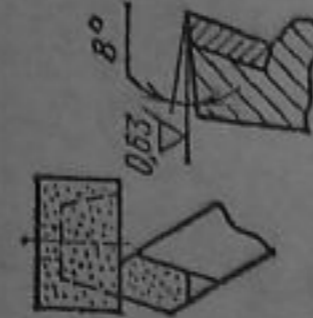
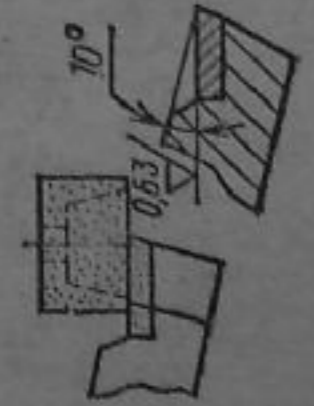
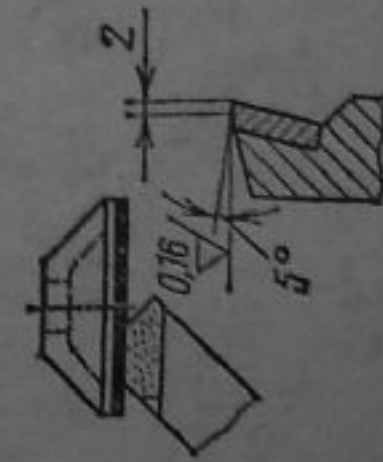
4. Основное время на выполнение заточки и доводки поверхностей рабочей части резца подсчитывают раздельно для каждой операции по формуле

$$T_0 = \frac{2(l + l_1 + l_2)}{S_{пр} \cdot 1000} \frac{h_s}{S_{zt}} K,$$

где при заточке главной задней поверхности  $l$  — длина пластины из твердого сплава — 25 мм;  $l_1$  — врезание круга — 3 мм;  $l_2$  — перебеги круга (при работе с непрерывным контактом уменьшают на 5 мм);  $S_{пр}$  — продольная подача (скорость возвратно-поступательного движения стола) — 6 м/мин;  $h_s$  — припуск на заточку 0,6 мм;



Операция	Эскиз	Характеристика круга	Режим обработки		
			$v_k$ , м/с	$S_{пр}$ , м/с (м/мин)	$S_{2r}$ , мм/дв. ход
Заточка главной задней поверхности по стальному корпусу ( $\alpha + 5^\circ$ )		ЧЦ 15А 50 С1 6 К8А	25	0,05 (3)	0,05
Заточка вспомогательной задней поверхности по стальному корпусу ( $\alpha_1 + 5^\circ$ )		ЧЦ 63С 40 СМ2 5 К3А	10	0,1 (6)	0,05
Предварительная заточка главной задней поверхности по пластине из твердого сплава ( $\alpha + 3^\circ$ )					

Предварительная заточка вспомогательной задней поверхности по пластине из твердого сплава ( $\alpha_1 + 3^\circ$ )		ЧЦ 63С 40 СМ2 5 К3А	10	0,1 (6)	0,05
Предварительная заточка передней поверхности ( $\gamma = 10^\circ$ )		ЧЦ 63С 40 СМ2 5 К3А	10	0,1 (6)	0,05
Доводка фаски лезвия на главной задней поверхности ( $\alpha = 5^\circ$ )		12А2—45° АС2 80/63 М1-01 100 %	30	0,01 (0,7)	0,01



Продолжение табл. 150

Операция	Эскиз	Характеристика круга	Режим обработки	
			$v_k$ , м/с	$S_{пр}$ , м/с (м/мин)
			$S_{дв}$ , мм/дв. ход	
Доводка фаски лезвия на вспомогательной задней поверхности ( $\alpha_1 = 5^\circ$ )		12A2—45° AC2 80/63 M1-01 100 %	30	0,01 (0,7)
Доводка фаски лезвия на передней поверхности ( $\gamma = -5^\circ$ ).		12A2—45° AC4 63/50 M2-01 100 %		0,01
Доводка радиуса вершины		12A2—45° AC4 63/50 M2-01 100 %		

151. Данные к задаче 98

№ варианта	Сечение корпуса резца	Форма передней поверхности	$h_3$	$h_d$
			мм	
1	40×40	Плоская с положительным передним углом и лункой $R = 2$ мм и $l = 15$ мм для стружкозавивания	0,8	0,05
2	50×32	Криволинейная $R = 6$ мм с отрицательной фаской $f = 1,5$ мм		0,06
3	40×40	Плоская с отрицательной фаской $f = 1$ мм	0,7	0,05
4	32×20	Плоская с положительным передним углом	0,6	0,03
5	20×20	Плоская с положительным передним углом	0,3	0,02
6	25×16	Плоская с отрицательной фаской $f = 2$ мм	0,4	0,04
7	25×25	Плоская с отрицательной фаской $f = 1$ мм		0,05
8	32×20	Криволинейная $R = 10$ мм с отрицательной фаской $f = 0,5$ мм	0,6	
9	32×32	Плоская с отрицательным передним углом и лункой $R = 2$ мм и $l = 8$ мм для стружкозавивания	0,8	0,03
10	40×25	Плоская с отрицательным передним углом	0,4	0,03

152. Данные к задаче 99

№ варианта	Диаметр развертки $d$ , мм	Материал заготовки
1	28	Сталь 40ХН, $\sigma_B = 900$ МПа
2	25	Бронза Бр.ОЦ 4-3
3	22	Ковкий чугун КЧ 60-3, 220 НВ
4	32	Серый чугун СЧ 15, 190 НВ
5	30	Сталь 45, $\sigma_B = 600$ МПа
6	16	Серый чугун СЧ 10, 160 НВ
7	14	Сталь 15Г, $\sigma_B = 400$ МПа
8	12	Медь М4, 80 НВ
9	20	Силумин АЛ3, 65 НВ
10	18	Сталь 40Х, $\sigma_B = 750$ МПа



$S_{2t}$  — подача на глубину 0,05 мм/дв. ход;  $K$  — коэффициент «выхаживания» принимаем 1,3.

Тогда при заточке главной задней поверхности

$$T_{оз} = \frac{2(25 + 3 - 5)}{6 \cdot 1000} \frac{0,6}{0,05} 1,3 = 0,12 \text{ мин.}$$

При доводке главной задней поверхности  $S_{пр} = 0,7$  м/мин;  $h_d = 0,04$  мм;  $S_{2t} = 0,01$  мм/дв. ход

$$T_{од} = \frac{2(25 + 3 - 5)}{0,7 \cdot 1000} \frac{0,04}{0,01} 1,3 = 0,34 \text{ мин.}$$

Таким же методом подсчитывают основное время при заточке и доводке других поверхностей рабочей части резца.

5. Заполняем технологическую документацию на операции заточки и доводки резца (табл. 150). При выполнении курсового и дипломного проектов и в производственных условиях технологический процесс оформляется на операционных картах механической обработки по ГОСТ 3.1404—86.

**Задача 98.** Составить технологический процесс заточки и доводки токарного проходного резца по ГОСТ 18878—73\* (табл. 151). Припуск на заточку  $h_a$  и на доводку —  $h_d$ .

Выбрать характеристику шлифовальных кругов, назначить режимы резания, определить основное время, габаритные размеры пластин из твердого сплава выбирать по ГОСТ 17163—82.

Оформить карту технологического процесса заточки.

**Задача 99.** Составить технологический процесс заточки и доводки машинной развертки по ГОСТ 16087—70\* (табл. 152). Припуск на заточку по передним и задним поверхностям  $h_a = 0,15$  мм, припуск на доводку  $h_d = 0,04$  мм. Обработка рабочей и калибрующей части и обратного конуса производится отдельно.

Угол  $\phi$  и длину отдельных участков рабочей части разверток выбирать по материалу обрабатываемой заготовки.

Выбрать характеристику шлифовальных кругов, назначить режимы резания, определить основное время на операции заточки и доводки всех участков рабочей части развертки, оформить карту технологического процесса заточки.

§ 1. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ТОКАРНЫХ МНОГОРЕЗЦОВЫХ СТАНКАХ

**Пример 66.** На токарном многорезцовом одношпиндельном полуавтомате 1Н713 производится окончательная токарная обработка зубчатого колеса. Заготовка предварительно обработана; материал — сталь 20Х,  $\sigma_B = 600$  МПа ( $\approx 60$  кгс/мм<sup>2</sup>). Установка заготовки — на шлицевой оправке в центрах. Размеры заготовки и детали приведены в эскизе (рис. 95). Режущие инструменты — резцы с пластинами из твердого сплава Т15К6. Резец 1 (см. эскиз наладки) — проходной прямой правый с углом  $\phi = 45^\circ$ . Резец 2 — проходной упорный правый. Резец 3 — подрезной левый. Резцы 4 и 5 — подрезные правые. Необходимо: назначить режим резания; определить основное время.

**Решение** (по нормативам [10]). 1. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем глубину резания для каждого резца наладки (припуски на обработку снимаются за один рабочий ход):

для резца 1

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{193 - 190}{2} = 1,5 \text{ мм;}$$

для резца 2

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{73 - 70}{2} = 1,5 \text{ мм;}$$

для резцов 3 и 4 припуск на сторону  $h = 2$  мм; следовательно,  $t = h = 2$  мм; для резца 5  $t = 1$  мм.



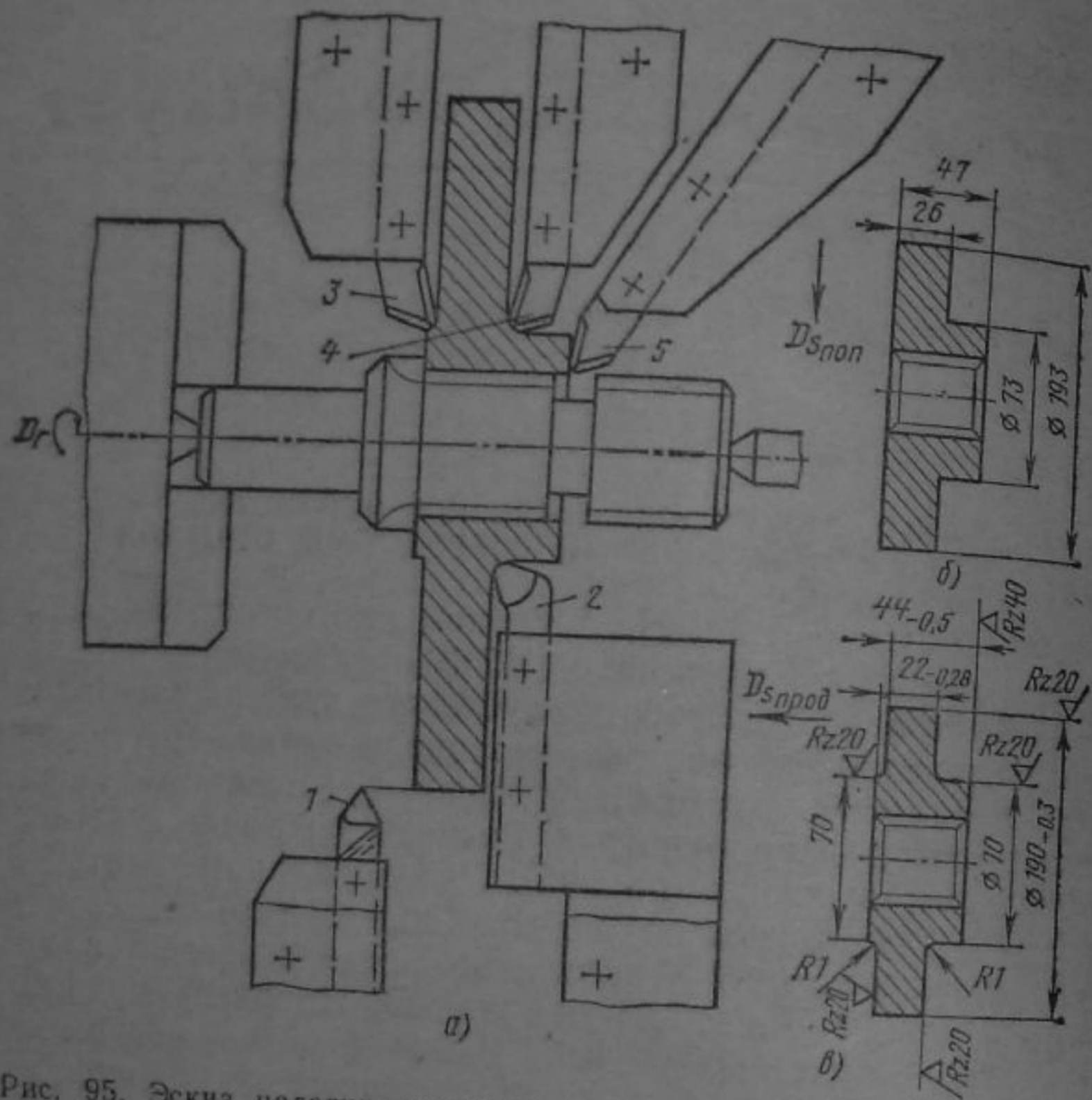


Рис. 95. Эскиз наладки токарного одношпиндельного полуавтомата для обработки зубчатого колеса:  
 а — наладка; б — заготовка для обработки; в — колесо после обработки

2. Длина рабочего хода продольного и поперечного суппортов

$$L_{p.x} = l_{рез} + y + l_{доп}$$

где  $l_{рез}$  — длина пути резания, мм;  $y$  — подвод, врезание и перебеги инструментов;  $l_{доп}$  — дополнительная длина хода, вызванная особенностями наладки и конфигурацией заготовок.

Определяем  $L_{p.x}$  продольного суппорта; наибольшую длину резания из резцов продольного суппорта имеет резец 1 (см. эскиз наладки); у этого резца  $l_{рез} = 24$  мм. Величину  $y$  определяем по таблице на с. 300;  $y = y_{врез} + y_{подв} + y_{п}$ ;  $y_{врез} = 1,5$  мм, так как  $t = 1,5$  мм и  $\varphi = 45^\circ$ ;  $y_{подв} + y_{п} = 4$  мм; тогда  $y = 1,5 + 4 = 5,5$  мм.

В рассматриваемом примере  $l_{доп} = 0$ ;  $L_{p.x} = 24 + 5,5 = 29,5$  мм.

Определяем  $L_{p.x}$  поперечного суппорта; наибольшую длину резания из резцов поперечного суппорта имеют резцы 3 и 4 (см. эскиз наладки); у этих резцов

$$l_{рез} = \frac{193 - 70}{2} = 61,5 \text{ мм};$$

$y_{врез} = 0$ ;  $y_{подв} + y_{п} = 2$  мм, так как они выполняют точение в упор (с. 300);  $l_{доп} = 0$ ;  $L_{p.x} = 61,5 + 2 = 63,5$  мм.

3. Определяем подачу суппортов на оборот шпинделя (карта Т-2, с. 23). Суммарная глубина резания для резцов продольного суппорта  $\sum t = t_1 + t_2 = 1,5 + 1,5 = 3$  мм, поперечного суппорта  $\sum t = t_3 + t_4 + t_5 = 2 + 2 + 1 = 5$  мм. Для этих значений  $\sum t$  рекомендуются подачи: для продольного суппорта  $S_0 = 0,6$  мм/об и для поперечного суппорта  $S_0 = 0,4$  мм/об.

В соответствии с примеч. 5 к карте Т-2 (с. 24) необходимо при назначении подачи учитывать также заданный параметр шероховатости обработанной поверхности. Для предусмотренного чертежом заготовки параметра шероховатости поверхности  $Rz = 20$  мкм (старое обозначение  $\nabla 5$ ) в таблице рекомендуются подачи не свыше  $S_0 = 0,45$  мм/об (при обработке стали, радиуса при вершине резца  $r = 1$  мм и ориентировочно принятой  $v > 100$  м/мин).

Так как материал заготовки — сталь с  $\sigma_b = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, то необходимо в соответствии с примечанием к таблице учесть поправочный коэффициент на подачу  $K_s = 0,75$ . Тогда  $S_0 = 0,45 \cdot 0,75 = 0,335$  мм/об.

У станка 1Н713 механизм подач имеет самостоятельный привод, и этот механизм кинематически не связан с механизмом главного движения. Поэтому в паспорте этого станка приведены не подачи суппортов на оборот шпинделя  $S_0$  (мм/об), а скорости движения подачи  $v_s$  (мм/мин), значения которых могут быть установлены только после определения скорости главного движения резания и частоты вращения шпинделя станка ( $v_s = S_0 n$ ). Поэтому рекомендуемую нормативами подачу  $0,335$  мм/об по станку не корректируем, а принимаем для поперечного суппорта ориентировочно  $S_0 = 0,3$  мм/об (с последующим окончательным уточнением ее после определения значения  $v_s$  поперечного суппорта). Так как время работы продольного суппорта значительно меньше,



чем поперечного, а работают они одновременно, то можно уменьшить подачу продольного суппорта без снижения производительности станка. Это достигается выравниванием продолжительности работы продольного и поперечного суппортов, т. е. одинаковым числом оборотов шпинделя за ход каждого суппорта:

$$\frac{L_{p. \text{ поп}}}{S_{0 \text{ поп}}} = n = \frac{L_{p. \text{ прод}}}{S_{0 \text{ прод}}};$$

$$\frac{63,5}{0,3} = 211 = \frac{29,5}{S_{0 \text{ прод}}};$$

$$S_{0 \text{ прод}} = \frac{29,5}{211} = 0,14 \text{ мм/об.}$$

При установлении подачи нелIMITирующего суппорта, несмотря на результаты расчета, не рекомендуется уменьшать подачу резцов из твердых сплавов ниже 0,15—0,2 мм/об при точении стальных заготовок (карта Т-2, п. 2, с. 23). Поэтому ориентировочно принимаем значение подачи продольного суппорта примерно в середине диапазона 0,15—0,2 мм/об, т. е.  $S_0 = 0,17$  мм/об. Эта подача по паспортным данным станка также не корректируется; она должна быть окончательно уточнена после определения  $v_s$  продольного суппорта.

4. Определяем периоды стойкости лимитирующих инструментов (карта Т-3, с. 26). Период стойкости в минутах времени резания для каждого предположительно лимитирующего инструмента наладки, по которому ведется расчет скорости резания,  $T_p = T_m \lambda$ , где  $T_m$  — период стойкости в минутах машинной работы станка;  $\lambda$  — коэффициент времени резания.

В рассматриваемом примере принимаем  $T_m$  по II группе наладок, т. е. для средних наладок по равномерности нагрузки инструмента:  $T_m = 140$  мин (для пяти инструментов в наладке).

Предположительно лимитирующими по скорости резания инструментами в многорезцовых наладках являются инструменты, обрабатывающие поверхности наибольших диаметров и с относительно большей длиной резания. В рассматриваемой наладке считаем предположительно лимитирующими инструментами резец 1 (наибольший диаметр обрабатываемой поверхности) и резцы 3 и 4 (наибольшая длина резания).

Определяем коэффициент времени резания  $\lambda$  (карта Т-3, с. 27). Для резца 1 коэффициент  $\lambda$  равен отношению числа оборотов шпинделя за время резания к числу оборотов шпинделя за время рабочего хода суппортов при рабочем движении подачи. Число оборотов шпинделя за время резания равно отношению длины пути резания к подаче:

$$\frac{l_{\text{рез}}}{S_0} = \frac{24}{0,17} = 141.$$

Число оборотов шпинделя за время рабочего хода суппортов при их параллельной работе равно наибольшему отношению длины рабочего хода к подаче:

$$\frac{L_{p. \text{ х}}}{S_0} = \frac{63,5}{0,3} = 211; \lambda = \frac{141}{211} = 0,67.$$

Период стойкости резца 1 в минутах времени резания  $T_p = T_m \lambda = 140 \cdot 0,67 = 94$  мин.

Резцы 3 и 4 расположены на суппорте, имеющем наиболее продолжительное время работы (при параллельной работе суппортов). В таком случае коэффициент времени резания

$$\lambda = \frac{l_{\text{рез}}}{L_{p. \text{ х}}} = \frac{61,5}{63,5} = 0,97.$$

Если  $\lambda > 0,7$ , то его можно не учитывать и принимать  $T_p \approx T_m$  (карта Т-3, с. 26). Таким образом, для резцов 3 и 4  $T_p = T_m = 140$  мин.

5. Определяем скорость главного движения резания предположительно лимитирующих резцов наладки (карта Т-4, с. 30). Для резцов 3 и 4  $v_{\text{табл}} = 120$  м/мин (при  $t$  до 2,5 мм,  $S_0$  до 0,3 мм/об, обработке стали и  $\varphi = 90^\circ$ ). Учитываем поправочные коэффициенты на скорость (с. 32—34):  $K_1 = 1,1$ , так как обрабатывается сталь 20, 170 НВ ( $\sigma_B = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>);  $K_2 = 1,1$ , так как обрабатывается сталь, материал инструмента — сплав Т15К6 и  $T_p = 140$  мин (найденно интерполированием значений  $K_2 = 1,25$  для  $T_p = 100$  мин и  $K_2 = 0,9$  для  $T_p = 200$  мин);  $K_3 = 1,35$ , так как выполняется поперечное точение при

$$\frac{d_0}{d_1} = \frac{70}{190} = 0,37;$$

$$v_{\text{н}} = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3 = 120 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,35 = 196 \text{ м/мин } (\approx 3,27 \text{ м/с}).$$



Для резца 1  $v_{\text{табл}} = 150$  м/мин (при  $t$  до 2,5 мм,  $S_0$  до 0,2 мм/об, обработке стали и  $\varphi = 45^\circ$ ).

Поправочные коэффициенты  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 1,25$ , так как  $T_p = 97$  мин (принято для ближайшего значения  $T_p = 100$  мин);  $K_3 = 1$ ;

$$v_n = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3 = 150 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 206 \text{ м/мин } (\approx 3,43 \text{ м/с}).$$

Таким образом, лимитирующими по скорости главного движения резания являются резцы 3 и 4. Поэтому для расчета частоты вращения шпинделя станка принимаем  $v_n = 196$  м/мин ( $\approx 3,27$  м/с).

6. Расчетная частота вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000 v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 196}{3,14 \cdot 193} = 323 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем найденное значение  $n$  по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения шпинделя:  $n_d = 315 \text{ мин}^{-1}$ .

7. Действительные скорости главного движения ре-

зания:

для резцов 1, 3 и 4

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 193 \cdot 315}{1000} = 191 \text{ м/мин } (\approx 3,18 \text{ м/с});$$

для резцов 2 и 5

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 73 \cdot 315}{1000} = 72 \text{ м/мин } (\approx 1,2 \text{ м/с}).$$

8. Определяем скорость движения подачи суппортов.

Для продольного суппорта  $v_s = S_0 n = 0,17 \cdot 315 = 53,55$  мм/мин.

Корректируем найденное значение  $v_s$  по паспортным данным станка и устанавливаем действительную скорость движения подачи:  $v_s = 50$  мм/мин. Тогда действительное значение подачи продольного суппорта за оборот шпинделя

$$S_0 = \frac{v_s}{n_d} = \frac{50}{315} = 0,16 \text{ мм/об}.$$

Найденная подача нелимитирующего суппорта соответствует подаче, рекомендованной нормативами (см. п. 3 решения).

Для поперечного суппорта  $v_s = S_0 n = 0,3 \cdot 315 = 95$  мм/мин. Корректируем найденное значение  $v_s$  по паспортным данным станка и устанавливаем действительную скорость движения подачи:  $v_s = 100$  мм/мин (принятое значение превышает расчетное не более чем на 5%, что допустимо). Действительное значение подачи поперечного суппорта за оборот шпинделя

$$S_0 = \frac{v_s}{n_d} = \frac{100}{315} = 0,317 \text{ мм/об}.$$

Найденная подача не превышает подачи, рекомендуемой нормативами, 0,335 мм/об и примерно соответствует ей (см. п. 3 решения).

9. Определяем главные составляющие силы резания для всех резцов наладки (карта Т-5, с. 35, 36).

Для резца 1  $P_z \text{ табл} = 75$  кгс ( $t = 1,5$  мм;  $S_0 \approx 0,16$  мм/об). Учитываем поправочные коэффициенты:  $K_1 = 0,75$ , так как обрабатывается сталь с 170 НВ резцом из твердого сплава;  $K_2 = 0,9$  для  $v$  до 200 м/мин и  $\gamma = 10^\circ$ ;  $P_z = P_z \text{ табл} K_1 K_2 = 75 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 50,5$  кгс.

Для резца 2  $P_z \text{ табл} = 75$  кгс ( $t = 1,5$  мм;  $S_0 = 0,16$  мм/об);  $K_1 = 0,75$ , так как обрабатывается сталь с 170 НВ резцом из твердого сплава;  $K_2 = 1$  для  $v$  до 100 м/мин и угла  $\gamma = 10^\circ$ ;  $P_z = P_z \text{ табл} K_1 K_2 = 75 \times 0,75 \times 1 = 56,5$  кгс.

Для резцов 3 и 4  $P_z \text{ табл} = 160$  кгс ( $t = 2$  мм;  $S_0 = 0,317$  мм/об);  $K_1 = 0,75$ , так как обрабатывается сталь с 170 НВ резцом из твердого сплава;  $K_2 = 0,9$  для  $v$  до 200 м/мин и  $\gamma = 10^\circ$ ;  $P_z = P_z \text{ табл} K_1 K_2 = 160 \times 0,75 \times 0,9 = 107,5$  кгс. Для двух резцов  $P_z = 107,5 \times 2 = 215$  кгс.

Для резца 5  $P_z \text{ табл} = 80$  кгс ( $t = 1$  мм;  $S_0 \approx 0,317$  мм/об);  $K_1 = 0,75$ , так как обрабатывается сталь с 170 НВ резцом из твердого сплава;  $K_2 = 1$  для  $v$  до 100 м/мин и  $\gamma = 10^\circ$ ;  $P_z = P_z \text{ табл} K_1 K_2 = 80 \times 0,75 \times 1 = 60$  кгс.

10. Определяем суммарную мощность резания по всем резцам наладки:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z v}{60 \cdot 10^2};$$

для резца 1

$$N_{\text{рез}} = \frac{50,5 \cdot 191}{60 \cdot 10^2} = 1,58 \text{ кВт};$$



для резца 2

$$N_{рез} = \frac{56,5 \cdot 72}{60 \cdot 102} = 0,66 \text{ кВт};$$

для резцов 3 и 4

$$N_{рез} = \frac{215 \cdot 191}{60 \cdot 120} = 6,71 \text{ кВт};$$

для резца 5

$$N_{рез} = \frac{60 \cdot 72}{60 \cdot 102} = 0,70 \text{ кВт};$$

$$\Sigma N_{рез} = 1,58 + 0,66 + 6,71 + 0,70 = 9,65 \text{ кВт}.$$

11. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Необходимо, чтобы  $N_{рез} \leq N_{шп.}$ . У станка 1Н713  $N_{шп} = N_{д\eta} = 18,5 \cdot 0,8 = 14,8$  кВт;  $9,65 < 14,8$ , т. е. обработка возможна.

11. Основное время

$$T_0 = \frac{L_{р. х}}{v_s}; \quad T_0 = \frac{63,5}{100} = 0,635 \text{ мин},$$

где  $L_{р. х}$  — наибольшая длина рабочего хода; в рассматриваемом примере для поперечного суппорта  $L_{р. х} = 63,5$  мм;  $v_s$  — скорость движения подачи; в рассматриваемом примере у поперечного суппорта  $v_s = 100$  мм/мин.

**Задача 100.** В условии примера 66 измените материал заготовки на серый чугун СЧ 30 с 220 НВ. Остальные условия обработки сохраняются. Необходимо: назначить режим резания; определить основное время.

При решении задачи кроме нормативов [10] можно пользоваться литературой [6].

## § 2. РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА АГРЕГАТНЫХ СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

**Пример 67.** На проектируемом 12-шпиндельном агрегатном вертикально-сверлильном станке обрабатываются четыре отверстия диаметром  $16H9(+0,043)$  мм в корпусе. Операционный чертеж заготовки приведен на рис. 96. Обработка осуществляется на четырехпозиционном поворотном столе станка: I позиция — загрузочная; II позиция — сверление четырех отверстий диаметром 14 мм с зенкованием фасок под углом  $90^\circ$  до диаметра 18 мм;

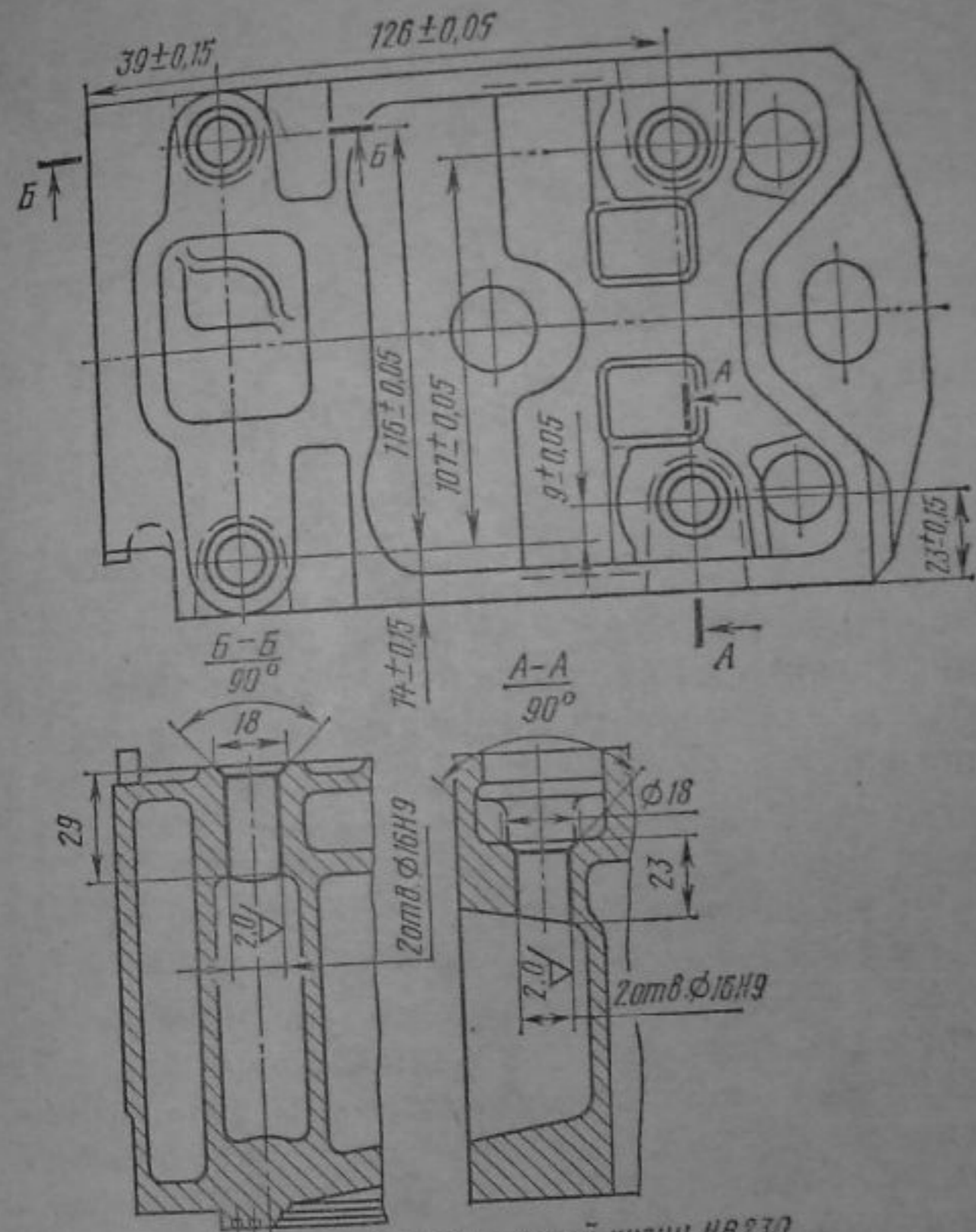


Рис. 96. Операционный чертеж корпуса

III позиция — зенкерование четырех отверстий диаметром  $15,7^{+0,12}$  мм; IV позиция — развертывание четырех отверстий диаметром 16H9 мм. Схема расположения позиций агрегатного станка показана на рис. 97, а эскиз наладки — на рис. 98. Все инструменты установлены в общей многошпиндельной коробке. Материал заготовки — серый чугун СЧ 30, 220 НВ. Режущие инструменты изготовлены из быстрорежущей стали Р18: сверла (4 шт.) специальные комбинированные диаметром 14 мм; форма заточки нормальная; зенкеры (4 шт.) специальные хвостовые диаметром 15,7 мм; развертки (4 шт.) специальные машинные цельные для отверстий диаметром 16H9 мм.



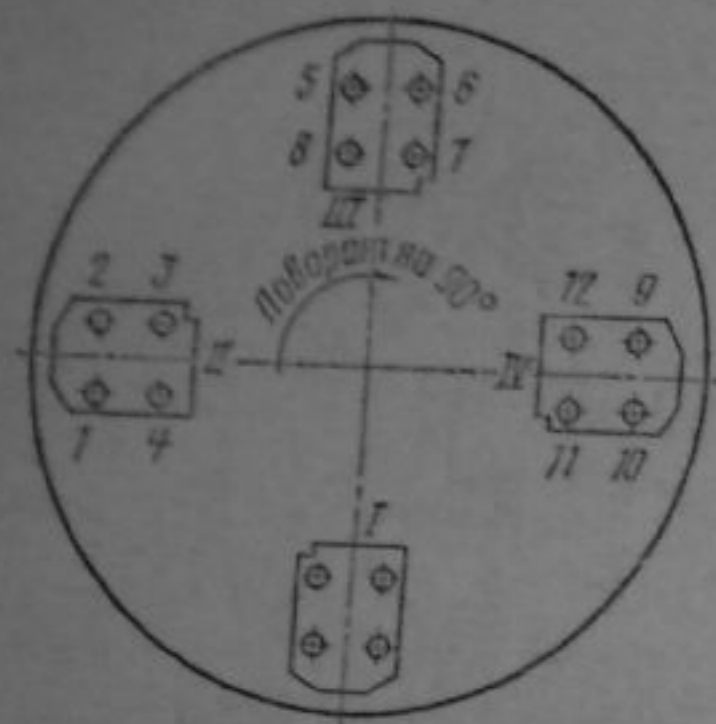


Рис. 97. Схема расположения позиций 12-шпиндельного агрегатного вертикально-сверлильного станка для обработки корпуса (1—12 — номера шпинделей)

Необходимо: назначить режим резания; определить основное время. Решение (по нормативам [10]). I. Назначаем режим резания.

1. Определяем длину рабочего хода многошпиндельной головки. Рабочий ход головки назначаем исходя из длин, рассчитанных для отдельных инструментов:  $L_{р. х} = l_{рез} + y + l_{доп}$ . Чертежом заготовки предусмотрена обработка двух отверстий с  $l_{рез} = 23$  мм и двух отверстий с  $l_{рез} = 29$  мм. Рассчитываем  $L_{р. х}$  для отверстий с  $l_{рез} = 29$  мм.

Величину  $y$  инструментов принимаем по табл. на с. 303, для сверл  $y = 6$  мм; для зенкеров  $y = 3$  мм; для разверток  $y = 15$  мм. В рассматриваемом примере  $l_{доп} = 0$  (учитывается в некоторых случаях в связи с особенностями наладки и конфигурацией заготовки). Длина хода инструментов: для сверл  $L = 29 + 6 = 35$  мм; для зенкеров  $L = 29 + 3 = 32$  мм; для разверток  $L = 29 + 15 = 44$  мм.

Принимаем длину рабочего хода многошпиндельной головки равной наибольшей длине хода инструментов, т. е.  $L_{р. х} = 44$  мм.

2. Назначаем подачи инструментов за один оборот шпинделя (карта С-2, с. 110—112): для сверл  $S_0 = 0,30$  мм/об (принята с учетом работы комбинированных сверл в многоинструментной наладке по II группе подач по графе «d = 16»); для зенкеров  $S_0 = 0,4$  мм/об (по III группе подач, так как зенкеруется отверстие под последующее развертывание); для разверток  $S_0 = 1$  мм/об (по II группе подач, так как развертывание однократное).

3. Определяем периоды стойкости инструментов (карта С-3, с. 114). Период стойкости в минутах времени резания для отдельных инструментов  $T_p = T_m \lambda$ , где  $T_m$  — стойкость инструментов наладки в минутах машинной работы станка;  $\lambda$  — коэффициент времени резания.

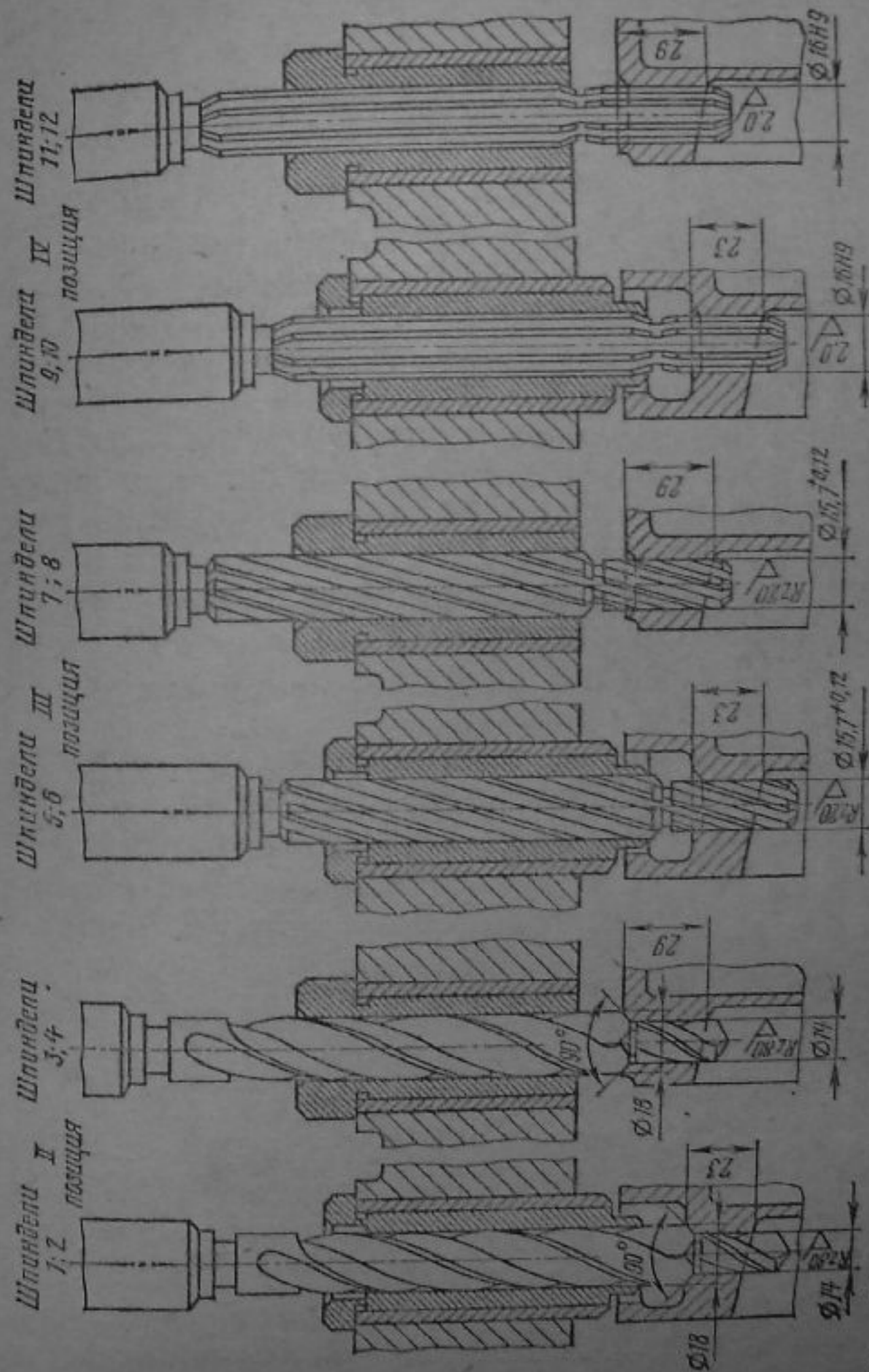


Рис. 98. Эскиз наладки 12-шпиндельного агрегатного вертикально-сверлильного станка для обработки корпуса: позиция I — сверление четырех отверстий  $\varnothing 14$  мм с зенкованием фасок под углом  $90^\circ$  до  $\varnothing 18$  мм; позиция II — зенкование четырех отверстий  $\varnothing 15,7^{+0,12}$  мм; позиция III — развертывание четырех отверстий  $\varnothing 16H9$



В рассматриваемом примере  $T_m = 160$  мин (найденно по карте С-3 интерполированием табличных значений  $T_m$  для обработки отверстий  $d = 16$  мм при 12 инструментах в наладке).

Для всех инструментов, обрабатывающих отверстия с  $l_{рез} = 29$  мм:

$$\lambda = \frac{l_{рез}}{L_{р. х}} = \frac{29}{44} = 0,66.$$

Тогда период стойкости этих инструментов в минутах времени резания  $T_p = T_m \lambda = 160 \cdot 0,66 = 106$  мин.

4. Определяем скорости главного движения резания при сверлении, зенкеровании и развертывании (карта С-4, с. 118, 119). Для сверления и зенкерования рассчитываем эти скорости по найденной в п. 3 стойкости  $T_p = 106$  мин. Скорость для развертывания назначаем исходя из требований, предъявляемых к точности обработки и шероховатости обработанной поверхности, независимо от рассчитанных значений стойкости. Для сверл  $v_{табл} = 19$  м/мин (найденно для  $S_0 = 0,3$  мм/об интерполированием значений  $v = 18$  м/мин при диаметре 12 мм и  $v = 20$  м/мин при диаметре 16 мм); для зенкеров  $v_{табл} = 27$  м/мин (для  $S_0 = 0,4$  мм/об и диаметра до 20 мм).

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость:  $K_1 = 0,9$ , так как обрабатывается серый чугун, 220 НВ (диапазон 170—241 НВ);  $K_2 = 1$ , так как  $T = 106$  мин (принято по графе « $T = 100$  мин»);  $K_3 = 1$ , так как  $\frac{l_{рез}}{d} < 3$ .

Для сверл  $v_{н} = v_{табл} K_1 K_2 K_3 = 19 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 17,1$  м/мин ( $\approx 0,28$  м/с); для зенкеров  $v_{н} = v_{табл} K_1 K_2 K_3 = 27 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 24,3$  м/мин ( $\approx 0,41$  м/с); для разверток  $v_{н} = 12$  м/мин ( $\approx 0,2$  м/с) принято по таблице на с. 119 для развертывания отверстий с полем допуска по Н9 (старое обозначение 3-й класс точности) и НВ < 229.

5. Частота вращения инструментальных шпинделей:

для сверл

$$n = \frac{1000 v_{н}}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 17,1}{3,14 \cdot 14} = 390 \text{ мин}^{-1};$$

для зенкеров

$$n = \frac{1000 v_{н}}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 24,3}{3,14 \cdot 15,7} = 493 \text{ мин}^{-1};$$

для разверток

$$n = \frac{1000 v_{н}}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 12}{3,14 \cdot 16} = 239 \text{ мин}^{-1}.$$

6. Скорость движения подачи инструментов  $v_s = S_0 n$ ; для сверл  $v_s = 0,3 \cdot 390 = 117$  мм/мин; для зенкеров  $v_s = 0,4 \cdot 493 = 197$  мм/мин; для разверток  $v_s = 1 \cdot 239 = 239$  мм/мин. Принимаем  $v_s$  многошпиндельной головки по наименьшей рассчитанной скорости подачи  $v_s = 117$  мм/мин.

7. Корректируем частоту вращения зенкеров и разверток в соответствии с принятой величиной  $v_s$  многошпиндельной головки (так как принята общая скорость движения подачи для всех инструментов головки):

$$n = \frac{v_s}{S_0};$$

для зенкеров

$$n = \frac{117}{0,4} = 294 \text{ мин}^{-1};$$

для разверток

$$n = \frac{117}{1} = 117 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда действительная скорость главного движения резания этих инструментов:

для зенкеров

$$v_{д} = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15,7 \cdot 294}{1000} = 14,6 \text{ м/мин } (\approx 0,24 \text{ м/с});$$

для разверток

$$v_{д} = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 117}{1000} = 5,9 \text{ м/мин } (\approx 0,1 \text{ м/с}).$$

8. Суммарная осевая составляющая силы резания (карта С-5, с. 124, 125): для сверл  $P_{табл} = 300$  кгс (найденно интерполированием значений  $P_{табл}$  при  $S_0 = 0,3$  мм/об для  $d = 12$  мм и  $d = 16$  мм); для зенкеров  $P_{табл} = 48$  кгс (для  $S_0 = 0,4$  мм/об и  $t = 1$  мм). Учитываем поправочный коэффициент (с. 126)  $K_P = 1$ , так как обрабатываемый серый чугун с 220 НВ.

Тогда для сверл  $P = P_{табл} K_P = 300 \cdot 1,0 = 300$  кгс; для зенкеров  $P = P_{табл} K_P = 48 \cdot 1,0 = 48$  кгс. Осевую



составляющую силы резания для разверток не учитываем ввиду малого значения.

Суммарная осевая составляющая силы резания для четырех сверл и четырех зенкеров головки составит  $P = 300 \cdot 4 + 48 \cdot 4 = 1200 + 192 = 1392$  кгс (13 620 Н). Следовательно, силовая головка проектируемого агрегатного станка должна быть рассчитана на работу с найденной суммарной осевой силой резания.

9. Суммарная мощность резания (карта С-6, с. 127, 128): для сверл  $N_{\text{табл}} = 1,7$  кВт (найдено для  $S_0 = 0,3$  мм/об интерполированием значений  $N_{\text{табл}}$  при  $d = 12$  и  $16$  мм); для зенкеров  $N_{\text{табл}} = 1,4$  кВт (для  $S_0 = 0,4$  мм/об и  $t = 1$  мм); поправочный коэффициент  $K_N = 1$ , так как обрабатывается серый чугун с 220 НВ. Тогда для сверл

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \frac{n}{1000} K_N = 1,7 \frac{390}{1000} 1 = 0,65 \text{ кВт};$$

для зенкеров

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \frac{v}{100} K_N = 1,4 \frac{14,6 \cdot 1}{100} = 0,2 \text{ кВт}.$$

Мощность резания для разверток не учитываем ввиду ее незначительности.

Суммарная мощность резания для четырех сверл и четырех зенкеров головки  $N_{\text{рез}} = 0,65 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 2,6 + 0,8 = 3,4$  кВт. Следовательно, с учетом КПД привода 0,75 мощность электродвигателя силовой головки проектируемого агрегатного станка составит

$$N_{\text{д}} = \frac{\sum N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{3,4}{0,75} = 4,5 \text{ кВт}.$$

II. Основное время

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.к}}}{v_s} = \frac{44}{117} = 0,38 \text{ мин}.$$

**Задача 101.** В условии примера 67 изменить материал заготовки на алюминиевый сплав АЛ9 твердостью 60 НВ. Остальные условия обработки сохраняются. Необходимо: назначить режим резания; определить основное время.

При решении задачи кроме нормативов [10] можно пользоваться справочником [6].

## ГЛАВА 12

# ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Числовое программное управление (ЧПУ) станками применяют главным образом для токарных, сверлильных, расточных, фрезерных и многооперационных станков.

Основные требования, предъявляемые к инструменту для станков с ЧПУ, следующие: инструмент должен быть сборным с механическим креплением многогранных повторно не затачиваемых пластин из твердого сплава или с напаянными пластинами из твердого сплава; должна быть предусмотрена возможность быстрой замены и восстановления рабочей части; должны быть обеспечены заданные период стойкости и взаимозаменяемость инструмента; инструмент должен незначительно отличаться от стандартизованного инструмента, с тем чтобы его можно было применять на станках любых видов; настройка инструмента должна производиться вне станка на специальных приспособлениях в быстросменных инструментальных блоках; у корпусов должен быть большой срок службы; они не должны выходить из строя при поломке рабочей части и должны быстро восстанавливаться путем применения подкладок; должно быть обеспечено надежное дробление стружки или формирование ее без нарушения автоматического цикла работы станка.

При проектировании инструмента для станков с ЧПУ и других автоматических станков или линий основное внимание должно быть обращено на способ регулирования инструмента, на размер и способ его крепления на станке. Ниже приведены некоторые конструкции инструмента, разработанные Всесоюзным научно-исследовательским инструментальным институтом (ВНИИинструмент) для токарной, сверлильной, фрезерной групп станков,



которые могут быть использованы при проектировании инструментальных наладок для станков с ЧПУ.

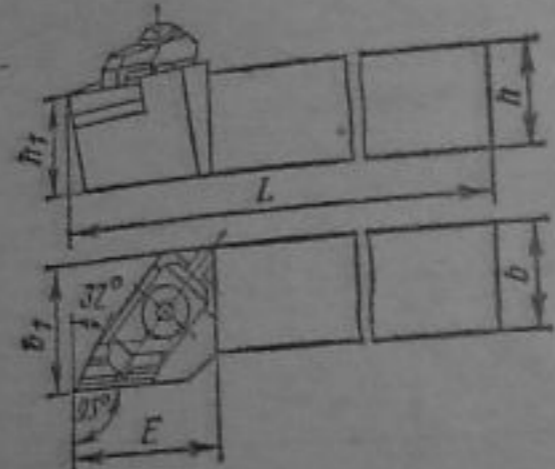
Для токарных станков с ЧПУ всех моделей наибольшее применение находят резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин из твердого сплава для контурного точения по ГОСТ 20872—80, а пластины по ГОСТ 19045—80\* — по ГОСТ 19072—80\*. В руководящих материалах, разработанных ВНИИ, также предлагаются: многогранные не затачиваемые повторно пластины, которыми должны оснащаться резцы для станков с ЧПУ; твердосплавные многогранные подкладки под режущие пластины резцов для повышения их надежности; резцы нормальных габаритных размеров для наружной и внутренней обработки; быстросменные резцы, настраиваемые на размер вне станка, и резцы-вставки с уменьшенными габаритными размерами.

Для обработки всех поверхностей заготовки за один цикл с автоматическим вводом предварительно настроенного и установленного на станке инструмента ВНИИ предлагает достаточно универсальный режущий инструмент, позволяющий обрабатывать сразу несколько поверхностей заготовки.

Универсальный инструмент используется на станках с ЧПУ и для сокращения времени на его замену, в том числе на замену из инструментального магазина. Наиболее универсальным проходным и подрезным резцом для контурного точения на станках с ЧПУ является резец с механическим креплением пластин по ГОСТ 19062—80. Пластины устанавливают в корпусе резца с главным углом в плане  $93^\circ$ , что позволяет ей одинаково обтачивать наружные и торцовые поверхности с подачей как к центру, так и от центра заготовки (табл. 153).

На станках с контурной системой ЧПУ также применяют резцы с ромбическими твердосплавными пластинами (табл. 154). Такой резец может обрабатывать на заготовке все фаски с различными углами. Ромбическую пластину с такими же параметрами установки можно применять также для расточных резцов (табл. 155). Кроме ромбических пластин для резцов к станкам с ЧПУ рекомендуется применять пластины в форме трехгранника с изломом сторон и углами при вершине в плане  $80^\circ$ . По сравнению с ромбическими пластинами такие трехгранные пластины имеют не два, а три периода стойкости (табл. 156).

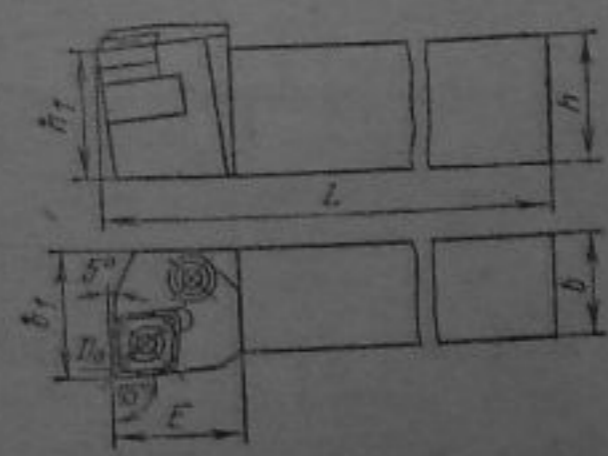
153. Сборные резцы для контурного точения с параллелограммными пластинами (размеры в мм)



$h$	$b$	$L$	$h_1$	$b_1$	$E$
20	20	150	20	25	36
25			25		
32	32	170	32	40	38
40			40		
50	40	240	50	50	42
60			60		

Примечание. Резцы изготовляют правого и левого исполнения. До сечения  $40 \times 32$  мм включительно их можно изготовлять по ГОСТ 20872—80 (тип 1).

154. Сборные резцы с ромбическими пластинами (размеры в мм)

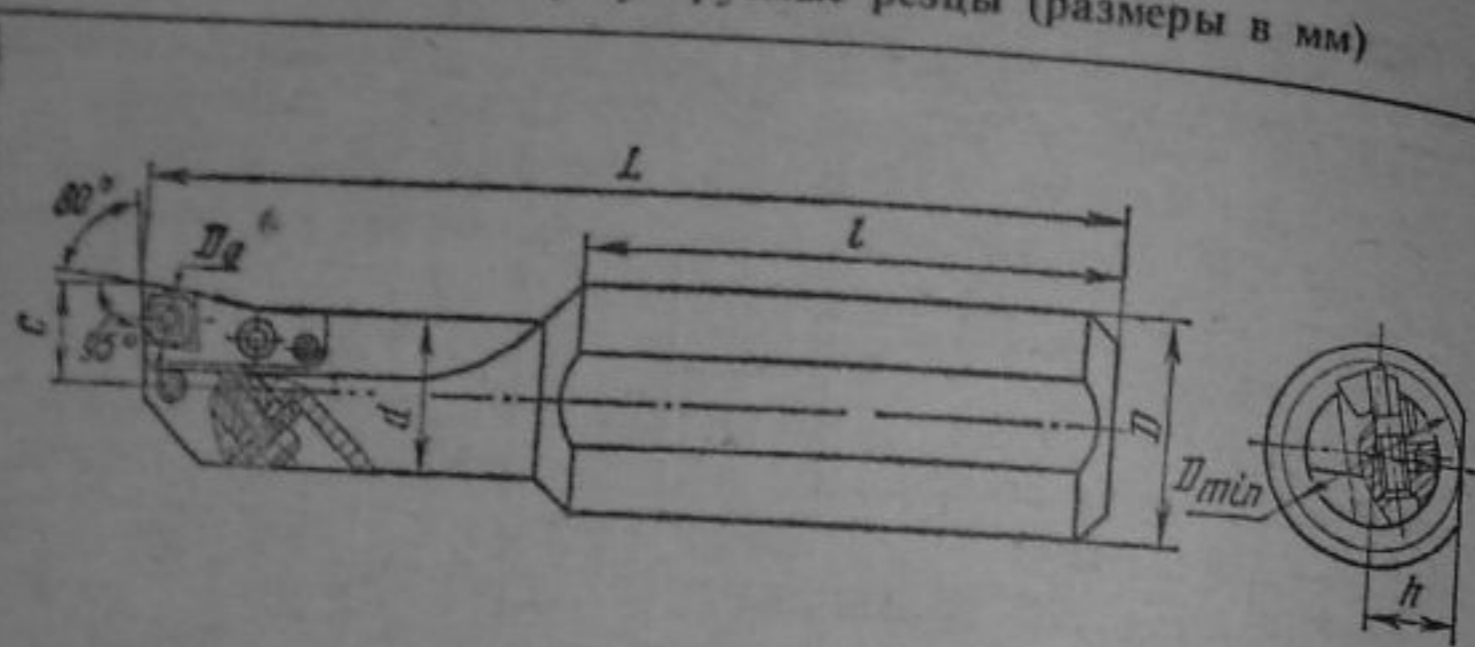


$h$	$b$	$L$	$h_1$	$b_1$	$E$	$D_0$
25	25	150	25	32	32	15.0
32			32			
40	32	200	40	40	32	15.0
50			40			
60	40	240	50	50	32	15.0
60			60			

Примечания: 1. Допускается применять пластины из твердых сплавов с  $D_0 = 16$  мм.  
2. Резцы изготовляют правого и левого исполнения.



155. Сборные расточные регулируемые резцы (размеры в мм)

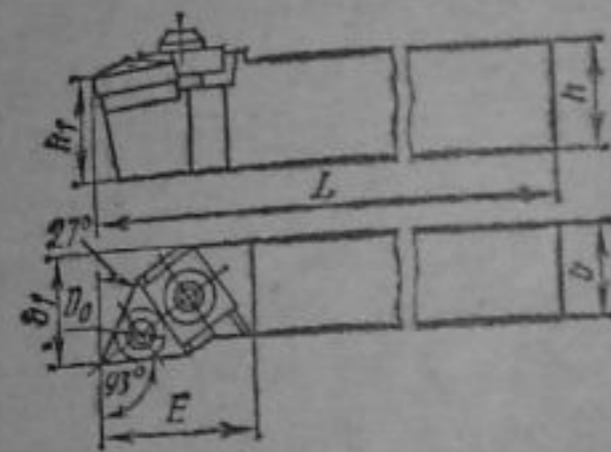


D	d	h	L	l	c	D <sub>0</sub>	D <sub>min</sub>
25	25	11	180	140	20	12	40
32	32	13	210	170			
36	36	15	260	150	25		
40	40	17					
48	48	21					
50	50	22				15	50
60	36	—					
70	40	—					

Примечания: 1. Допускается применять пластины из твердых сплавов с  $D_0 = 16$  мм.  
2. Резцы изготовляют правого и левого исполнения.

Наиболее универсальными для использования на станках с ЧПУ являются резцы для контурного точения с уменьшенным углом при вершине в плане до  $60^\circ$ . Резцы оснащают трехгранными пластинами с прямолинейной режущей кромкой (табл. 157). Такими контурными проходными резцами с трехгранными пластинами и главными углами в плане  $93^\circ$  можно обтачивать цилиндрические, конические поверхности с постепенно увеличивающимся диаметром и углом наклона образующей к оси не

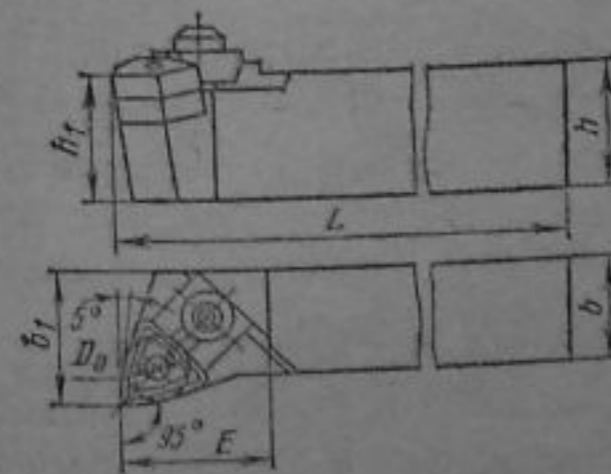
156. Сборные проходные резцы с трехгранными пластинами с изломом сторон (размеры, мм)



h	b	L	h <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	E	D <sub>0</sub>
20	20	150	20	25	28	12
25			25			
32	25	170	32	32	35	16
40	32		40			
50		240	50			40
60	40		60	50	19	

Примечания: 1. Допускается применять пластины из твердых сплавов с другими значениями диаметра описанной окружности  $D_0$ .  
2. Резцы изготовляют в правом и левом исполнениях.

157. Сборные резцы для контурного точения с трехгранными пластинами (размеры в мм)



h	b	L	h <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	E	D <sub>0</sub>
16		125	16	20	28	9,52
20	16		20			
25	20	150	25	32	35	12,7
32	25		32			
40	32	200	40	40		40
50			50			
60	40	240	60	50		15,88

Примечания: 1. Допускается применять пластины из твердых сплавов с другими значениями диаметра описанной окружности  $D_0$ .  
2. Резцы изготовляют в правом и левом исполнениях. До сечения резца  $40 \times 32$  включительно их можно изготовлять по ГОСТ 20872—80 (тип 3).



более 25°, криволинейные и торцовые поверхности с движением подачи как от центра, так и к центру заготовки.

Для станков с позиционной и прямоугольной системой ЧПУ (системой Ф2) ВНИИ предлагает проходные упорные резцы с главным углом в плане 90°, достаточно большой длиной главной режущей кромки и с равносторонними трехгранными пластинами. Однако в большинстве случаев можно ограничиться применением резцов с трехгранными пластинами и главным углом в плане 93°, которые более универсальны, так как позволяют обрабатывать за один рабочий ход как наружные поверхности цилиндрической или конической формы, так и торцовые поверхности с подачей от центра заготовки.

Резцы с пластинами в форме параллелограмма (см. табл. 153) имеют углы при вершине в плане 55° и еще более универсальны, чем резцы с трехгранными пластинами, так как расширяют возможности контурного точения сложных криволинейных и конических поверхностей заготовок. Проходной резец с главным углом в плане 93° позволяет обрабатывать с поперечным движением подачи конические поверхности с постепенно уменьшающимся диаметром и углом наклона образующей к оси 30°. Таким же образом резец может обрабатывать канавки для выхода шлифовального круга с углом входа 30°. В некоторых случаях это экономит дополнительно один канавочный резец в наладке станка.

Кроме пластин указанных выше форм из твердых сплавов для резцов, используемых для предварительной обработки, на станках с позиционным ЧПУ (система Ф2) целесообразно применять четырехгранные, пятигранные и шестигранные пластины, широко применяемые на универсальных токарных станках.

Корпуса проходных, подрезных и контурных резцов для станков с ЧПУ с рабочей высотой  $h_1$  до 40 мм выбирают по табл. 28 двух исполнений в зависимости от сечения:  $b : h = 1 : 1,25$  и  $b : h = 1 : 1$ , а резцы с рабочей высотой  $h_1 > 40$  мм с соотношением параметров державочной части  $b : h = 1 : 1,25$  и  $b : h = 1 : 1,6$ . Таким образом для всех резцов постоянна ширина корпуса  $b$ , в связи с чем координата вершины резца от боковой базовой стороны  $b_1$  принята равной  $1,25 b$  для всех форм пластин из твердых сплавов. Постоянная координата  $b_1$  для всех резцов одного сечения удобна для программирования и исключает ошибки при замене одного резца

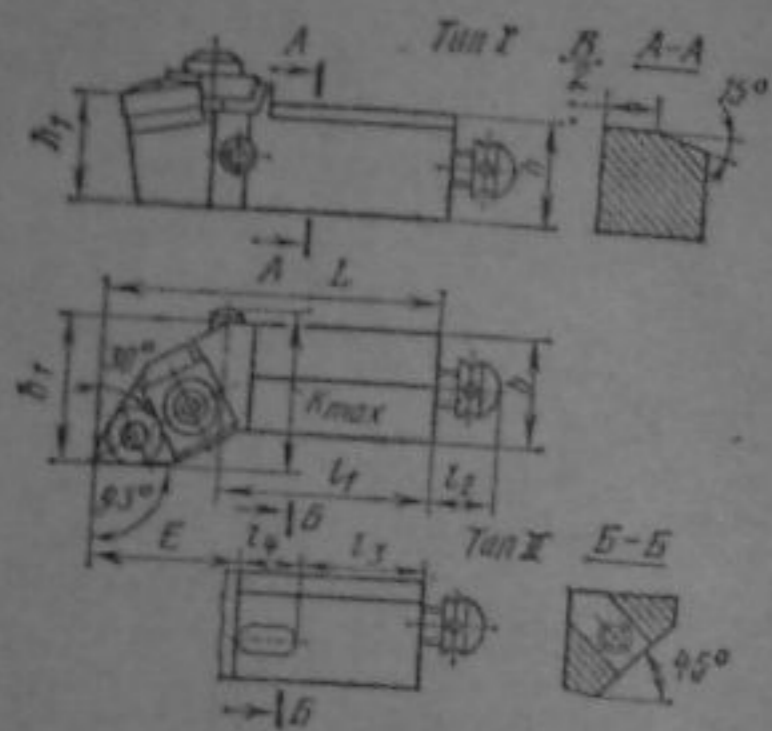
другим аналогичного назначения, но с пластинами различной формы.

Длины сборных резцов приняты одинаковыми с длинами напайных резцов соответствующих сечений. В отдельных случаях общее конструктивное решение суппортной группы и устройства для автоматической замены инструмента на станках с ЧПУ может потребовать уменьшения длины резцов или инструментальных блоков. Резцы могут работать в прямом и перевернутом положении. Для этого рабочую высоту резца делают равной высоте корпуса ( $h_1 = h$ ). Минимальный вылет резца из блока или резцедержателя ограничивается длиной выступа на рабочей части резца  $E$ ; этот выступ должен учитываться при проектировании вспомогательного инструмента и оснастки для станков с ЧПУ. Резцы для контурного точения с главным углом в плане 50—63° с пластинами в виде параллелограммов и равносторонних треугольников имеют координату  $b_1 = 0,6b$ . Резцы разных типов конструируют в правом и левом исполнениях, причем на большем числе моделей станков с ЧПУ резцы левого исполнения являются основными. Основные габаритные размеры резцов приведены в табл. 153—157.

Кроме резцов с нормальными габаритными размерами, на станках с ЧПУ применяют регулируемые и настраиваемые на размер вне станка резцы с уменьшенными габаритными размерами и регулировочными винтами, называемые резцовыми вставками. Резцовые вставки выполняют только квадратного сечения: 16×16, 20×20 и 25×25 мм. Регулирование и настройка вставок по длине производятся с помощью заднего регулировочного винта со сферической головкой. Настройка вставки по оси X выполняется одним боковым винтом, расположенным вблизи рабочей части вставки. При регулировании боковым винтом вершина вставки перемещается по радиусу. Хвостовая часть вставки (сферическая головка винта) опирается на жесткий сферический штифт, предусмотренный в пазу вспомогательного инструмента (инструментального блока), в котором вставка закрепляется. Закрепление вставки осуществляется либо клином, действующим на верхнюю скошенную под углом 15° поверхность вставки, либо с помощью прижимной планки и наклонного винта, проходящего через овальное отверстие вставки и надежно прижимающего шлифованные опорную и боковую поверхности вставки к базирующим поверх-



158. Резцовые вставки для резцов, настраиваемых на размер  
вне станка (размеры в мм)



h	b	L	h <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	E	K <sub>max</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>
16	16	65	16	20	28	22	37	7—9	15	14
20	20	70	20	25	27					
25	25	80	25	32	32	34	52	8—10	24	16

ностям паза. Такое закрепление вставки обеспечивает постоянство размера при замене инструмента и его взаимозаменяемость (табл. 158).

Резцовые вставки тоже можно использовать на станках с ЧПУ для непосредственного закрепления в установочных пазах многоинструментных или револьверных головок, когда промежуточный элемент — инструментальный блок — на станке данной модели не предусмотрен. Кроме того, резцовые вставки могут быть использованы на станках с ЧПУ для наружной и внутренней обработки при закреплении их в оправках или борштангах. При этом вставки можно располагать в борштанге перпендикулярно, параллельно или под углом к ее оси.

Стандарт ГОСТ 13895—75\* предусматривает конструкции и размеры креплений резцов в оправках и борштангах под углами 90° (рис. 99, а), 60° (рис. 99, б) и 45° (рис. 99, в).

Rz 20

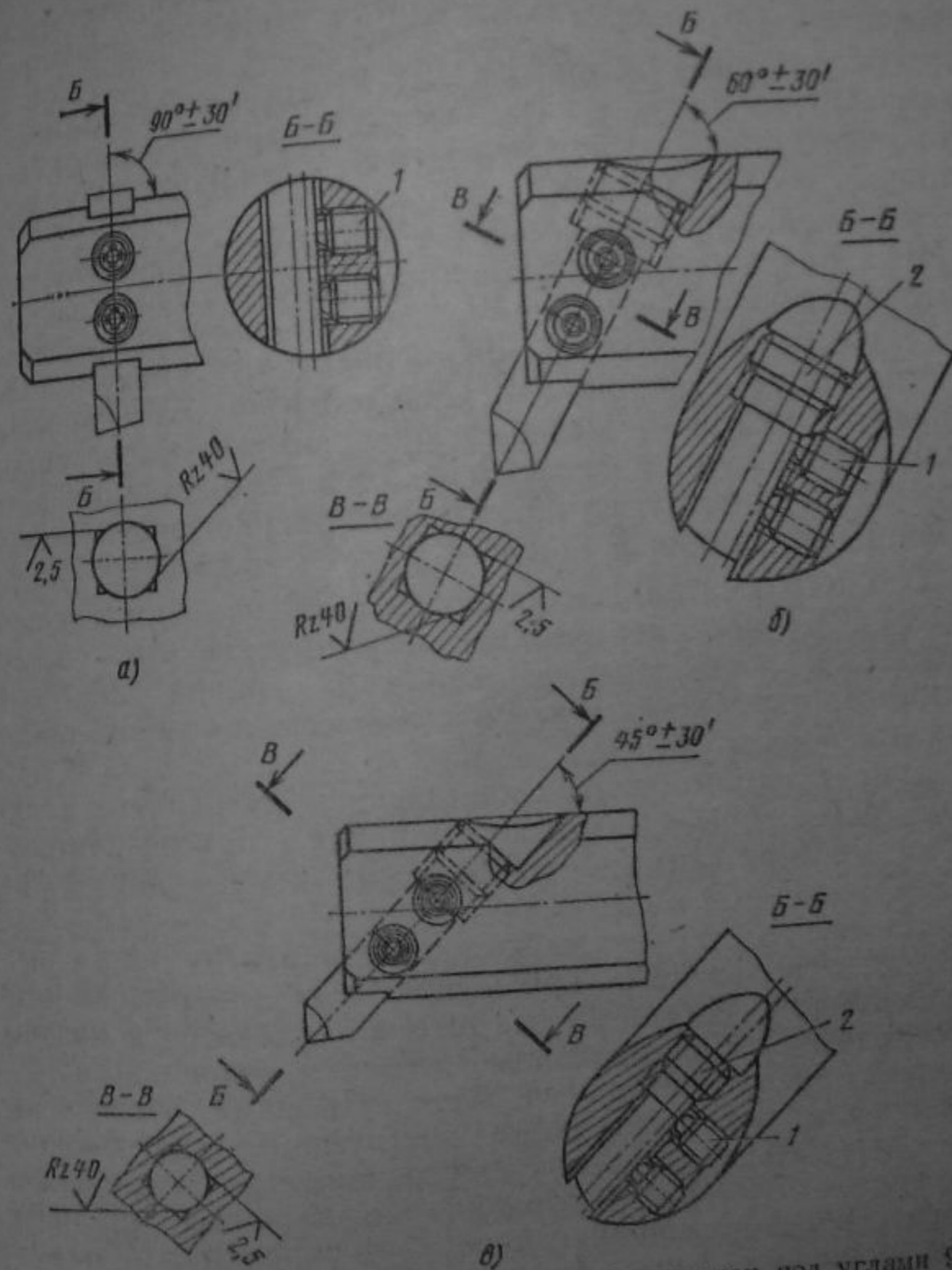


Рис. 99. Крепление резца в оправках и борштангах под углами 90, 60 и 45°:  
1 — установочные винты; 2 — регулирующие винты

На одной борштанге может быть закреплено несколько резцовых вставок (например, три: одна для наружной и две для внутренней обработки заготовок).

Для расточных работ на станках с ЧПУ рекомендуется применять резцы из твердого сплава как с напаянными



пластинами (при обработке отверстий диаметром до 40 мм), так и с механически закрепленными многогранными пластинами (при обработке отверстий диаметром свыше 40 мм).

На токарных станках с ЧПУ для резцедержателей, борштанг, оправок с перовыми сверлами и оправок для концевых инструментов применяют цилиндрические хвостовики по ГОСТ 24900—81.

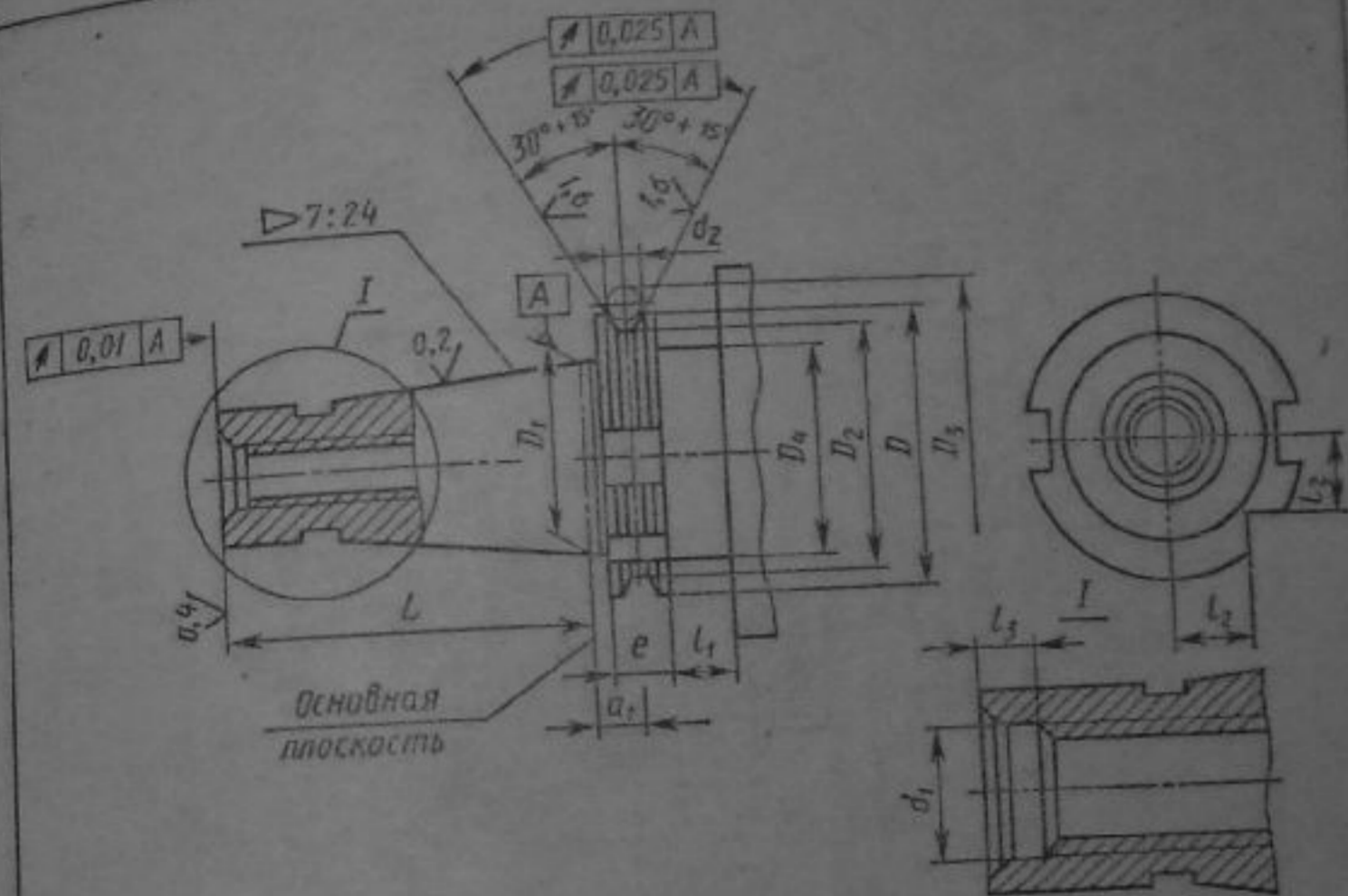
Для станков сверлильно-расточной и фрезерной групп ВНИИ разработана система инструментальной оснастки, которая основана на максимальной унификации присоединительных поверхностей различных инструментов (или инструментальных блоков). Основой взаимозаменяемости между станками с числовым программным управлением различных групп и моделей является унификация всех хвостовиков инструментов, непосредственно закрепляемых в шпинделе станка с конусом 7:24 (табл. 159).

В инструментальные блоки входят оправки с конусом 7:24, цилиндрические регулируемые на размер вдоль оси переходные державки и оправки, цанговые патроны, оправки и втулки с конусом Морзе, а также режущие инструменты.

Для станков, имеющих шпиндели с внутренними конусами Морзе, предусматривают оправки с присоединительными поверхностями, имеющими конус Морзе по ГОСТ 25557—82.

На рис. 100 показаны компоновки инструментальных блоков, используемых при выполнении конкретных технологических операций. На схеме стрелками показаны необходимые вспомогательные элементы, входящие в требуемый инструментальный блок. Цифрами обозначены следующие вспомогательные инструменты для блоков: 1 — переходные патроны с внутренними конусами с конусностью 7:24; 2 — оправки для насадных торцовых фрез с регулировочной гайкой; 3 — оправки для насадных торцовых фрез с торцовыми шпоночными пазами; 4 — оправки с продольной шпонкой для насадных торцовых цилиндрических и других фрез; 5 — оправки расточные для предварительной и последующей обработки; 6 — цанговые патроны для крепления инструментов с цилиндрическими хвостовиками диаметром 20—40 мм; 7 — цанговые патроны для крепления инструментов с цилиндрическими хвостовиками диаметром 5—20 мм; 8 — втулки переходные с конусностью 7:24 для крепления инстру-

159. Хвостовики инструментов с конусами 7:24 (размеры в мм)



Основные размеры	Размеры конусов			
	30	40	45	50
$D \pm 0,15$	50	63	80	100
$D_1$	31,75	44,45	57,15	69,85
$D_2 h12$	46	58	74	94
$D_3 h8$	55,07	69,34	87,61	107,61
$D_4$	44	55	68	85
$d_1$	13	17	21	25
$d_2 j5$	4	5	6	6
$L h11$	68,4	93,4	106,8	126,8
$l_1$	8	10	13	16
$l_2 - 0,3$	15,5	18,5	24	30
$l_3$	6	8	10	11
$a_1 \pm 0,1$	5,6	6,6	9,2	9,2
$e \pm 0,1$	8	10	12	12

- Примечания: 1. Допуск  $\pm 0,1$  размера  $a_1$  относится к номинальному размеру  $D_1$ .  
 2. Допускается исполнение хвостовика без V-образной канавки для угловой фиксации инструмента.  
 3. Размеры  $D_4$  и  $l_1$  определяют свободное пространство для захвата инструмента манипулятором.  
 4. Хвостовики с размерами конусов 40 и 50 имеют предпочтительное применение.  
 5. Допуски прямолинейности и круглости конусной поверхности по ГОСТ 19860—74\*.



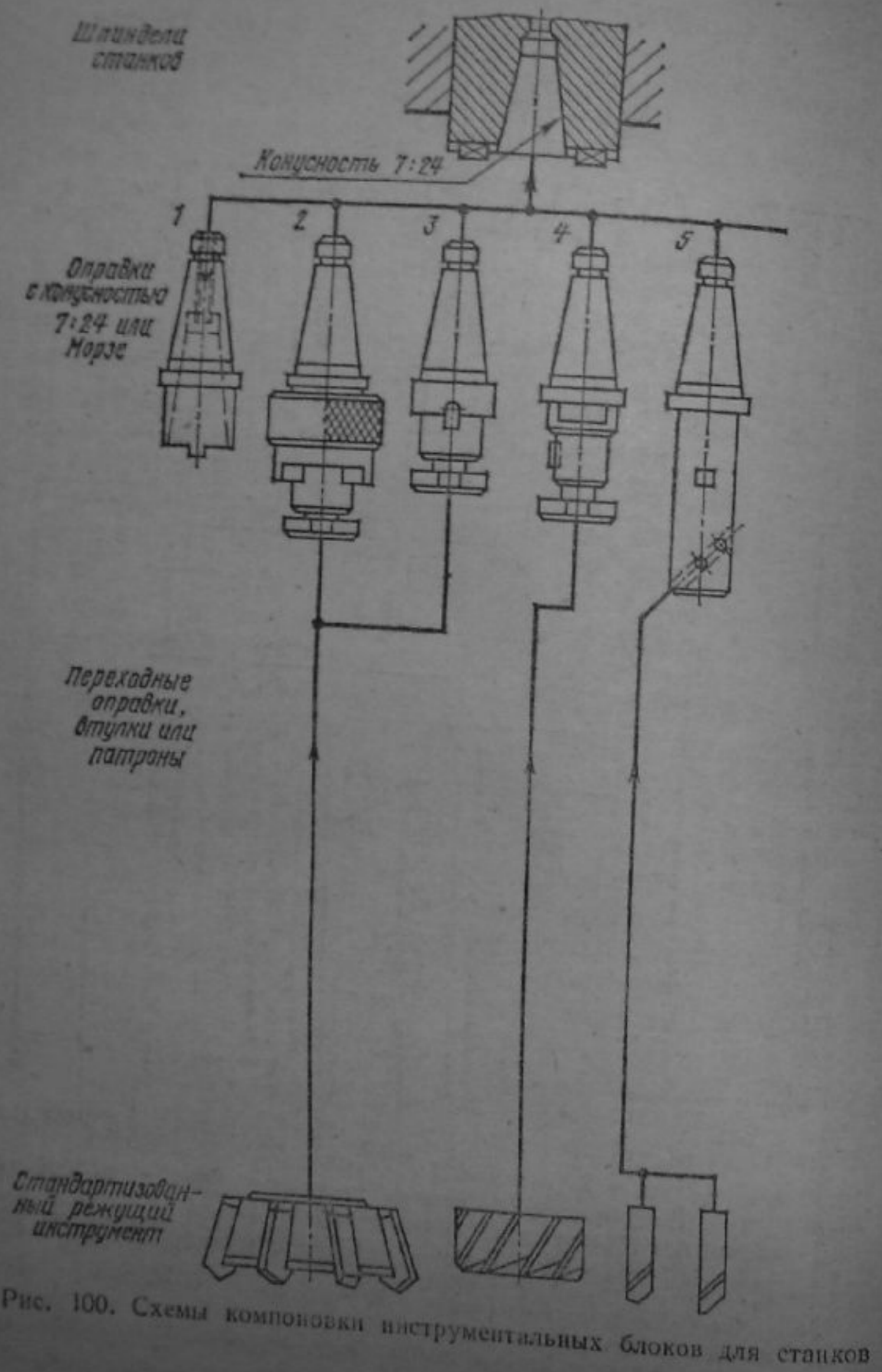
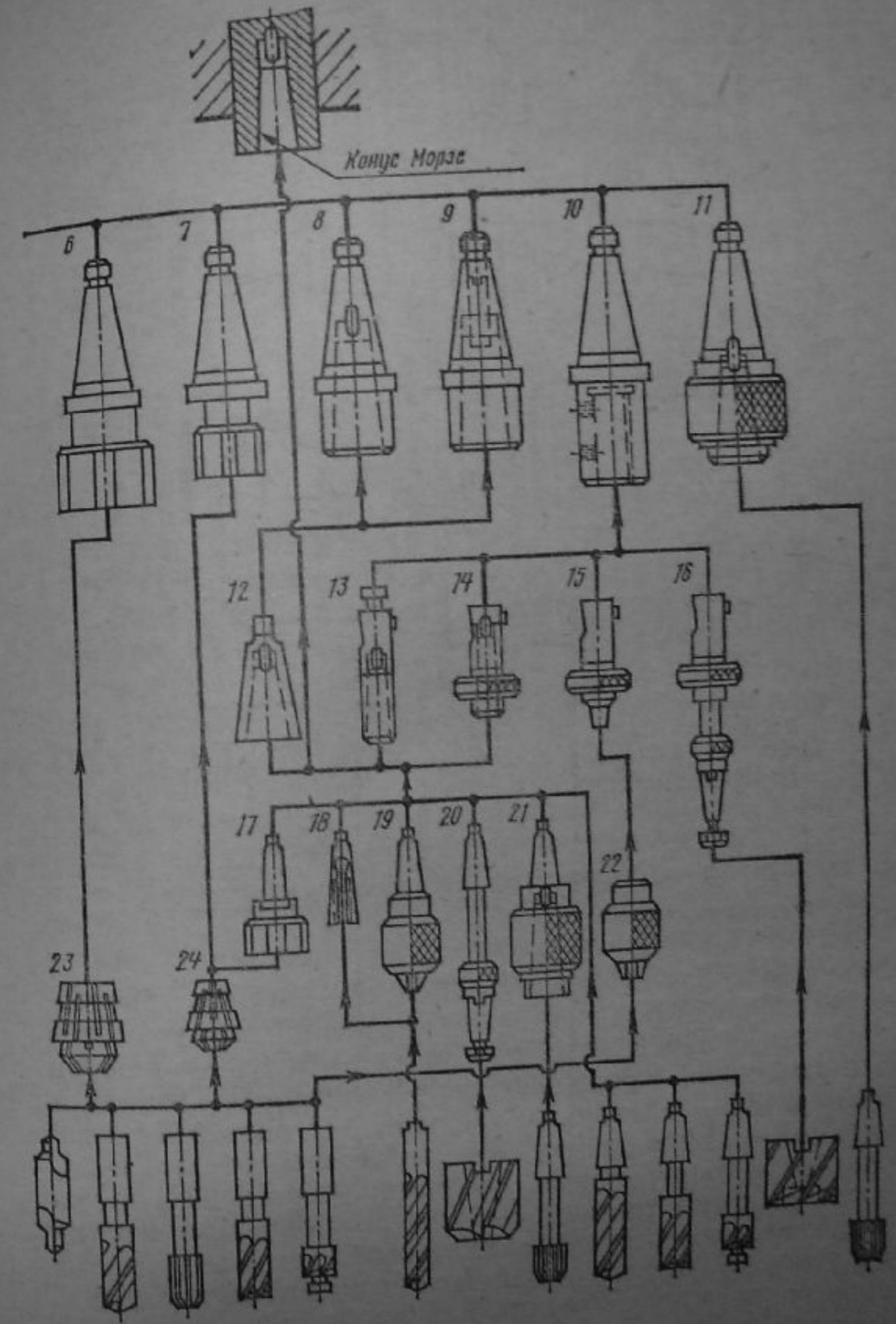


Рис. 100. Схемы компоновки инструментальных блоков для станков



с ЧПУ



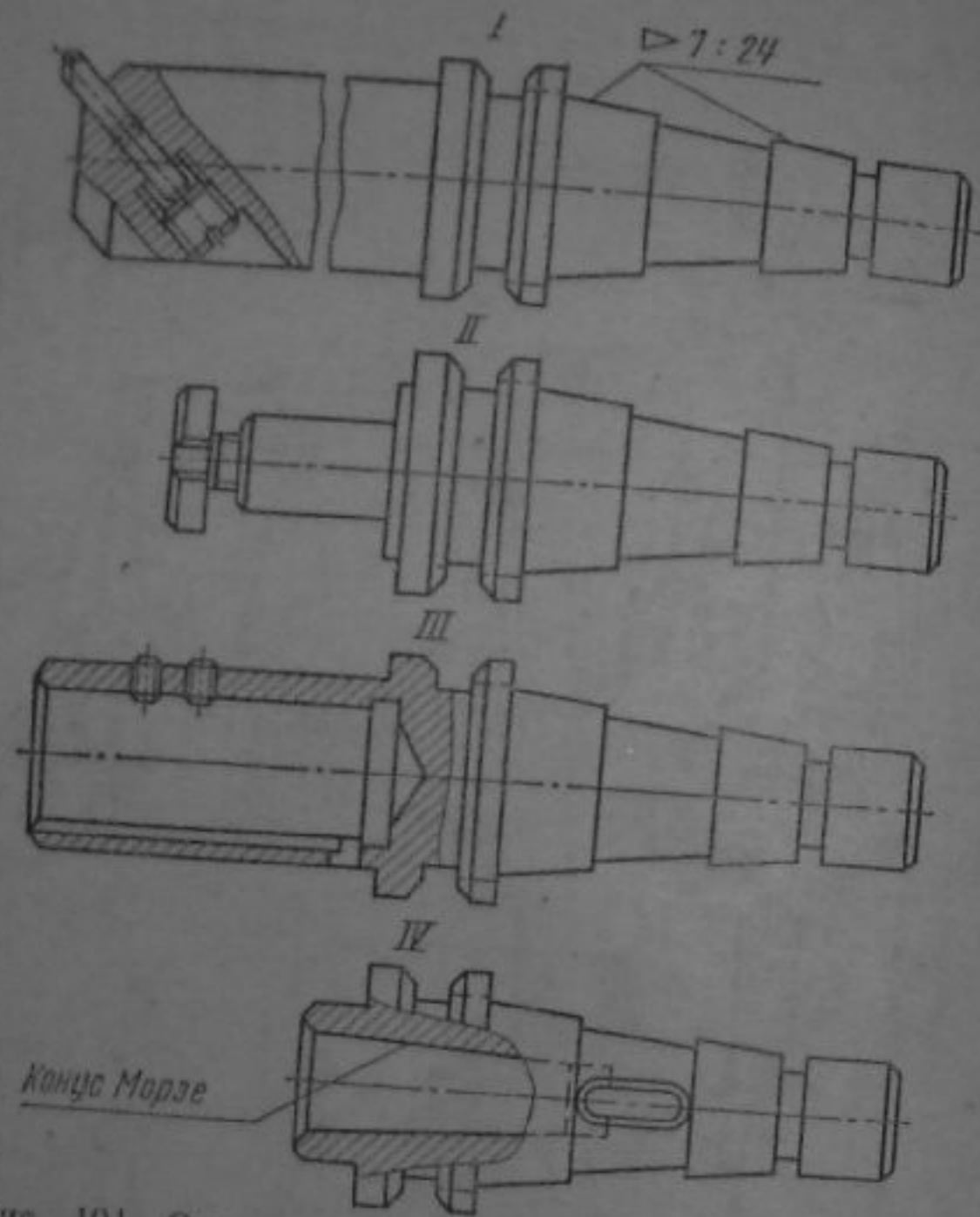


Рис. 101. Оправки с коническими хвостовиками (7 : 24) исполнений:

I — для расточного инструмента; II — для насадного инструмента с цилиндрическим или коническим посадочным отверстием; III — для инструмента с переходными оправками (см. рис. 102) и цилиндрическими хвостовиками; IV — для инструмента с коническими хвостовиками Морзе

ментов с конусами Морзе с лапкой; 9 — втулки переходные с конусностью 7 : 24 для крепления инструментов с конусами Морзе с резьбовым отверстием; 10 — оправки для крепления переходных регулировочных втулок и державок; 11 — плавающие патроны для разверток с коническими хвостовиками; 12 — переходные втулки с наружными и внутренними конусами Морзе; 13 — переходные длинные цилиндрические регулируемые втулки для крепления и регулирования положения инструментов с конусами Морзе; 14 — переходные короткие цилиндрические регулируемые втулки для крепления и регулирования положения инструментов с конусами Морзе; 15 — регулируемые оправки для крепления сверлильных патронов; 16 — регулируемые оправки для крепления на-

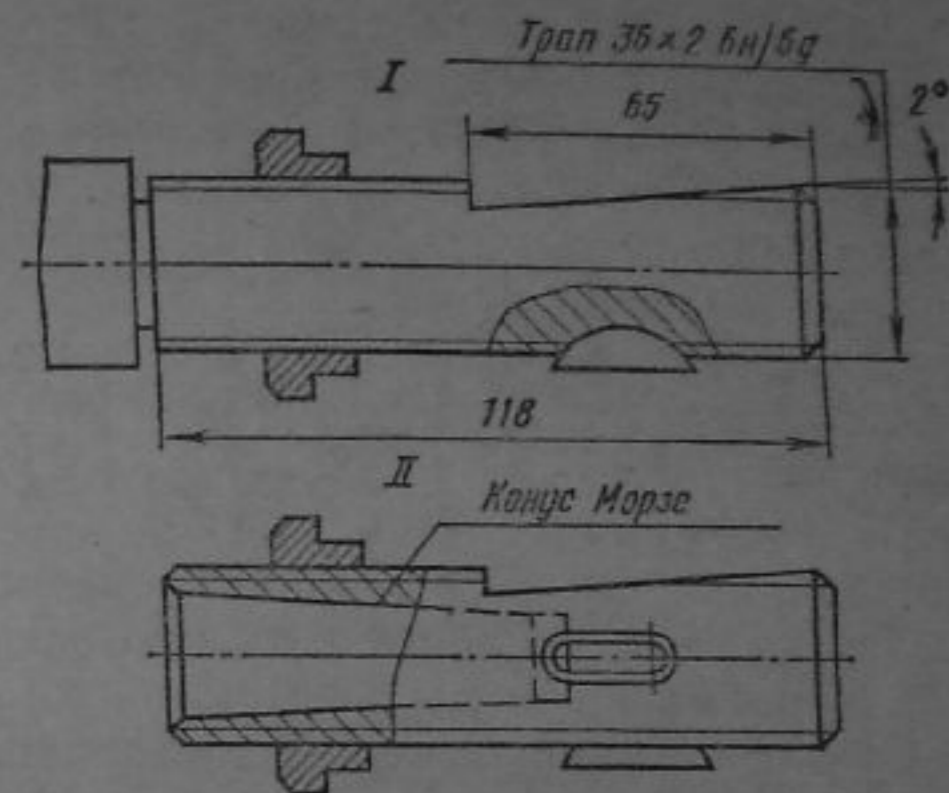


Рис. 102. Хвостовики регулируемые для концевых инструментов исполнений:

I — для расточных борштаг, концевых инструментов и переходных справок; II — переходные втулки для инструмента с коническими хвостовиками Морзе

садных зенкеров и разверток; 17 — цанговые патроны с конусами Морзе для крепления инструментов с цилиндрическими хвостовиками диаметром 5—20 мм; 18 — втулки разрезные с наружными конусами Морзе для крепления сверл и других инструментов с хвостовиками диаметром 3—18 мм; 19 — патроны сверлильные трехкулачковые с оправками для крепления сверл диаметром 1—13 мм; 20 — оправки с конусами Морзе для крепления насадных зенкеров и разверток; 21 — плавающие патроны для разверток с коническими хвостовиками; 22 — патроны сверлильные трехкулачковые без оправок; 23 — цанги с внутренними отверстиями диаметром 20—40 мм; 24 — цанги с внутренними отверстиями диаметром 5—20 мм.

Хвостовики оправок могут иметь кольцевую канавку для захвата и автоматической смены инструментальных блоков манипулятором станка с ЧПУ, а также V-образную канавку для угловой фиксации инструмента.

Наибольшее применение получили оправки, показанные на рис. 101.

Для регулирования длины вылета инструмента вдоль оси Y переходных оправок (рис. 102) предусмотрена наружная трапецеидальная резьба, по которой переходная втулка с помощью регулировочной гайки перемещается в осевом направлении в цилиндрическом отверстии основной оправки (см. рис. 101, исполнение III).

В переходных оправках, втулках и патронах закрепляют специальные или стандартные режущие инструменты повышенного качества.



**Сверла.** Для сверлильных станков с ЧПУ и многоцелевых станков наибольшее применение находят спиральные сверла из быстрорежущей стали диаметром 1—50 мм с цилиндрическим и коническим хвостовиками, а также спиральные четырехленточные, спиральные комбинированные и центровочные.





Для сверления отверстий диаметром до 20 мм рекомендуются сверла с цилиндрическим хвостовиком (основные размеры по ГОСТ 886—77\*, ГОСТ 4010—77\* и ГОСТ 10902—77\*). Длину сверла (короткая, средняя или длинная серии) выбирают в зависимости от условий обработки. Для большей жесткости следует использовать сверла наименьшей из возможных длин.

Сверла с коническими хвостовиками диаметром 6—30 мм рекомендуются трех длин: нормальные по ГОСТ 10903—77\*; удлиненные по ГОСТ 2092—77\* и специальные сверхкороткие с длиной рабочей части, равной трем—пяти диаметрам, которые применяют при обработке материалов повышенной твердости и при высоких требованиях к точности расположения координат центров отверстий. Вследствие бескондукторного метода обработки на станках с ЧПУ рекомендуется применять сверла со специальными формами заточки задней поверхности и подточки поперечной кромки, что позволяет обрабатывать отверстия с малым отклонением их осей от требуемого положения и обеспечивать лучшее самоцентрирование сверл в начале сверления и меньший увод оси обрабатываемых отверстий (табл. 160).

Спиральные четырехленточные сверла рекомендуются для обработки отверстий с малым допуском соосности, диаметром 6—20 мм, так как они обеспечивают требуемое направление сверла вдоль оси. Спиральные комбинированные сверла рекомендуются двух типов: для обработки отверстий под резьбу со снятием фаски и для сверления отверстий под головки винтов. Применять такие сверла целесообразно, когда в заготовке обрабатывают большое число идентичных крепежных отверстий. Зенковки конические для обработки центровых отверстий рекомендуются двух типов: комбинированные двусторонние по ГОСТ 14952—75\* и ГОСТ 14953—80Е и перовые с коническим хвостовиком для зацентровки отверстий с малым допуском на соосность перед сверлением.

Развертки для станков с ЧПУ рекомендуются в большинстве случаев цельные хвостовые и насадные из бы-

160. Формы заточки сверл для станков с программным управлением

Формы заточки и оборудование для заточки	Обрабатываемые отверстия	Эскизы заточки
Тип I Коническая заточка с подточкой поперечной режущей кромки на заточных станках с приспособлением для конической заточки	Не требующие малого допуска соосности отверстий	
Тип II Двухплоскостная заточка на универсально-заточных станках	Диаметром до 5 мм, требующие малого допуска соосности и прямолинейности осей отверстий	
Тип III Двухплоскостная заточка с улучшенным стружкоотводом на универсально-заточных станках	Диаметром свыше 5 мм, требующие малого допуска соосности и прямолинейности осей отверстий	
Тип IV Винтовая заточка с выпуклой заостренной поперечной режущей кромкой на заточном полуавтомате 3Б653	Требующие малого допуска соосности и прямолинейности осей отверстий	

строрежущей стали или твердого сплава, стандартных конструкций, но с повышенной точностью изготовления (ГОСТ 1672—80, ГОСТ 11175—80, ГОСТ 16087—70\* и др.). Допуски на диаметр разверток рекомендуется выбирать по ГОСТ 13779—77\*.

Для обработки отверстий диаметром 50—150 мм целесообразно применять развертки из твердого сплава сборной конструкции (например, по ГОСТ 11176—71\*). Кроме того, для станков с ЧПУ рекомендуются специальные развертки двух типов: разжимные, регулируемые по диаметру с помощью конусного винта, увеличивающие ее размер вследствие упругой деформации корпуса — для обработки отверстий с малыми предельными отклонениями диаметром 10—40 мм; однолезвийные, имеющие



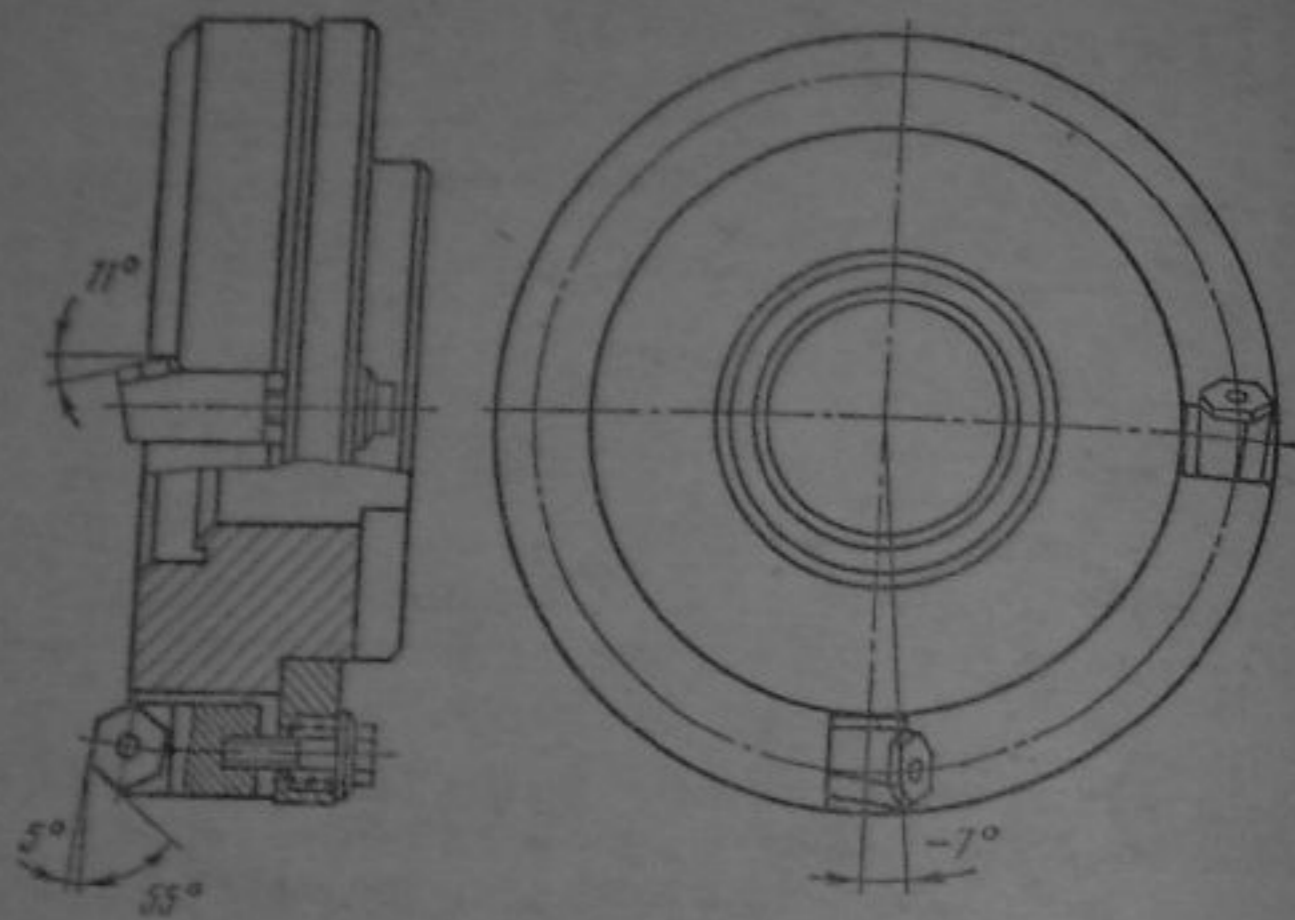


Рис. 103. Фреза сборная торцовая с механическим креплением шестигранных неперетачиваемых пластин из твердого сплава

только один режущий зуб — для обработки отверстий с малыми предельными отклонениями, повышенной длины и диаметром 5—20 мм.

Зенковки и цековки для обработки мест под головки крепежных элементов в корпусных деталях и крышках. Рекомендуются конструкции цельных цековок с направляющей цапфой, выполняемые по СТ СЭВ 700—77, СТ СЭВ 701—77, СТ СЭВ 702—77 и ГОСТ 26258—84, но с повышенными требованиями по точности изготовления. Зенковки конические с углом при вершине 60, 90 и 120° выполняются по ГОСТ 14952—75\* и ГОСТ 14953—80\*Е.

Метчики для нарезания резьбы в отверстиях на станках с ЧПУ при автоматическом цикле работы рекомендуются с прямыми канавками по ГОСТ 3266—81. Для нарезания в глухих отверстиях рекомендуются метчики с винтовыми канавками с углом наклона 30°.

Для фрезерных станков с ЧПУ и многоцелевых станков в большинстве случаев применяют стандартные фрезы, но с повышенной точностью изготовления и заточки. Торцовые чистовые мелкозубые фрезы с вставными напаянными твердосплавными ножами изготавливают по ГОСТ 9473—80\*, со вставными ножами из быстрорежущей стали — по ГОСТ 1092—80, фрезы торцовые насадные цельные — по ГОСТ 9304—69\* (издание 1981 г.).

Торцовые обдирочные фрезы диаметром 80—200 мм оснащают многогранными пластинами из твердого сплава. Пластины закрепляют винтами, которые при завертывании перемещают в осевом направлении державки ножей и тем самым прижимают пластины к базовым поверхностям корпуса (рис. 103). Такие фрезы могут снимать припуски до 12 мм при ширине обрабатываемой поверхности  $B = 0,8D$ , поэтому их целесообразно применять на крупных станках с мощностью главного привода более 10 кВт. Торцовые фрезы должны крепиться на оправках, регулируемых вдоль оси. Присоединительные размеры фрез выбирают по ГОСТ 27066—86.

Концевые фрезы диаметром 3—20 мм с цилиндрическим хвостовиком предназначены для обработки различных пазов и небольших поверхностей, для обработки по контуру. Для фрез диаметром свыше 12 мм хвостовик выполняют в двух вариантах: с регулировочным по длине винтом и без него. Фрезы с регулировочным винтом применяют при настройке их вне станка и автоматической замене затупившегося инструмента (рис. 104). Для обработки деталей из высокопрочных сталей применяют фрезы по ГОСТ 23247—78, ГОСТ 23248—78, ГОСТ 23249—78.

Фрезы концевые обдирочные с затылованными зубьями диаметром 25—50 мм предназначены для предварительной обработки небольших поверхностей и выемок. Хвостовик может иметь трапецеидальную резьбу  $36 \times 2$ , позволяющую с помощью специальной гайки осуществлять настройку в осевом направлении (см. рис. 102, исполнение I). Фреза крепится в специальной переходной втулке (см. рис. 101, выполнение III, рис. 100, поз. 13 и 14).

Фрезы шпоночные с цилиндрическим хвостовиком имеют диаметр 2—20 мм. Рабочую часть выполняют по ГОСТ 6396—78\*, а хвостовик — с регулировочным винтом и без него.

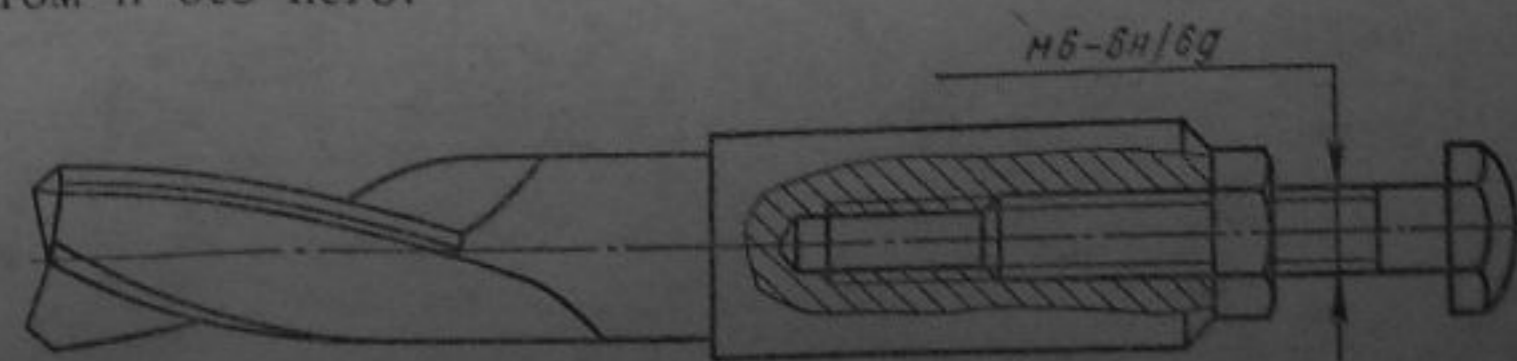


Рис. 104. Фреза концевая с регулировочным винтом для настройки вне станка



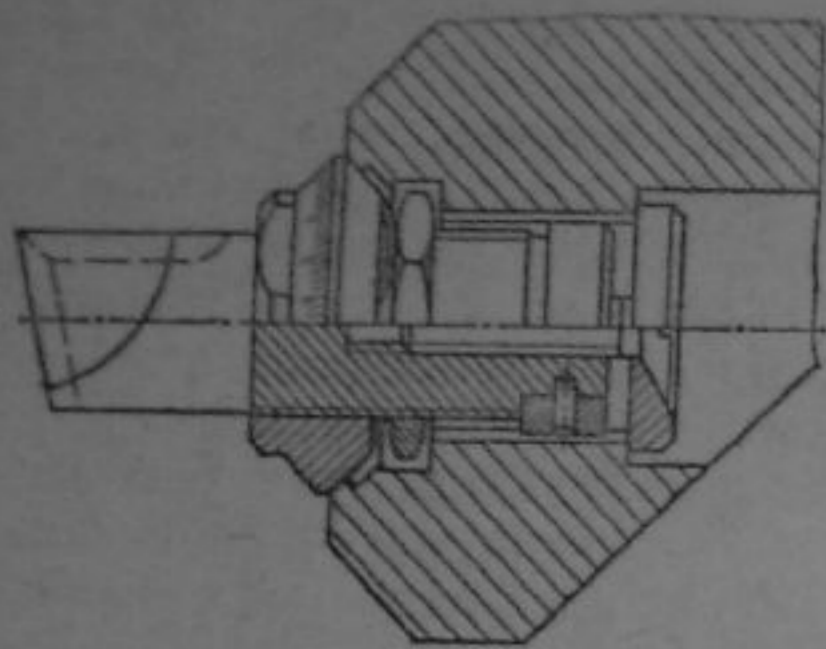


Рис. 105. Резец-вставка с микрометрической регулировкой типа «Микробор»

Фрезы для пазов под сегментные шпонки выполняют по отраслевым стандартам. При автоматической замене и настройке вне станка затупившегося инструмента хвостовик делают с регулировочным винтом.

Фрезы для Т-образных пазов выполняют в соответствии с ГОСТ 7063—72\*. Хвостовики диаметром свыше 12 мм делают с регулировочным винтом и без него.

Для расточных станков с ЧПУ применяют различные расточные оправки и резцы-вставки для них. Для предварительной и последующей обработки отверстий диаметром свыше 60 мм рекомендуются резцы-вставки с микрометрическим регулированием, как у резца «Микробор» (рис. 105). Настройку резцов в блоке выполняют вне станка по прибору.

Для окончательной обработки отверстий диаметром 20—50 мм рекомендуются резцы-вставки с микрометрической регулировкой конструкции ВНИИинструмент (рис. 106).

Для предварительной и окончательной обработки отверстий диаметром свыше 20 мм применяют стандартные квадратные резцы. Вылет резца регулируют специальной гайкой. Резец закрепляют в расточной оправке винтом (рис. 107). Резцы-вставки могут располагаться в оправках по одному или по несколько, в зависимости

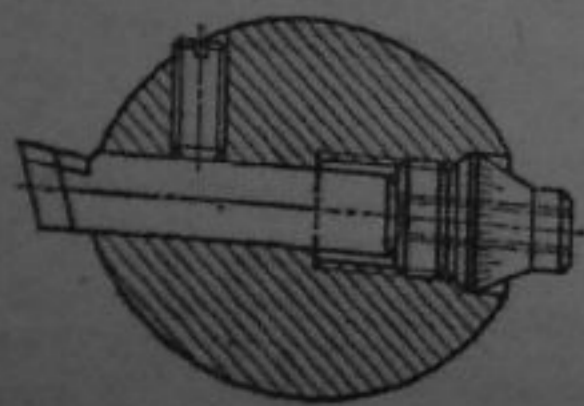


Рис. 106. Резец-вставка с микрометрической регулировкой дифференциальным винтом

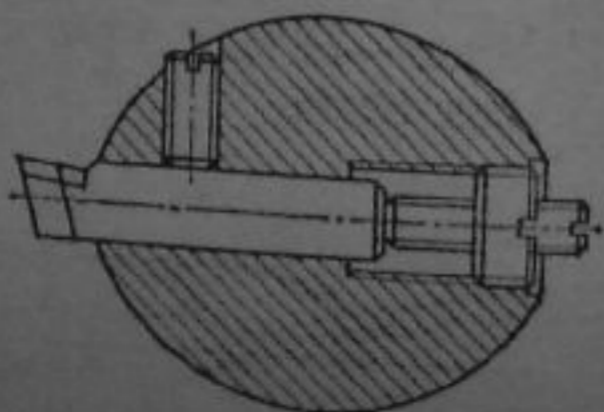


Рис. 107. Резец-вставка с регулировкой специальной гайкой

161. Данные к задаче 102

№ варианта	Тип резца	Угол в плане φ,	Площадь сечения корпуса резца, мм
1	4, правый	63	20×20
2	4, левый		16×16
3	1, правый	93	32×25
4	2, »		40×32
5	1, »		20×20
6	2, »	63	25×25
7	1, левый	93	
8	2, »	63	32×25
9	3, правый	93	16×16
10	3, левый		32×25

162. Данные к задаче 103

№ варианта	Диаметр фрезы D, мм	Обрабатываемый материал
1	125	Сталь 35, $\sigma_B = 550$ МПа ( $\approx 55$ кгс/мм <sup>2</sup> )
2	160	Бронза Бр.АЖН11-6-6, 200 НВ
3	200	Сталь Ст3, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )
4	250	Чугун СЧ 20, 170 НВ
5	250	Чугун 35 220 НВ
6	500	Сталь 15Г, $\sigma_B = 400$ МПа ( $\approx 40$ кгс/мм <sup>2</sup> )
7	100	Медь М4, 80 НВ
8	100	Сталь 35Х, $\sigma_B = 950$ МПа ( $\approx 95$ кгс/мм <sup>2</sup> )
9	160	Чугун СЧ 20, 170 НВ
10	200	Сталь 40ХС, 225 НВ

от формы обрабатываемого отверстия. По отношению к оси оправки они располагаются под углом 90, 60, 45 или 30°.

Оправки изготовляют чаще с конусным хвостовиком (конусность 7 : 24), выполненным в соответствии с посадочным конусом в шпинделе станка.

Задача 102. Сконструировать и выполнить рабочий чертеж сборного токарного резца с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин для контурного точения (табл. 161).



№ варианта	Тип инструмента и его размеры, мм	Номера позиций вспомогательного и режущего инструмента по схеме (см. рис. 100)
1	Фреза концевая по ГОСТ 23248—78, тип 2, $D = 20$	10—14, фреза
2	Фреза торцовая насадная со вставными ножами по ГОСТ 9473—80*, $D = 125$	2 — фреза
3	Цековка цилиндрическая с постоянной направляющей цапфой, $d_1 = 10$	10—14—18, цековка
4	Фреза концевая по ГОСТ 23247—78, тип 1, $D = 10$	9—12, фреза
5	Фреза сборная торцовая насадная со вставными ножами по ГОСТ 1092—80, $D = 160$	3, фреза
6	Зенкер насадной со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава по ГОСТ 21541—76*, $D = 60$	8—20, зенкер
7	Зенковка коническая с углом при вершине $60^\circ$ по ГОСТ 14953—80*Е, $d_1 = 12,5$	7—24, зенковка
8	Цековка цилиндрическая со сменной направляющей цапфой по ГОСТ 26258—84, $d_1 = 24$	10—13, цековка
9	Развертка сборная машинная со вставными ножами из быстрорежущей стали по ГОСТ 883—80*, тип 1, $D = 32$	10—14—21, развертка
10	Развертка сборная машинная со вставными ножами из быстрорежущей стали по ГОСТ 883—80*, тип 2, $D = 50$	8—12, 20, развертка

**Задача 103.** Сконструировать и выполнить рабочий чертеж сборной фрезы торцовой насадной со вставными ножами. Конструкцию и основные размеры фрез (табл. 162) для вариантов 1—5 выбрать по ГОСТ 9473—80\*, а для вариантов 6—10 — по ГОСТ 1092—80. Геометрические параметры для заданного вида обрабатываемого материала выбрать по нормативам [7, 18].

**Задача 104.** Сконструировать и выполнить чертеж инструментального блока для многоинструментного горизонтально-фрезерного станка 6906ВМФ2 с ЧПУ (табл. 163), состоящего из режущего и вспомогательного инструментов, указанных цифрами на схеме (см. рис. 100).

Режущий инструмент применить стандартный. Конусное отверстие в шпинделе — конус № 50.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### 1. ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

#### Токарно-винторезный станок 16К20

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной — 400; над суппортом — 220. Наибольшая длина обрабатываемого изделия 2000 мм. Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, 25 мм. Мощность двигателя  $N_d = 10$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,75$ . Частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ : 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Продольная подача, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,4; 2,8. Поперечная подача, мм/об: 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4. Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи,  $P_x = 600$  кгс  $\approx 6000$  Н.



### Токарно-винторезный станок 16Б16П

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм: над станиной — 320, над суппортом — 180. Наибольшая длина обрабатываемой заготовки 1000 мм. Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, 25 мм. Мощность двигателя  $N_d = 6,3$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,7$ . Частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ : 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000. Продольная подача, мм/об: 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8. Поперечная подача, мм/об: 0,025; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4. Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи,  $P_x = 600$  кгс  $\approx 6000$  Н.

### Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали — 25 мм. Мощность двигателя  $N_d = 2,8$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ : 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000. Подача, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка,  $P_{\text{max}} = 900$  кгс  $\approx 9000$  Н.

### Вертикально-сверлильный станок 2Н135

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали 35 мм. Мощность двигателя  $N_d = 4,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ : 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400. Подача, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка,  $P_{\text{max}} = 1500$  кгс  $\approx 15000$  Н.

### Вертикально-фрезерный станок 6Т13

Площадь рабочей поверхности стола  $400 \times 1600$  мм. Мощность двигателя  $N_d = 11$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ : 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Скорости продольного и поперечного движения подачи стола, мм/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250. Скорость вертикального движения подачи стола, мм/мин: 4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400. Максимальная сила резания, допускаемая механизмом движения подачи, Н: продольного — 20 000, поперечного — 12 000, вертикального — 8000.

### Вертикально-фрезерный станок 6Т12

Площадь поверхности стола  $320 \times 1250$  мм. Мощность двигателя  $N_d = 7,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ : 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. Скорость продольного и поперечного движения подачи стола, мм/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250. Скорость вертикального движения подачи стола, мм/мин: 4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400. Максимальная сила резания, допускаемая механизмом подачи, Н: продольной — 15 000; поперечной — 12 000; вертикальной — 5000.

### ПОПЕРЕЧНО-СТРОГАЛЬНЫЙ СТАНОК 7305

Наибольшая длина хода ползуна 500 мм. Число двойных ходов ползуна в 1 мин: 13,2; 19; 26,5; 37,5; 53; 75; 106; 150. Горизонтальная подача стола, мм/дв. ход ползуна: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 5,0. Вертикальная подача суппорта; мм/дв. ход ползуна: 0,16; 0,33; 0,50; 0,66; 0,83; 1,0. Мощность двигателя  $N_d = 5,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,65$ .

Зависимость скоростей рабочего хода и допускаемых сил на ползуне от длины обрабатываемой поверхности и числа двойных ходов ползуна в 1 мин

Длина рабочего хода ползуна, мм	13,2		19		26,5		37,5		53		75		106		150	
	$v_{р. х}$	$P$	$v_{р. х}$	$P$	$v_{р. х}$	$P$	$v_{р. х}$	$P$	$v_{р. х}$	$P$	$v_{р. х}$	$P$	$v_{р. х}$	$P$	$v_{р. х}$	$P$
50	1,24	147,67	1,86	98,47	2,54	72,00	3,62	50,67	5,05	36,27	7,6	24,20	10,4	17,69	14,7	12,45
100	2,42	76,30	3,63	50,88	4,97	37,20	7,06	26,18	9,09	18,74	14,8	18,50	20,2	9,14	28,8	6,43
150	3,55	52,46	5,36	34,98	7,29	25,58	10,4	18,00	15,5	12,89	21,7	8,60	29,7	6,28	42,6	4,42
200	4,63	40,61	6,93	27,08	9,5	19,80	13,6	13,94	18,9	9,98	28,3	6,65	38,7	4,87		
250	5,66	33,47	8,48	22,32	11,6	16,32	16,5	11,49	23,1	8,22	34,6	5,49	47,5	4,01		
300	6,65	28,69	10,0	19,13	13,7	13,99	19,4	9,85	27,1	7,05	40,6	4,70				
350	7,59	25,27	11,4	16,85	15,6	12,32	22,2	8,67	31,0	6,21	47,2	4,14				
400	8,49	22,77	12,7	15,18	17,5	11,10	24,8	7,81	34,6	5,59						
450	9,4	20,77	14,0	13,85	19,2	10,13	27,3	7,13	38,2	5,10						
500	10,2	19,20	15,3	12,80	20,9	9,36	29,5	6,59	42,4	4,72						

Число двойных ходов ползуна в 1 мин

Запрещается работа на режимах, лежащих ниже линии

Примечание. При работе на режимах, ограниченных верхней линией, сила на ползуне не должна превышать 17,66 кН.  $v_{р. х}$  — скорость рабочего хода, м/мин;  $P$  — допускаемая сила на ползуне, кН.



Наибольшая ширина и длина обрабатываемой поверхности 1800×6000 мм. Число суппортов: вертикальных — 2, горизонтальных — 2. Мощность двигателя  $N_D = 100$  кВт

Механизм главного движения										
Скорость движения стола, м/мин (регулируется бесступенчато)	Рабочий ход ( $v_{р. х}$ )	6	10	12	20	30	40	50	60	75
	Обратный ход ( $v_{х. х}$ )	12—75								
Максимальная сила резания, допускаемая на рейке стола станка $P_{max}$ , кН	По приводу	148	149	150	95	65	52	43	37	32
	По наиболее слабому звену	182	188	187	180	170	164	156	148	144
КПД станка		0,71	0,72	0,72	0,73	0,7	0,66	0,64	0,61	0,56

Продолжение табл.

Механизм подачи												
Вертикальный суппорт	Горизонтальная подача, мм/дв. ход	0,5	0,6	0,75	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,7	5,0
		6,0	7,5	10	12	15	18	25	30	37	50	—
	Вертикальная подача, мм/дв. ход	0,25	0,3	0,37	0,5	0,6	0,75	1,0	1,2	1,5	1,9	2,5
		3,0	3,7	5,0	6,2	7,5	9,4	12	15	18	25	—
Боковой суппорт	Вертикальная подача, мм/дв. ход	0,5	0,6	0,75	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,7	5,0
		6,0	7,5	10	12	15	18	25	30	37	50	—
	Горизонтальная подача, мм/дв. ход	0,25	0,3	0,37	0,5	0,6	0,75	1,0	1,2	1,5	1,9	2,5
		3,0	3,7	5,0	6,2	7,5	9,4	12	15	18	25	—



### Горизонтально-фрезерный станок 6Т82Г

Площадь рабочей поверхности стола, мощность, частота вращения, скорость движения подачи и допускаемая сила резания такие же, как у станка 6Т12.

#### Протяжные станки

Модель станка	Номинальная тяговая сила, тс	Количество плунжеров	Длина рабочего хода ползуна, мм	Скорость рабочего хода, м/мин		Скорость обратного хода, м/мин	Мощность электродвигателя, кВт
				наибольшая	наименьшая		
Горизонтально-протяжные станки							
7523	10	1	1250	11,5	1,5	20	18,5
7534	25	1	1600	13	1,5	20	37
Вертикально-протяжные станки							
7623	10	1	1250	11,4	1,2	20	18,5
7634	25	1	1250	13	1,2	20	37

### Зубофрезерный станок 53А50

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса 500 мм. Наибольший модуль нарезаемого колеса 8 мм. Мощность двигателя  $N_d = 8$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,65$ . Частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ : 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 240; 315; 405. Вертикальная подача суппорта (фрезы) за один оборот заготовки, мм/об: 0,75; 0,92; 1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,4; 3,7; 4,0; 5,1; 6,2; 7,5. Радиальная подача, мм/об: 0,22; 0,27; 0,33; 0,4; 0,48; 0,55; 0,66; 0,75; 0,84; 1,0; 1,2; 1,53; 1,8; 2,25.

### Зубодолбежный станок 5122

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса 200 мм. Наибольший модуль нарезаемого колеса 5 мм. Мощность двигателя  $N_d = 3$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,65$ . Число двойных ходов долбяка в 1 мин: 200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850. Круговая подача за один двойной ход долбяка, мм/дв. ход: 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6. Радиальная подача, мм/дв. ход: 0,006; 0,009; 0,013; 0,036; 0,051; 0,072; 0,15.

### Резьбофрезерный станок 5Б63

Наибольший диаметр фрезеруемой наружной резьбы 80 мм. Мощность двигателя  $N_d = 3$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,75$ . Частота вращения фрезерного шпинделя ( $\text{мин}^{-1}$ ): 160; 200; 250; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500. Частота вращения шпинделя заготовки,  $\text{мин}^{-1}$ : 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16,0.

### Круглошлифовальный станок 3М131

Наибольшие диаметр и длина шлифуемой поверхности: 280×700 мм. Мощность двигателя шлифовальной бабки  $N_d = 7,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения круга,  $\text{мин}^{-1}$ : 1112 и 1285. Частота вращения обрабатываемой заготовки,  $\text{мин}^{-1}$ : 40—400 (регулируется бесступенчато). Скорость продольного хода стола 50—5000 мм/мин (регулируется бесступенчато). Периодическая поперечная подача шлифовального круга 0,002—0,1 мм/ход стола (регулируется

бесступенчато). Непрерывная подача для врезного шлифования 0,1—4,5 мм/мин. Размеры шлифовального круга (нового):  $D_k = 600$  мм;  $B_k = 63$  мм.

### Внутришлифовальный станок 3К228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия 200 мм; наибольшая длина обрабатываемой поверхности 200 мм. Мощность двигателя шлифовального шпинделя  $N_d = 5,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,85$ .

Частота вращения обрабатываемой заготовки: 100—600  $\text{мин}^{-1}$  (регулируется бесступенчато). Частота вращения шлифовального круга,  $\text{мин}^{-1}$ : 4500; 6000; 9000; 13 000. Скорость продольного хода шлифовальной бабки 1—7 м/мин (регулируется бесступенчато). Поперечная подача шлифовального круга, мм/ход: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006. Наибольшие размеры шлифовального круга:  $D_k = 175$  мм;  $B_k = 63$  мм.

### Плоскошлифовальный станок 3П722

Площадь рабочей поверхности стола 320×1250. Мощность двигателя шлифовального шпинделя  $N_d = 15$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,85$ . Частота вращения шлифовального круга 1500  $\text{мин}^{-1}$ . Скорость продольного хода стола 3—45 м/мин (регулируется бесступенчато). Поперечная подача круга 2—48 мм/ход стола (регулируется бесступенчато). Вертикальная подача круга, мм на реверс шлифовальной бабки: 0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,075; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1. Размеры шлифовального круга (нового):  $D_k = 450$  мм;  $B_k = 80$  мм.

### Токарный многолезцовый полуавтомат 1Н713

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия: над станиной — 400 мм, над суппортом — 250 мм; наибольшая длина обрабатываемой заготовки — 1400 мм. Число суппортов — 2. Мощность двигателя  $N_d = 18,5$  кВт; КПД станка  $\eta = 0,8$ . Частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ : 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250. Скорость движения продольной и поперечной подачи суппортов, мм/мин: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400. Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи,  $P_x = 16 000$  Н ( $\approx 1630$  кгс).







```

* M /0.2/, PI /3.1415/, XP /1./, YP /0.75/,
* L2 /2./
WRITE (5,1)
WRITE (5,2)
WRITE (5,3)
WRITE (5,4)
WRITE (5,5)
WRITE (5,44)
WRITE (5,45)
WRITE (5,46)
WRITE (5,47)
1  FORMAT(`ВВОД ПРИЗНАКА МАТЕРИАЛА`,
*   ` РАБОЧЕЙ ЧАСТИ `)
2  FORMAT(`T5K10 - 1`)
3  FORMAT(`T14K8 - 2`)
4  FORMAT(`T15K6 - 3`)
5  FORMAT(`T30K4 - 4`)
44  FORMAT(` BK3 - 5 `)
45  FORMAT(` BK4 - 6 `)
46  FORMAT(` BK6 - 7 `)
47  FORMAT(` BK8 - 8 `)
WRITE (5,6)
6  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ПРИЗНАК МАТЕРИАЛА`,
*   ` РАБОЧЕЙ ЧАСТИ:`)
READ (5,7) KR
7  FORMAT(I1)
WRITE (5,8)
8  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ПЕРЕДНЕГО `
*  `УГЛА GAM (-15., 0., 10., 15.):`)
READ (5,9) GAM
9  FORMAT(F3.1)
WRITE (5,10)
10  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ГЛАВНОГО УГЛА`,
*  ` В ПЛАНЕ FI (30., 45., 60., 90.):`)
READ (5,11) FI
11  FORMAT(F3.1)
WRITE (5,12)
12  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ РАДИУСА ВЕРШИНЫ`
*  ` R (1., 2.):`)
READ (5,13) R
13  FORMAT(F2.1)
WRITE (5,14)
14  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ СТОЙКОСТИ `
*  ` РЕЗЦА T:`)
READ (5,15) T
15  FORMAT(F4.1)
WRITE (5,16)
WRITE (5,17)
WRITE (5,18)
WRITE (5,19)
16  FORMAT(`ВВОД ПРИЗНАКА ОБРАБАТЫВАЕМОГО`,
*  ` МАТЕРИАЛА `)

```

```

17  FORMAT(` СТАЛЬ - 0 `)
18  FORMAT(` ЧУГУН - 1 `)
19  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ПРИЗНАК ОБРАБАТЫВАЕМОГО`,
*  ` МАТЕРИАЛА:`)
20  *  READ (5,20) ML
    FORMAT (I1)
    IF (ML .EQ. 1) GO TO 100
    WRITE (5,21)
21  *  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ВРЕМЕННОГО`,
    ` СОПРОТИВЛЕНИЯ SIGMA:`)
22  *  READ (5,22) SIGMA
    FORMAT(F6.1)
    WRITE (5,25)
    WRITE (5,26)
    WRITE (5,27)
    WRITE (5,28)
    WRITE (5,29)
    WRITE (5,30)
25  FORMAT(`ВВОД ПРИЗНАКА ТИПА ЗАГОТОВКИ `)
26  FORMAT(`БЕЗ КОРКИ - 1`)
27  FORMAT(`ПРОКАТ - 2`)
28  FORMAT(`ПОКОВКА - 3`)
29  FORMAT(`ОБЫЧНОЕ ЛИТЬЕ -4`)
30  FORMAT(`ЛИТЬЕ С ЗАГРЯЗНЕННОЙ КОРКОЙ - 5`)
GO TO 101
100  WRITE (5,23)
23  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ТВЕРДОСТИ HB:`)
READ (5,24) HB
24  FORMAT(F6.1)
WRITE (5,33)
WRITE (5,34)
WRITE (5,35)
WRITE (5,36)
33  FORMAT(`ВВОД ПРИЗНАКА ТИПА ЗАГОТОВКИ `)
34  FORMAT(`БЕЗ КОРКИ - 1`)
35  FORMAT(`ОБЫЧНОЕ ЛИТЬЕ -4`)
36  FORMAT(`ЛИТЬЕ С ЗАГРЯЗНЕННОЙ КОРКОЙ - 5`)
101  WRITE (5,31)
31  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ПРИЗНАК ЗАГОТОВКИ:`)
READ (5,32) KZAG
32  FORMAT(I1)
WRITE (5,37)
37  *  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ДИАМЕТРА `
    ` ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ DMAX:`)
READ (5,38) DMAX
38  FORMAT(F7.3)
WRITE (5,39)
39  *  FORMAT(`ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ ДИАМЕТРА `
    ` ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ DMIN:`)
READ (5,38) DMIN
WRITE (5,40)
40  FORMAT(` ВВЕДИТЕ ДЛИНУ `)

```



```

*      ^ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ L: ^)
41    READ (5,41) L
      FORMAT(F8.3)
      WRITE (5,42)
42    FORMAT(^ ВВЕДИТЕ ШЕРОХОВАТОСТЬ ^,
*      ^ ПОВЕРХНОСТИ RA: ^)
      READ (5,43) RA
43    FORMAT(F3.1)
C     ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ TR
      TR = ( DMAX - DMIN ) / 2.
C     ВЫБОР ПОДАЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ RA, R
C     И ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА
      IF (R .EQ. 2.) GO TO 102
      IF (RA .EQ. 6.3 .AND. ML .EQ. 0) S=0.6
      IF (RA .EQ. 1.6 .AND. ML .EQ. 0) S=0.2
      IF (RA .EQ. 6.3 .AND. ML .EQ. 1) S=0.45
      IF (RA .EQ. 1.6 .AND. ML .EQ. 1) S=0.2
      IF (RA .EQ. 3.2.) S=0.35
      GO TO 103
102   IF (RA .EQ. 6.3 .AND. ML .EQ. 0) S=0.7
      IF (RA .EQ. 6.3 .AND. ML .EQ. 1) S=0.55
      IF (RA .EQ. 3.2.) S=0.45
      IF (RA .EQ. 1.6.) S=0.3
C     КОРРЕКТИРОВКА ПО СТАНКУ
103   DO 104 I = 1, 10
      IF (S .GE. SP ( I )) GO TO 104
      S = SP (I-1)
      GO TO 105
104   CONTINUE
C     ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО
C     ДВИЖЕНИЯ РЕЗАНИЯ
105   IF (KR .GE. 5 .AND. KR .LE. 8) GO TO 106
C     РЕЗЦЫ ГРУППЫ ТК
      IF (S .LE. 0.3) GO TO 107
      IF ((S .GT. 0.3) .AND. (S .LE. 0.7)) GO TO 108
      CV = 340.
      YV = 0.45
      GO TO 109
107   CV = 420.
      YV = 0.2
      GO TO 109
108   CV = 350.
      YV = 0.35
      GO TO 109
C     РЕЗЦЫ ГРУППЫ ВК
106   IF (S .LE. 0.4) GO TO 110
      CV = 243.
      YV = 0.4
      GO TO 109
110   CV = 292.
      YV = 0.2
109   IF (ML .EQ. 0) KMV=750./SIGMA

```

```

IF (ML .EQ. 1) KMV=(190./HB)**1.25
KPV = 1.
IF (KZAG .EQ. 2) KPV = 0.9
IF (KZAG .EQ. 3) KPV = 0.8
IF (KZAG .EQ. 4) KPV = 0.85
IF (KZAG .EQ. 5) KPV = 0.55
KIV = 1.
IF (KR .EQ. 1) KIV = 0.65
IF (KR .EQ. 2) KIV = 0.8
IF (KR .EQ. 4) KIV = 1.4
IF (KR .EQ. 5) KIV = 1.15
IF (KR .EQ. 6) KIV = 1.1
IF (KR .EQ. 8) KIV = 0.83
KFV = 1.
IF (FI .EQ. 30.) KFV = 1.2
IF (FI .EQ. 60.) KFV = 0.9
IF (FI .EQ. 90.) KFV = 0.7
KV = KMV * KPV * KIV * KFV
V = (CV * KV) / (T**M * TR**XV * S**YV)
C     ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
C     ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ
      N = 1000. * V / (PI * DMAX)
C     КОРРЕКТИРОВКА ПО СТАНКУ
120   DO 112 I = 1, 22
      IF (N .GE. NP (I)) GO TO 112
      IF (N/NP(I) .LT. 0.95) GO TO 113
      ND = NP (I)
      GO TO 114
113   ND = NP (I-1)
      GO TO 114
112   CONTINUE
      ND = NP ( 22 )
C     ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ
C     ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ РЕЗАНИЯ
114   VD = (PI * DMAX * ND) / 60000.
C     ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ PZ
      IF (ML .EQ. 1) GO TO 115
      CP = 300.
      NNP = 0.15
      NN = 0.75
      KMP = (SIGMA/750.)**NN.
      GO TO 116
115   CP = 92.
      NNP = 0.
      NN = 0.4
      KMP = (HB / 190.)**NN
116   KFP = 1.
      IF (FI .EQ. 30.) KFP = 1.08
      IF (FI .EQ. 60.) KFP = 0.94
      IF (FI .EQ. 90.) KFP = 0.89
      KGP = 1.
      IF (GAM .EQ. -15.) KGP = 1.25

```



```

IF (GAM .EQ. 0.) KGP = 1.1
KP = KMP * KFP * KGP
PZ=(CP*TR**XP*S**YP*KP*9.81)/(VD*60.)
* **NNP

```

C ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОШНОСТИ РЕЗАНИЯ NREZ

```
NREZ = PZ * VD / 1000.
```

```
NSP = NM * ETA
```

```
IF (NREZ .LE. NSP) GO TO 117
```

```
PEREGR = NREZ / NSP
```

```
N = ND / PEREGR
```

```
GO TO 120
```

C ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО ВРЕМЕНИ TO

```
117 FIR = FI * PI / 180.
```

```
L1 = TR * COS (FIR) / SIN (FIR)
```

```
LOB = L + L1 + L2
```

```
TO = LOB / (ND * S)
```

```
WRITE (5,121) TR
```

```
121 FORMAT ('ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ TR=',F7.3)
```

```
WRITE (5,122) S
```

```
122 FORMAT ('ПОДАЧА S=',F7.3)
```

```
WRITE (5,123) ND
```

```
123 FORMAT ('ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ND=',F8.1)
```

```
WRITE (5,124) VD
```

```
124 FORMAT ('СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ VD=',F8.3)
```

```
WRITE (5,125) PZ
```

```
125 FORMAT ('СИЛА РЕЗАНИЯ PZ=',F9.3)
```

```
WRITE (5,126) NREZ
```

```
126 FORMAT ('МОЩНОСТЬ, ЗАТРАЧИВАЕМАЯ`
```

```
* ` НА РЕЗАНИЕ NREZ=',F6.3)
```

```
WRITE (5,127) TO
```

```
127 FORMAT ('ОСНОВНОЕ ВРЕМЯ TO=',F6.3)
```

```
STOP
```

```
END
```

Распечатка результатов расчета к примеру 21

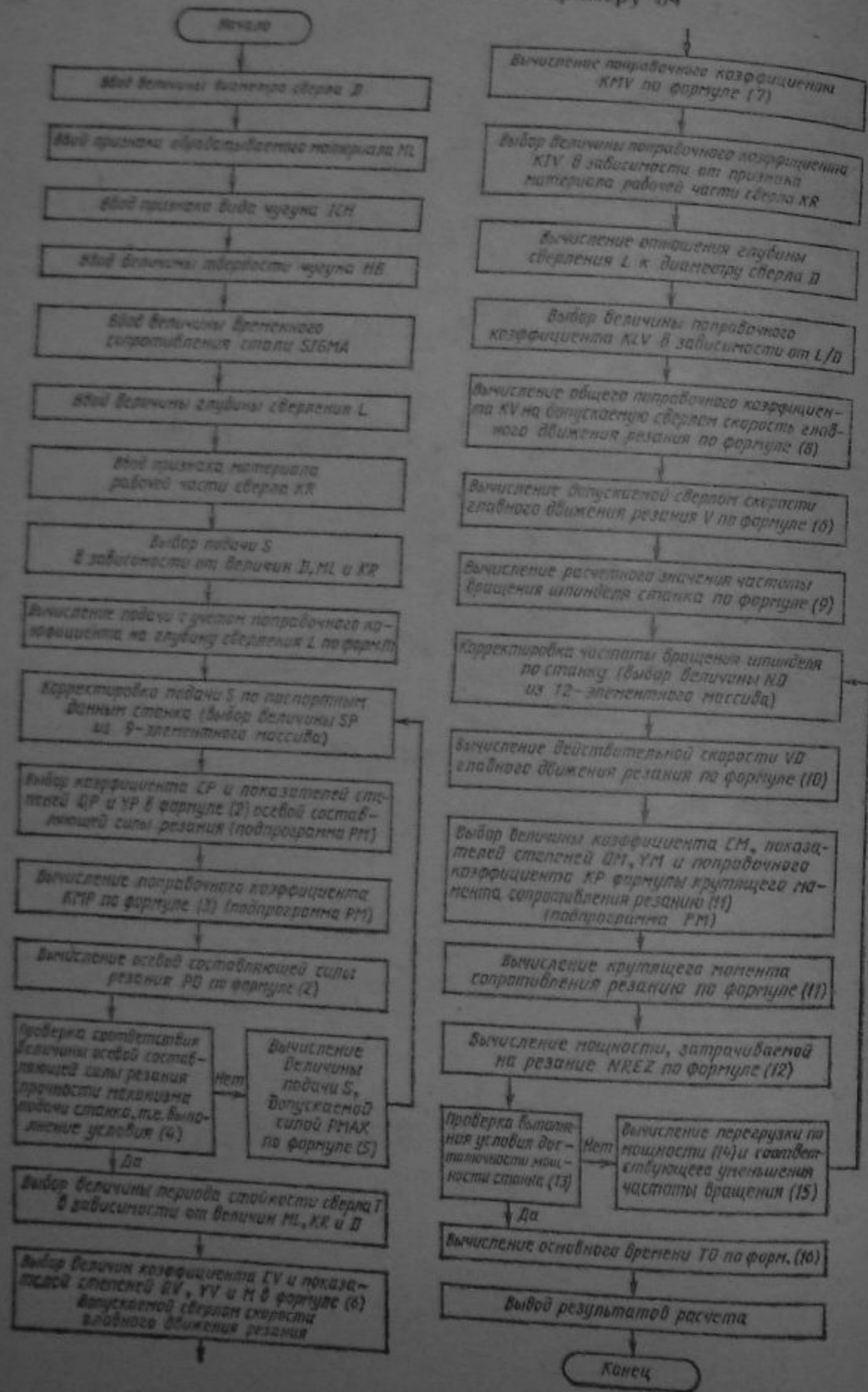
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

ПРИЗНАК МАТЕРИАЛА РАБОЧЕЙ ЧАСТИ	KR=3
ВЕЛИЧИНА ПЕРЕДНЕГО УГЛА	GAM=15.
ВЕЛИЧИНА ГЛАВНОГО УГЛА В ПЛАНЕ	FI=60.
ВЕЛИЧИНА РАДИУСА ВЕРШИНЫ РЕЗЦА	R=1.
ВЕЛИЧИНА СТОЙКОСТИ РЕЗЦА	T=60.
ПРИЗНАК ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА	ML=0
ВЕЛИЧИНА ВРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ	SIGMA=720.
СТАЛИ	KZAG=3
ПРИЗНАК ТИПА ЗАГОТОВКИ	
ВЕЛИЧИНА ДИАМЕТРА ОБРАБАТЫВАЕМОЙ	
ПОВЕРХНОСТИ	DMAX=66.
ВЕЛИЧИНА ДИАМЕТРА ОБРАБОТАННОЙ	
ПОВЕРХНОСТИ	DMIN=60.
ДЛИНА ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ	L=300.
ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ	RA=6.3

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:

ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ	TR=3.
ПОДАЧА	S=0.6
ДЕЙСТВИТЕЛЬНАЯ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	ND=500.
ДЕЙСТВИТЕЛЬНАЯ СКОРОСТЬ ГЛАВНОГО	
ДВИЖЕНИЯ РЕЗАНИЯ	VD=1.7278
ГЛАВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СИЛЫ РЕЗАНИЯ	PZ=2780.3
МОЩНОСТЬ, ЗАТРАЧИВАЕМАЯ НА РЕЗАНИЕ	NREZ=4.80
ОСНОВНОЕ ВРЕМЯ	TO=1.0124





```

C   РАСЧЕТ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ
C   КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ СВЕРЛАМИ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ
C   СТАЛИ И СВЕРЛЕНИИ СЕРОГО ЧУГУНА СВЕРЛАМИ С
C   ПЛАСТИНАМИ ТВЕРДОГО СПЛАВА.
C
C   И С Х О Д Н Ы Е   Д А Н Н Ы Е
C
C   1. ДИАМЕТР СВЕРЛА - D
C   2. ПРИЗНАК ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА - ML:
C       СТАЛЬ - ML=0
C       ЧУГУН - ML=1
C   3. ПРИЗНАК ВИДА ЧУГУНА - ICH:
C       СЕРЫЙ - ICH=0
C       КОВКИЙ - ICH=1
C   4. ТВЕРДОСТЬ ЧУГУНА - HB
C   5. ВРЕМЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЛИ
C       ( В МПА ) - SIGMA
C   6. ГЛУБИНА СВЕРЛЕНИЯ - L
C   7. ПРИЗНАК МАТЕРИАЛА РАБОЧЕЙ ЧАСТИ СВЕРЛА -KR:
C       БЫСТРОРЕЖУЩАЯ СТАЛЬ P6M5      KR=0
C       ТВЕРДЫЙ СПЛАВ BK8              KR=1
C
C   REAL L, LOB, KR, KMP, M, KV, KMV, KIV,
C       KLV, ND, NM, MK, NREZ, NSP
C   DIMENSION SP(9), NP(12)
C   DATA PMAX /15000./ PI /3.14/ NM /4.5/
C   *   ETA /0.8/
C   *   DATA SP /0.1, 0.14, 0.2, 0.28, 0.4, 0.56,
C       0.8, 1.12, 1.6/
C   *   DATA NP /31.5, 45., 63., 90., 125., 180.,
C       250., 355., 500., 710., 1000., 1400./
C   WRITE (5,1)
C   1   FORMAT('ВВЕДИТЕ ДИАМЕТР СВЕРЛА:')
C   READ (5,30) D
C   30  FORMAT(F6.3)
C   WRITE (5,2)
C   WRITE (5,5)
C   2   FORMAT('ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ:',
C   *       ' СТАЛЬ-0, ЧУГУН-1')
C   5   FORMAT('ВВЕДИТЕ ЧИСЛО:')
C   READ (5,31) ML
C   31  FORMAT(I1)
C   IF (ML .EQ. 0) GO TO 100
C   WRITE (5,6)
C   WRITE (5,7)
C   6   FORMAT('ВИД ЧУГУНА: СЕРЫЙ-0, КОВКИЙ-1')
C   7   FORMAT('ВВЕДИТЕ ЧИСЛО:')
C   READ (5,32) ICH
C   32  FORMAT(I1)
C   WRITE (5,8)
    
```



УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

НЕФЕДОВ Николай Александрович, ОСИПОВ Ким Александрович  
СБОРНИК ЗАДАЧ И ПРИМЕРОВ ПО РЕЗАНИЮ МЕТАЛЛОВ  
И РЕЖУЩЕМУ ИНСТРУМЕНТУ

Редактор И. С. Форстен  
Художественный редактор А. С. Вершинкин  
Технический редактор О. В. Куперман  
Корректоры: Л. Л. Георгиевская, О. Ю. Садыкова

ИБ № 6275

Сдано в набор 17.03.89. Подписано в печать 26.06.89. Т-08054.  
Формат 84 × 108<sup>1/32</sup>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литера-  
турная. Печать высокая. Усл. печ. л. 23,52. Усл. кр.-отт. 23,52.  
Уч.-изд. л. 23,36. Тираж 77000 экз. Заказ 731. Цена 1 р.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,  
107076, Москва, Стромьинский пер., 4.

Типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени издательства  
«Машиностроение» при Государственном комитете СССР по печати.  
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Издательство «Машиностроение» выпустит  
в 1990 году следующие книги по обработке  
металлов резанием

*Производственная литература*

Г д а л е в и ч А. И. **Финишная обработка лепестко-  
выми кругами.** — М.: Машиностроение. — 6 л.: ил. —  
(Новости технологии). — (в обл.): 30 к.

Рассматриваются особенности обработки лепестковыми  
кругами, изнашивание инструмента, производительность  
процесса, влияние условий обработки на качество поверх-  
ности деталей. Даны рекомендации по выбору режимов  
полирования лепестковыми кругами для широкого диа-  
пазона материалов и схем обработки, сведения о кон-  
струкции кругов, материалы по оптимизации их параме-  
тров, рекомендации по выбору оборудования и его модер-  
низации, а также технико-экономическое обоснование  
финишной обработки лепестковыми кругами.

Для инженерно-технических работников машинострои-  
тельных предприятий; может быть полезна студентам  
машиностроительных специальностей вузов.

К а д ы р о в Ж. Н. **Диагностика и адаптация станоч-  
ного оборудования гибких производственных систем.** —  
Л.: Машиностроение. — 8 л.: ил. — (в обл.): 40 к.

Рассмотрено комплексное решение проблемы повыше-  
ния эффективности работы станочного оборудования гиб-



ких производственных систем. Впервые для токарных, фрезерных, сверлильных и других групп станков за основу разработки встроенных средств технического диагностирования и адаптации взяты штатные узлы станка, обеспечивающие их инвариантность по отношению к обрабатываемой детали и используемому инструменту, а также высокую надежность в работе. Приведены примеры использования микропроцессорных средств управления.

Для ИТР, занимающихся контрольно-диагностическим и станочным оборудованием.

#### *Учебная литература для техникумов*

Гапонкин В. А., Лукашев Л. К., Суворова Т. Г. **Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки:** Учебник для техникумов по машиностроительным специальностям. — М.: Машиностроение. 25 л.: ил. — (в пер.): 1 р. 20 к.

Рассмотрены вопросы обработки металлов резанием, закономерности механической обработки. Описаны физические явления, сопровождающие резание, типовые конструкции металлорежущего инструмента и конструктивные особенности металлорежущих станков. Даны рекомендации по выбору режимов резания.

*По вопросу приобретения книг следует обращаться в книжные магазины, распространяющие техническую литературу.*