

**ДЛЯ ТОКАРЕЙ ВСЕХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

---

# **СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ-УНИВЕРСАЛА**

*2-е издание,  
переработанное и дополненное*

Под редакцией  
**М.Г. Шеметова и В.Ф. Безъязычного**



**МОСКВА  
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
2007**

УДК 621.941-057.2(035)

ББК 34.63

С74

Авторский коллектив:

**В.Ф. Безъязычный, В.Г. Моисеев, Д.Г. Белецкий, М.Г. Шеметов, И.В. Гайгал, Е.В. Шилков,  
И.Н. Аверьянов, Ю.П. Чистяков, Е.М. Большаков, А.Г. Схиртладзе**

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *А.С. Васильев*; кандидат технических наук *В.Н. Крылов*

**С74** **Справочник** токаря-универсала / под ред. М.Г. Шеметова и В.Ф. Безъязычного. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2007. – 576 с.: ил.  
ISBN 978-5-217-03393-5

Изложены сведения о процессах и режимах резания, нормировании токарных работ. Приведены методы повышения производительности труда, технические характеристики оборудования, описание технологической оснастки и инструмента, данные по обработке особо сложных деталей. Приведены сведения из опыта работы отечественных и зарубежных промышленных предприятий.

Второе издание (1-е изд. 1987 г.) переработано в соответствии с современной научно-технической документацией и дополнено сведениями об обеспечении точности и управлении качеством при токарной обработке. В приложении более развернуто представлен материал о повышении качества поверхности методами пластического деформирования.

Для токарей-универсалов всех отраслей промышленности, может быть полезен учащимся учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.941-057.2(035)

ББК 34.63

---

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Безъязычный Вячеслав Феокистович, Моисеев Валентин Георгиевич, Белецкий Дмитрий Георгиевич,  
Шеметов Михаил Григорьевич, Шилков Евгений Васильевич, Гайгал Ирина Владимировна,  
Аверьянов Иван Николаевич, Чистяков Юрий Павлович,  
Большаков Евгений Михайлович, Схиртладзе Александр Григорьевич**

**СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ-УНИВЕРСАЛА**

Редактор *Д.А. Елисеев*

Переплет художника *Т.Н. Галицкой*

Корректор *М.Я. Барская*

Инженер по компьютерному макетированию *Н.И. Смольянина*

Сдано в набор 29.06.2007 г. Подписано в печать 15.11.2007 г. Формат 70×100<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.

Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 46,8. Уч.-изд. л. 47,0. Тираж 2000 экз. Заказ

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение",  
107076, Москва, Стромьинский пер., 4. [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru)

Оригинал-макет изготовлен в ООО "Издательство Машиностроение-1"

Отпечатано в ГУП ППП "Типография "Наука" РАН, 121099, Москва, Шубинский пер., 6

---

ISBN 978-5-217-03393-5

© Издательство "Машиностроение", 2007

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава 1. ТОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ</b> (Д.Г. Белецкий, Е.В. Шилков) . . . . .	6
1.1. Общие понятия о точности и качестве поверхности при токарной обработке . . . . .	6
1.2. Классификация погрешностей при токарной обработке . . . . .	10
1.3. Виды и величины погрешностей . . . . .	13
1.4. Заготовки и припуски для токарной обработки . . . . .	20
1.5. Повышение качества поверхности методами пластического деформирования . . . . .	23
<b>Глава 2. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ</b> (И.В. Гайгал, В.Г. Моисеев, М.Г. Шеметов, В.Ф. Безъязычный, И.Н. Аверьянов). . . . .	32
2.1. Инструментальные материалы . . . . .	32
2.2. Основные определения и классификация режущего инструмента . . . . .	55
2.3. Резцы с механическим креплением сменных режущих пластин . . . . .	72
2.4. Расточные резцы и головки . . . . .	84
2.5. Конструкции резцов с механическим креплением пластин . . . . .	89
2.6. Инструмент для обработки фасонных поверхностей . . . . .	97
2.7. Резцы с напайной пластиной . . . . .	103
2.8. Резцы из сверхтвердых материалов . . . . .	104
2.9. Методы заточки токарного инструмента . . . . .	110
2.10. Сверла . . . . .	122
2.11. Зенкеры и зенковки . . . . .	137
2.12. Развертки . . . . .	143
2.13. Резьбообразующий инструмент . . . . .	152
<b>Глава 3. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> (М.Г. Шеметов, В.Ф. Безъязычный) . . . . .	179
<b>Глава 4. СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА</b> (М.Г. Шеметов, В.Ф. Безъязычный, И.Н. Аверьянов) . . . . .	241
<b>Глава 5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОКАРНЫХ РАБОТ</b> (Д.Г. Белецкий, Е.М. Большаков, Ю.П. Чистяков) . . . . .	258
5.1. Универсально-токарные центровые станки . . . . .	259
5.2. Лоботокарные станки . . . . .	267
5.3. Специализированные токарные станки . . . . .	268
5.4. Токарно-затыловочные станки . . . . .	270
5.5. Токарные гидрокопировальные станки . . . . .	285
5.6. Числовое программное управление токарными станками . . . . .	289
5.7. Технические данные и особенности конструкций станков с ЧПУ . . . . .	290

<b>Глава 6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА К ТОКАРНЫМ СТАНКАМ</b> (В.Г. Моисеев, М.Г. Шеметов) . . . . .	303
6.1. Углы уклона инструментальных конусов . . . . .	303
6.2. Цанговые зажимы . . . . .	306
6.3. Сверлильные патроны . . . . .	310
6.4. Патроны для разверток и метчиков . . . . .	316
6.5. Резьбонарезные головки . . . . .	323
<b>Глава 7. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ</b> (В.Г. Моисеев, М.Г. Шеметов, И.Н. Аверьянов) . . . . .	326
7.1. Классификация систем приспособлений . . . . .	326
7.2. Закрепление заготовок . . . . .	327
7.3. Токарные патроны общего назначения . . . . .	328
7.4. Кулачки к самоцентрирующим токарным патронам . . . . .	331
7.5. Токарные поводковые патроны . . . . .	334
7.6. Центры поводковые зубчатые . . . . .	337
7.7. Центры вращающиеся . . . . .	339
7.8. Упоры . . . . .	342
7.9. Люнеты . . . . .	346
7.10. Приспособления для обработки эксцентриков . . . . .	349
7.11. Планшайбы, угольники, оправки . . . . .	351
7.12. Модульная инструментальная оснастка . . . . .	359
7.13. Обработка конических поверхностей . . . . .	361
7.14. Приспособления для обработки конусов . . . . .	367
7.15. Приспособления для обработки фасонных поверхностей . . . . .	372
7.16. Приспособления для обработки сферических поверхностей . . . . .	374
7.17. Приспособления для нарезания резьбы . . . . .	378
7.18. Специальные приспособления . . . . .	381
<b>Глава 8. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ</b> (Д.Г. Белецкий) . . . . .	386
<b>Глава 9. ОБРАБОТКА ТЯЖЕЛЫХ ВАЛОВ</b> (Д.Г. Белецкий) . . . . .	395
9.1. Разновидности конструкций валов и особенности их обработки . . . . .	395
9.2. Особенности технологии обработки . . . . .	397
<b>Глава 10. ОБРАБОТКА РЕЗЬБ</b> (В.Г. Моисеев, М.Г. Шеметов) . . . . .	420
10.1. Настройка станка на нарезание резьбы . . . . .	420
10.2. Нарезание метрических резьб . . . . .	423
10.3. Нарезание прямоугольной, трапецеидальной и многозаходных резьб . . . . .	425
10.4. Накатывание резьбы . . . . .	434

---

<b>Глава 11. ОБРАБОТКА И ДОВОДКА КАЛИБРОВ</b> ( <i>В.Г. Мусеев</i> ). . . . .	439
11.1. Механическая и химико-механическая доводки . . . . .	439
11.2. Материал притиров . . . . .	440
11.3. Абразивно-полирующие материалы . . . . .	441
11.4. Классификация притиров . . . . .	444
11.5. Технология изготовления калибров . . . . .	446
<b>Глава 12. НОРМИРОВАНИЕ ТОКАРНЫХ РАБОТ</b> ( <i>Д.Г. Белецкий</i> ). . . . .	453
12.1. Элементы производственного процесса и технологическая документация . . . . .	453
12.2. Методы нормирования и тарификация токарных работ . . . . .	454
12.3. Определение нормы времени на токарные операции . . . . .	456
12.4. Общая трудоемкость и себестоимость продукции . . . . .	461
<b>Глава 13. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ</b> ( <i>Д.Г. Белецкий, В.Ф. Безъязычный, И.Н. Аверьянов</i> ). . . . .	463
13.1. Единая система планово-предупредительного ремонта (ЕСППР) . . . . .	464
13.2. Техническое обслуживание токарных станков . . . . .	467
13.3. Проверка станков на точность . . . . .	472
13.4. Проверка станков на жесткость . . . . .	493
13.5. Испытания станков на виброустойчивость . . . . .	497
<b>Глава 14. ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ</b> ( <i>Е.В. Шилков, В.Ф. Безъязычный</i> ). . . . .	498
14.1. Современные определения категории "Качество" . . . . .	498
14.2. Обеспечение качества при токарной обработке . . . . .	501
14.3. Оценка надежности технологической системы . . . . .	507
14.4. Переход от обеспечения качества к управлению качеством . . . . .	509
14.5. Организационные основы обеспечения и управления качеством	516
14.5.1. Основы лицензирования производства . . . . .	516
14.5.2. Основы сертификации соответствия продукции . . . . .	517
14.5.3. Сертификация соответствия системы менеджмента качества	519
<b>Приложение 1. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ</b> ( <i>А.Г. Схиртладзе</i> ). . . . .	520
<b>Приложение 2. ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ</b> ( <i>В.Ф. Безъязычный</i> ). . . . .	573
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> . . . . .	576

# Глава 1

## ТОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

### 1.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВЕ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Под *качеством токарной обработки* подразумевается точность исполнительных размеров и качество поверхности обработанной детали. Под точностью понимают степень приближения истинного значения параметра к его номинальному значению. Точность детали (рис. 1.1) характеризуется точностью размеров элементов, т.е. отдельных поверхностей, точностью формы поверхностей и точностью относительного положения поверхностей.

Размеры деталей на рабочих чертежах и на операционных эскизах по своему назначению могут быть разделены на группы.

1. *Исполнительные размеры* элемента (длина, диаметр).

2. *Координирующие размеры*, определяющие взаимное положение поверхностей деталей, а также осей. Это, как правило, размеры ответственных поверхностей, которые определяют служебное назначение детали. Например, у деталей типа «тел вращения» ответственными являются размеры, определяющие положение шеек для размещения подшипников или других сопрягаемых деталей. Координирующие размеры увязывают, например, плоские и цилиндрические поверхности детали.

3. *Сборочные размеры* используют для определения положения узлов относительно других элементов машины. Это, прежде всего, размеры присоединительных поверхностей.

В реальном производстве нельзя абсолютно точно выполнить номинальный размер, а также измерить его без погрешности. Поэтому существует понятие *действительный размер* – это размер, измеренный с допускаемой погрешностью.

Действительный размер для оценки качества продукции имеет особое значение. В ходе изготовления детали в каждый момент времени этот размер имеет

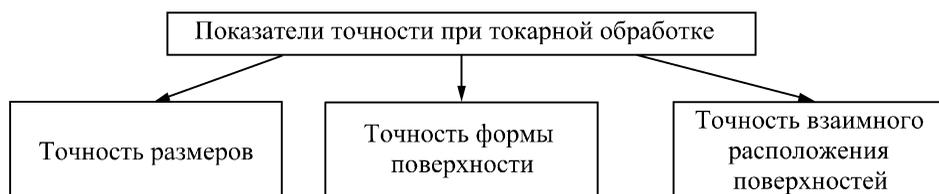


Рис. 1.1. Составляющие точности при токарной обработке

разные значения. Это объясняется тем, что используемые в машиностроении технологические системы вносят свои погрешности в изготавливаемые детали, так как они работают в условиях постоянного изнашивания инструмента и, следовательно, постоянно изменяющихся силовых факторов, воспринимают действие нестационарного теплового поля, переменной жесткости станочной системы. Кроме этого, на точность деталей оказывает влияние погрешность настройки инструмента, установки обрабатываемой заготовки и ряд других факторов. Поэтому существует понятие допуска.

*Допуском* называется разрешенная (допускаемая) разность между наибольшим и наименьшим значениями параметра (размера детали и т.п.). Допуски размеров регламентируются ГОСТ 25346–89. Изготовление деталей с соблюдением допусков способствует созданию высококачественной продукции, несмотря на то что каждая деталь ограничивается поверхностями, размеры и форма которых отличаются от номинальных.

Каждая деталь характеризуется определенным числом размеров. Детали лишь на чертежах характеризуются номинальными (идеальными) поверхностями, а фактически ограничены реальными поверхностями. Детали всегда имеют отклонения формы. Обеспечение допускаемого отклонения формы в производственных условиях всегда затруднено. В частности, в производственных условиях возникают отклонения от круглости цилиндрической поверхности. Они непосредственно сказываются на качестве соединений, имеющих цилиндрические поверхности, потому что по таким поверхностям устанавливают ответственные детали и узлы машин и, прежде всего, подшипники качения, которые вследствие отклонения формы колец могут утратить свои первоначальные характеристики.

Условия формообразования деталей настолько сложны, что одновременно возникает ряд отклонений: от цилиндричности, от перпендикулярности, от параллельности и др. Технологическое обеспечение допускаемых параметров является одним из условий повышения качества машин. Так, у пары вал – корпус, вал при поступательном движении не может перемещаться прямолинейно, если он имеет отклонения от цилиндричности или если такие отклонения имеет отверстие. Таким образом, отклонения параметров деталей в этом случае не обеспечивают заданного качества (например, не соблюдается форма траектории перемещения).

При решении проблемы качества деталей необходимо опираться на количественные показатели. На рис. 1.2 представлена условная деталь типа двухступенчатого вала. В любом поперечном сечении размеры вала определяются переменным радиусом  $R$ , отсчитываемым от центра  $O$  номинального сечения диаметром  $D_n$ . Радиус  $R$ , именуемый текущим размером, зависит от угловой координаты  $\varphi$ . Текущий размер также меняется по координате  $Z$ . Начальное значение радиуса оговаривается. Так, им может быть радиус  $R_1$  с угловой координатой  $\varphi_1$ . Любой контур поперечного сечения удовлетворяет условию замкнутости, т.е.  $f(\varphi) = f(\varphi + 2\pi)$ . Период функции равен  $2\pi$ .

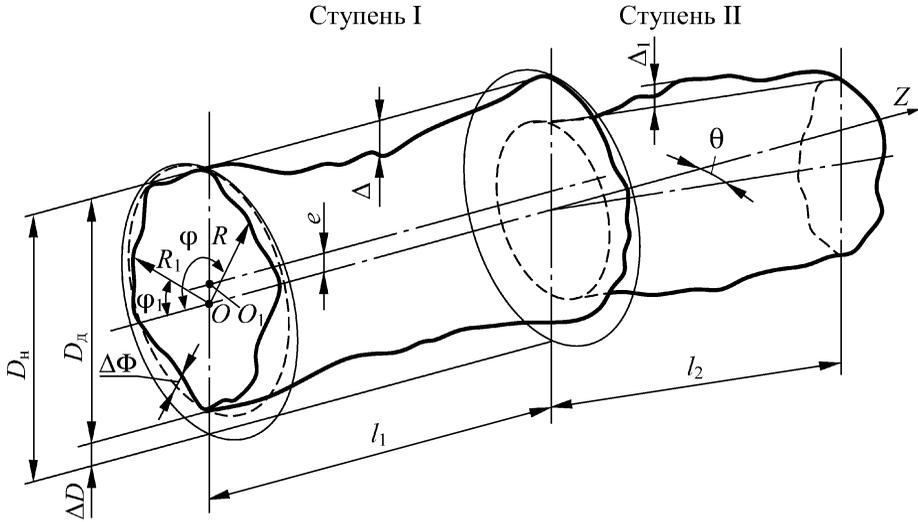


Рис. 1.2. Схема погрешностей двухступенчатого вала

Реальный контур на левом торце вала ограничивается прилегающей окружностью (штриховая линия) диаметром  $D_n$ . Отклонение от круглости, характерное для каждого сечения, обозначено  $\Delta\Phi$ . Для каждого сечения можно определить отклонение  $\Delta D$  размера. Прилегающая окружность имеет центр в точке  $O_1$ . Поэтому действительный контур детали отличается от номинального (идеального), а их оси смещены на расстояние, равное эксцентриситету  $e$ . Можно убедиться, что ось действительного контура, в общем виде, не является прямой линией. Это характерно для любого сечения вала ступени I длиной  $l_1$ . Для оценки качества детали ее форма имеет первостепенное значение.

Профиль детали в продольном направлении также представляет собой сложное сочетание конических поверхностей с наложенными на них седлообразными, бочкообразными, волнистыми профилями.

Отклонения профилей деталей определяют с помощью соответствующих анализаторов. Описание профилей оказывается исключительно важным, поскольку с его помощью можно установить характер контактирования деталей при сборке, условия смазывания, прогнозировать изнашивание и др. Однако более важно для решения проблемы повышения качества машин установить причины возникновения погрешностей, указать соответствующую операцию технологического процесса, при выполнении которой возникла данная погрешность, и принять меры к ее ликвидации.

Поскольку отклонения формы ухудшают качество детали, рассматривают результаты предшествующих операций и устанавливают, что, например, овальность детали вызвана овальной формой заготовки. В результате принимают меры к ликвидации или уменьшению отклонений формы еще на предшествующих технологических операциях.

Для установления указанных зависимостей применяют положение о технологической наследственности, которой, особенно при производстве наукоемкой продукции, уделяется большое внимание. *Технологической наследственностью* называют явление переноса свойств объектов от предшествующих технологических операций к последующим. Сохранение этих свойств у деталей машин называют технологическим наследованием. Носителями наследственной информации является собственно материал детали, а также ее поверхности с различными параметрами, описывающими состояние этих поверхностей. В первую очередь это относится к размерам, форме и взаимному расположению элементов детали. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе, проходя через различные операции, в ходе которых они могут изменяться частично или полностью. Гармонический анализ позволяет количественно описать всю картину трансформирования геометрических показателей изготавливаемых деталей.

Качество деталей оценивается также отклонениями расположения поверхностей, т.е. отклонениями реального положения поверхности от ее номинального положения. При такой оценке отклонения формы поверхностей деталей из рассмотрения исключаются, а реальные профили заменяются прилегающими. Реальные оси, центры реальных поверхностей, поверхности симметрии и т.д. заменяются прилегающими элементами. Каждое из отклонений расположения поверхностей имеет свое точное определение и методику производственной оценки. Прилегающими элементами могут быть прямые, окружности, плоскости, цилиндры.

Качество деталей по отклонению от параллельности оценивают по положению двух прилегающих к реальным поверхностям плоскостей, измеряя расстояние между этими плоскостями в различных местах нормируемого участка. Отклонения расстояния поверхностей могут определяться с помощью осей. На рис. 1.2 ступени I и II вала практически имеют криволинейные оси. Однако они условно представлены прямыми. Взаимное расположение цилиндрических ступеней определяется положением их осей (угол  $\theta$ ). В общем случае оси могут иметь отклонения от параллельности, а также перекося или отклонение от пересечения. Типичным для деталей, имеющих отверстия, или ступенчатых деталей является отклонение от соосности. Такое отклонение решающим образом влияет на эксплуатационные качества детали и изделия в целом.

С помощью прилегающих элементов определяют отклонение от перпендикулярности. Оно, например, оценивается углом между двумя плоскостями, прилегающими к реальным поверхностям конкретной детали. При оценке отклонения от симметричности относительно базовой плоскости определяют положение последней, и от него измеряют расстояние до плоскости симметрии реального профиля.

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Погрешности при токарной обработке можно разделить на определенные категории.

1. Теоретические погрешности – заранее допущенные отклонения геометрической формы детали от теоретической, заданной чертежом или техническими условиями: обработка фасонными резцами без корректировки профиля, нарезка резьбы плашкой или метчиком и т.д.

2. Погрешности от неточной работы станков, в том числе:

– геометрические, вызванные погрешностью изготовления станка (несовпадение осей шпинделя и задней бабки, неперпендикулярность продольных и поперечных направляющих и др.);

– кинематические, возникающие из-за неточной настройки станка (несоответствие требуемого и настроенного шага при нарезке резьбы резцом);

– из-за деформации узлов станков под действием сил резания;

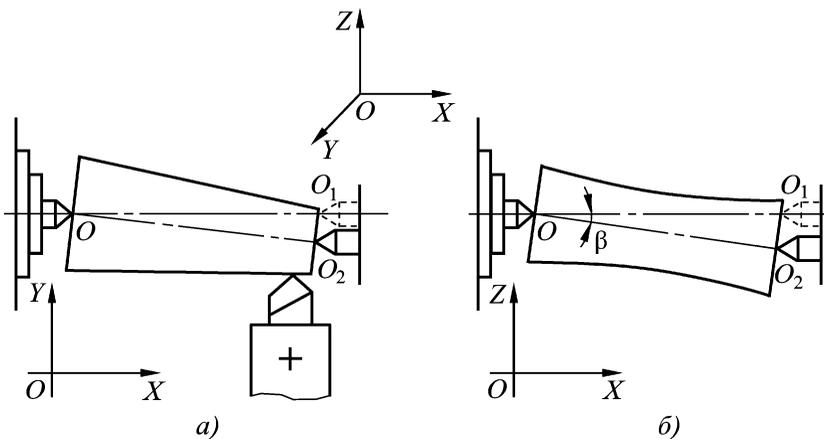
– температурные деформации узлов станка при изменении температуры в цехе или от источников тепловыделения.

На рис. 1.3 приведена схема возникновения геометрической погрешности из-за отклонения расположения осей переднего и заднего центров станка.

Отклонение в горизонтальной плоскости (рис. 1.3, а) вызывает конусность обрабатываемой поверхности, а отклонение в вертикальной плоскости (рис. 1.3, б) вызывает овальность поверхности.

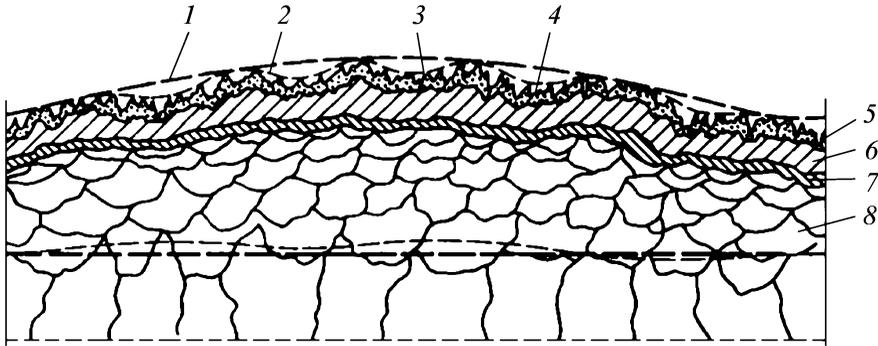
3. Погрешности установки и базирования.

4. Погрешности, возникающие по вине инструмента, которые в свою очередь могут быть двух видов: а) погрешности, вызываемые износом инструмента; б) погрешности, вызываемые деформацией инструмента.



**Рис. 1.3. Схема образования геометрической погрешности токарно-винторезного станка:**

$O$  – положение центра передней бабки;  $O_1$  – расчетное положение центра задней бабки;  
 $O_2$  – фактическое положение задней бабки



**Рис. 1.4. Схема поверхностного слоя детали:**

- 1 – макроотклонение; 2 – волнистость; 3 – шероховатость; 4 – субшероховатость;  
 5 – адсорбированная зона; 6 – зона оксидов; 7 – границная зона материала;  
 8 – зона материала с измененными физико-химическими свойствами

Погрешности от неточной работы станков зависят от класса точности станка. Стандартом установлены 5 классов точности станков, которые условно в моделях обозначаются соответствующими буквами: станки нормальной точности – Н; станки повышенной точности – П; станки высокой точности – В; станки особо высокой точности – А; станки особо точные (прецизионные) – С.

Каждому классу точности соответствуют определенные характеристики геометрической точности, погрешности от деформации узлов станка и другие погрешности. Определенные классом точности параметры выполняются только при условии обеспечения требований по техническому обслуживанию станка, определенных системой планово-предупредительного ремонта и обслуживания оборудования. Нормативные погрешности установки и базирования заготовок обеспечиваются при проектировании и изготовлении приспособлений.

Важными характеристиками качества токарной обработки являются шероховатость обработанной поверхности и качество поверхностного слоя. Наружный слой детали, имеющий отклонения от идеальной геометрической формы и измененные физико-химические свойства по сравнению со свойствами основного материала, называют поверхностным слоем. Схема поверхностного слоя детали приведена на рис. 1.4. Поверхностный слой формируется при обработке поверхности и при дальнейшей эксплуатации детали в составе изделия. По глубине поверхностный слой может составлять от десятых долей микрометра до нескольких миллиметров. Он характеризуется геометрическими характеристиками и физико-химическими свойствами. Под геометрическими характеристиками понимают макроотклонение, волнистость, шероховатость и субшероховатость.

*Макроотклонение 1* поверхности – это неровности высотой  $10^{-2} \dots 10^{-3}$  мкм на всей ее длине или ширине.

*Волнистость 2* поверхности – совокупность неровностей высотой примерно  $10^{-2} \dots 10^3$  мкм с шагом, большим, чем базовая длина  $l$ , используемая для измерения параметров шероховатости.

Под *шероховатостью 3* поверхности понимают совокупность неровностей высотой около  $10^{-2} \dots 10^3$  мкм с шагом, меньшим, чем базовая длина, используемая для ее измерения.

*Субшероховатость 4* – это субмикронеровности высотой примерно  $10^{-3} \dots 10^{-2}$  мкм, накладываемые на шероховатость поверхности.

Верхняя зона 5 толщиной  $10 \dots 100$  мкм – это адсорбированный из окружающей среды слой молекул и атомов органических и неорганических веществ (например, воды, СОТС, растворителей, промывочных жидкостей).

Промежуточная зона 6 толщиной  $10^{-3} \dots 1$  мкм представляет собой продукты химического взаимодействия металла с окружающей средой (обычно оксидов).

Граничная зона 7 имеет толщину, равную нескольким межатомным расстояниям со значительно измененными кристаллической и электронной структурой и химическим составом.

Зона 8 имеет толщину  $10^{-4} \dots 10$  мкм с измененными физико-химическими свойствами по сравнению со свойствами основного материала. Под физико-химическими свойствами поверхностного слоя понимают остаточные напряжения, наклеп и структуру.

Наиболее важным параметром качества поверхностного слоя, обеспечиваемым токарем, является шероховатость обрабатываемой поверхности. В технологических картах шероховатость может быть обозначена одним из двух показателей.

*Среднее арифметическое отклонение профиля Ra* – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i,$$

где  $y_i$  – текущая величина профиля шероховатости;  $n$  – число выбранных точек профиля на базовой длине.

*Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz* – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубины пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 h_i + \sum_{i=1}^5 b_i}{5},$$

где  $h_i$  – высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;  $b_i$  – глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля.

Шероховатость зависит от режима резания, состояния инструмента, станка, приспособления и других параметров процесса резания. Для каждого вида обработки существуют нормативы достижимых значений точности и шероховатости обработанных поверхностей.

### 1.3. ВИДЫ И ВЕЛИЧИНЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Погрешности обработки возникают в результате: геометрической неточности станка, приспособлений, мерного инструмента; неправильного базирования и закрепления заготовок при обработке; деформаций системы станок–приспособление–инструмент–заготовка (СПИЗ) под действием сил резания, массы деталей и инерционных нагрузок; неточности установки и регулирования инструмента, а также его изнашивания в процессе обработки; тепловых деформаций элементов системы СПИЗ.

Погрешности формы деталей, зависящие от точности токарных станков, указаны в табл. 1.1.

#### 1.1. Допускаемые погрешности формы деталей после чистовой токарной обработки

Тип токарных станков	Наибольший диаметр детали, мм	Погрешность, мкм, в сечении		Отклонение торцов от плоскостности (в сторону вогнутости), мкм*
		продольном*	поперечном	
Общего назначения	400	10/100	10	15/200
	800	30/100	15	20/300
	1000	40/300	20	25/400
	3200	50/300	30	30/500
	6300	60/300	40	70/900
Повышенной точности	500	10/300	5	10/200

\* В числителе даны значения отклонения, в знаменателе – базовая длина, мм, на которой определяется погрешность.

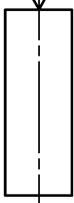
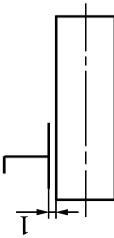
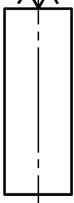
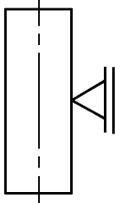
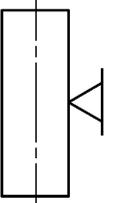
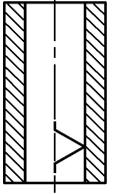
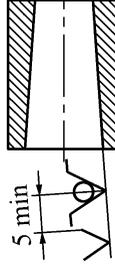
Погрешности установки заготовок на станках зависят от типа приспособления, методов закрепления и выверки заготовок. В зависимости от соотношения длины  $L$  и диаметра  $D$  заготовок применяются следующие методы их закрепления: в патроне при  $L/D < 1,5$ ; в центрах без люнета –  $L/D < 12$ ; в патроне с неподвижным люнетом (нежесткие ступенчатые и особо тяжелые заготовки) –  $L/D > 12$ ; в центрах с подвижным люнетом (нежесткие гладкие заготовки, обрабатываемые на станках с высотой центров менее 500 мм) –  $L/D > 12$ .

В табл. 1.2 показаны типичные примеры закрепления заготовок при токарной обработке и условные обозначения опор, зажимов и установочных устройств.

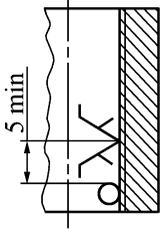
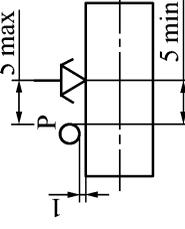
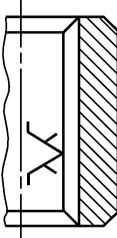
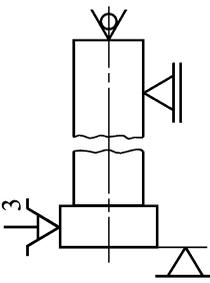
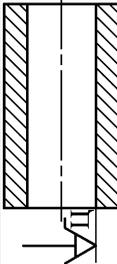
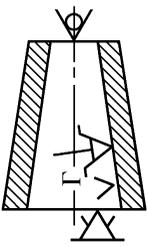
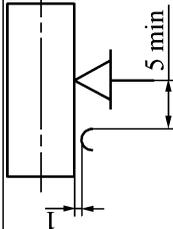
Погрешности при установке заготовок в различных приспособлениях приведены в табл. 1.3 и 1.4.

При установке заготовок в четырехкулачковом патроне требуется обязательная выверка.

### 1.2. Примеры обозначений опор, зажимов и установочных устройств при установке заготовок на токарных станках (ГОСТ 3.1107–81)

Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств	Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств
Центр неподвижный (гладкий)		Патрон поводковый	
Центр рифленный		Люнет подвижный	
Центр плавающий		Люнет неподвижный	
Центр вращающийся		Оправка цилиндрическая	
Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью		Оправка коническая, роликовая	

Окончание табл. 1.2

Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств	Наименование	Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств
Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой		Зажим пневматический с цилиндрической рифленой рабочей поверхностью	
Оправка шлицевая		В трехручавком патроне с механическим устройством зажима, упором в торец, поджимом вращающимся центром и креплением в подвижном люнете	
Оправка цанговая		На конической оправке с гидропластовым устройством зажима*, упором в торец на рифленую поверхность и поджимом вращающимся центром	
Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью			

\* Кроме гидропластмассовых зажимов Г применяются пневматические – Р, гидравлические – Н, электрические – Е, магнитные – М и электромагнитные – ЕМ механизированные зажимы; Ц – цанговые.

### 1.3. Погрешности установки заготовок на оправках без выверки при ручном закреплении

Тип оправок	Квалитет точности базовой поверхности заготовки	Погрешности, мкм, в направлении	
		радиальном	осевом
Цилиндрические с гайками	9 – 11	В пределах допуска зазора	10
Цанговые диаметром, мм, до:	7; 8		
50		10...35	20
200		20...60	50
С упругими втулками при длине:	7; 8		
$\leq 1,5D$		3...10	–
$> 3,0D$		10...20	
Конусные при отверстиях $\leq 1,5D$	7	30	Зависит от размеров оправок
С упругими гофрированными элементами	6; 7	2...5	–

### 1.4. Погрешности установки заготовок в трехкулачковых патронах без выверки

Вид заготовки	Максимальное смещение заготовки, мкм, при диаметрах, мм, установочной поверхности			
	50	120	260	500
Шлифованная	20/10	30/15	40/25	50/30
Предварительно обработанная	50/30	80/50	100/80	120/100
Отливка по выплавляемым моделям или в оболочковую форму	100/50	150/80	200/100	250/120
Отливка в постоянную форму или штампованная заготовка	200/80	300/100	400/120	500/150

Примечание. В числителе даны значения смещений в радиальном направлении, в знаменателе – в осевом.

В случае проверки иглой рейсмаса по необработанной поверхности погрешности установки составляют 1...3 мм, по грубообработанной поверхности – 0,5...2,0 мм. При проверке индикатором по предварительно обработанной поверхности погрешности составляют 0,02...0,08 мм.

Погрешности установки резца при наладке на размер в радиальном направлении приведены в табл. 1.5.

### 1.5. Погрешность установки резца $\Delta$ при наладке на размер в радиальном направлении

Метод установки	$\Delta$ , мкм
По лимбу с ценой деления, мм:	
0,01	10
0,02	15
0,03	20
0,05	30
0,1	40
По индикаторному упору с ценой деления прибора, мм:	
0,001	1...2
0,01	10...15
0,002	3...5
По жесткому упору	20...50
По эталону:	
при контроле положения резца с помощью металлического щупа	7...10
при контроле положения резца с помощью бумажного щупа	10...20
при закреплённом резце путем подвода суппорта поперечной подачи	20...30
при касании эталона резцом и последующем его закреплении	100...130
Вне станка:	
с помощью блока с резцами	10...50
с помощью индикатора или миниметра	20...30
Поворотом многогранной режущей пластины	25

Примечания: 1. Погрешность установки эталона не должна превышать 10...20 мкм.

2. Для диаметральных размеров учитывают удвоенную погрешность  $2\Delta$ .

Основные виды погрешностей формы при токарной обработке:

– конусообразность при обработке в центрах и патроне в случае несовпадения осей передней и задней бабок, отклонения от параллельности осей шпинделя и направляющих станины, а также вследствие изнашивания вершины резца при обработке длинных валов;

**1.6. Значения параметров точности и качества поверхностей при различных видах обработки**

Вид обработки	Параметр шероховатости поверхности $Ra$	Глубина дефектного поверхностного слоя мкм	Квалитет точности обработки	Допуск формы, мкм, при номинальных диаметрах поверхностей, мм				
				До 6	Св. 6 до 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260

**Обработка наружных поверхностей**

Точение: черновое	10...40	60...120	14; 13	30	40	60	80	100	120
	2,5...20	20...50	13	20	30	40	50	60	80
получистовое	1,25...10	20...30	10	8	12	16	20	25	30
	0,32...1,25	5...10	9	5	8	10	12	16	20
тонкое, алмазное	0,04...0,63	—	8; 7	3	5	6	8	10	12
	0,04...0,63	—	9	5	8	10	12	16	20
Обкатывание	0,04...0,63	—	8; 7	3	5	6	8	10	12
	0,04...0,63	—	6	2	3	4	5	6	8

**Обработка внутренних поверхностей**

Сверление и растачивание	2,5...20	25...70	—	30	40	50	—	—	—
	5,0...20	30...50	—	20	24	—	—	—	—
Зенкерование: черновое	2,5...10	25...40	—	30	40	50	—	—	—
	5,0...20	30...50	—	20	25	30	—	—	—
чистовое	2,5...10	25...40	—	12	16	20	—	—	—
	5,0...20	30...50	—	11	12	16	—	—	—

Окончание табл. 1.6

Вид обработки	Параметр шероховатости поверхности $Ra$	Глубина дефектного поверхностного слоя		Квалитет точности обработки	Допуск формы, мкм, при номинальных диаметрах поверхностей, мм					
		мкм			До 6	Св. 6 до 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500
Развертывание: однократное точное тонкое	1,25...2,5	15...25		11 10	8 5	12 8	16 10	20 12	25 16	30 20
	0,63...1,25	10		9; 8	3	5	6	8	10	12
	0,32...0,63	5		7; 6	2	3	4	5	6	8
Растачивание: черновое чистовое	5,0...20	30...50		12 11	— 8	20 12	25 16	30 20	40 25	50 30
	1,25...5,0	15...25		10; 9	5	8	10	12	16	20
	0,16...1,25	4...10		8 6	3 3	5 3	6 4	8 5	10 6	12 8
Припирка, хонингование	0,02...0,25	3...5		6	2 1,2	3 2	4 2,5	5 3	6 4	8 5
	0,04...0,63	—		10; 9 8; 7 6	5 3 2	8 5 3	10 6 4	12 8 5	16 10 6	20 12 8

Примечания: 1. Данные табл. 1.6 соответствуют обработке деталей из стали. При обработке деталей из чугуна и цветных металлов допуски можно получить на один квалитет точнее.

2. Допуски, указанные в таблице, действительны при  $L/D < 2$ ; при  $L/D = 2 \dots 10$  погрешности обработки увеличатся в 1,2...2 раза.

- бочкообразность – утолщение в середине обработанной заготовки при обработке в центрах нежесткого вала ( $L/D > 12$ ) без люнета;
- седлообразность – уменьшение диаметра в середине вала при нежестких переднем и заднем центрах или бабках;
- овальность и огранка наружных и внутренних поверхностей вследствие биения шпинделя и неравномерного изнашивания его шеек;
- неправильность формы отверстий тонкостенных втулок и колес после их растачивания в патроне (лепестковая форма) за счет пережима кулачков при установке обработанной заготовки.

Качество обработанной поверхности характеризуется ее шероховатостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя (внутренним напряжением, наклепом, глубиной обезуглероженного слоя и др.).

Погрешности обработки и шероховатость поверхности в зависимости от вида обработки приведены в табл. 1.6.

Точность, получаемая после черновой обработки, существенно зависит от точности исходной заготовки. Точность, характерная для чистовой обработки, зависит от предшествующей обработки. Как правило, черновая обработка повышает точность на один–три качества, а чистовая – на один или два качества. Следует учитывать, что на деталях, изготовленных из чугуна и сплавов цветных металлов, точность обработки при прочих равных условиях оказывается выше примерно на один класс, чем на деталях из стали.

#### **1.4. ЗАГОТОВКИ И ПРИПУСКИ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ**

Повышение эффективности производства требует применения таких заготовок, которые по своей форме и размерам максимально приближаются к готовым деталям.

На токарную обработку поступают заготовки для валов в виде проката обычной и повышенной точности, отливки, а также кованные и штампованные заготовки. Для изготовления втулок, дисков и рычагов применяются заготовки из проката, штампованные и отливки, для корпусных и коробчатых деталей – отливки и штампованные заготовки.

Припуск на обработку определяется исходя из размера готовой детали путем прибавления суммы припусков и допусков на промежуточные операции.

Величина припуска на каждую операцию устанавливается с учетом размера детали, погрешности формы, глубины дефектного слоя и величины шероховатости после предыдущей обработки.

Точность размеров и качество поверхности заготовок зависят от метода их изготовления и требуемой точности готовой детали. Для изготовления из проката (ГОСТ 2590–88) устанавливают три группы точности: высокую, повышенную и обычную. Для отливок из черных и цветных металлов и сплавов ГОСТ 26645–85 (в ред. 1990 г.) устанавливает 22 класса точности размеров и 11 классов допусков формы и взаимного расположения поверхностей.

Припуски на стальные заготовки, получаемые ковкой на прессах, регламентированы ГОСТ 7062–90, ковкой на молотах – ГОСТ 7829–70 (в ред. 1988 г.), на стальные штампованные заготовки массой до 250 кг – ГОСТ 7505–89.

Поковки из цветных металлов и сплавов, изготавливаемые на молотах и прессах, в зависимости от требуемого параметра шероховатости поверхности (до  $Ra = 0,32 \dots 0,63$  мкм после обработки) должны иметь припуск на одну сторону 1,5...2,5 мм при габаритных размерах до 250 мм и 2...3 мм при габаритных размерах до 500 мм.

Промежуточные припуски и допуски на черновое и чистовое точение приведены в табл. 1.7.

Припуски для снятия науглероживаемого слоя с поверхностей, не подлежащих закалке:

Глубина науглероживаемого слоя, мм . . . . .	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8
Припуск на диаметр, мм . . . . .	2,0	2,6	3,0	4,0	5,0

Припуски для обработки торцов валов представлены в табл. 1.8.

### 1.7. Промежуточные припуски и допуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей при черновом и чистовом точении, мм

Диаметр вала, мм	Припуск на диаметр при расчетной длине, мм					Допуск на диаметр
	100	250	400	630	1000	
До 6	2,5/1,0	3,0/1,1	3,5/1,1	—	—	-0,30/-0,08
Св. 6 до 10	3,0/1,2	3,5/1,5	3,5/1,5	3,5/1,5	4,0/2,0	-0,36/-0,10
» 10 » 18	3,0/1,2	3,5/1,5	3,5/1,5	4,0/1,5	-/2,0	-0,43/-0,12
» 18 » 30	3,5/1,5	3,5/1,5	3,5/1,5	4,0/2,0	5,0/2,0	-0,52/-0,14
» 30 » 50	4,0/1,5	4,5/1,5	4,5/2,0	5,0/2,0	5,5/2,5	-0,62/-0,17
» 50 » 80	4,0/2,0	4,5/2,0	4,5/2,0	5,5/2,5	5,5/2,5	-0,74/-0,20
» 80 » 120	5,5/2,0	6,0/2,0	7,0/2,0	7,5/2,5	8,5/2,5	-0,87/-0,23
» 120 » 200	6,0/2,0	7,0/2,5	7,5/2,5	8,0/3,0	9,0/3,0	-/-0,87

Примечания: 1. В числителе даны значения при черновом точении, в знаменателе – при чистовом.

2. При обработке заготовки с уступами припуск выбирают по отношению к общей ее длине.

3. Припуски на чистовое точение даны для случая, когда заготовка подвергается черновому точению.

### 1.8. Припуски на чистовое подрезание торцов и уступов, мм

Диаметр заготовки, мм	Общая длина заготовки, мм					
	До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500
До 30	0,4	0,5	—	—	—	—
Св. 30 до 50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
» 50 » 120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
» 120 » 200	0,7...0,8	0,8...0,9	1,0	1,0...1,2	1,2...1,4	1,4...1,5

Примечание. При обработке валов с уступами припуск брать на каждый уступ отдельно, исходя из его диаметра и общей длины заготовки.

Промежуточные припуски и допуски при обработке внутренних цилиндрических поверхностей приведены в табл. 1.9–1.11.

### 1.9. Припуски и допуски на диаметр при чистовом растачивании отверстий, мм

Диаметр отверстия, мм	Припуск при длине отверстия, мм							Допуск
	25	63	100	160	250	400	630	
До 10	1,0	1,1	1,0	–	–	–	–	+0,20
Св. 10 до 18	1,2	1,3	1,3	–	–	–	–	+0,24
» 18 » 30	1,3	1,3	1,4	1,4	–	–	–	+0,28
» 30 » 50	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	–	–	+0,34
» 50 » 80	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	–	+0,40
» 80 » 120	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	2,3	+0,46
» 120 » 180	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,5	+0,53
» 180 » 260	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	+0,60
» 260 » 300	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,9	+0,68
» 300 » 500	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	3,0	3,2	+0,76

### 1.10. Припуски и допуски на диаметр под шлифование отверстий, мм

Диаметр отверстия, мм	Припуск при длине отверстия, мм					Допуск
	50	100	200	300	500	
До 10	0,2/0,3	–	–	–	–	+0,10
Св. 10 до 18	0,3/0,3	0,3/0,4	–	–	–	+0,12
» 18 » 30	0,3/0,4	0,4/0,4	0,4/0,4	–	–	+0,14
» 30 » 50	0,4/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	0,4/0,5	–	+0,17
» 50 » 80	0,4/0,4	0,4/0,5	0,4/0,5	0,4/0,5	–	+0,20
» 80 » 120	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,6	0,5/0,6	0,6/0,7	+0,23
» 120 » 180	0,6/0,6	0,6/0,6	0,6/0,6	0,6/0,6	0,6/0,7	+0,26
» 180 » 260	0,6/0,7	0,6/0,7	0,7/0,7	0,7/0,7	0,7/0,8	+0,30
» 260 » 300	0,7/0,7	0,7/0,8	0,7/0,8	0,8/0,8	0,8/0,9	+0,34
» 300 » 500	0,8/0,8	0,8/0,8	0,8/0,8	0,8/0,8	0,8/0,9	+0,38

Примечание. В числителе даны значения для незакаленных заготовок, в знаменателе – для закаленных.

**1.11. Припуски и допуски на тонкое (алмазное) растачивание отверстий, мм**

Диаметр отверстия, мм	Припуск для обработки				Допуск на черновую обработку по 8-му и 9-му квалитетам точности
	легких сплавов	баббитов	бронзы и чугуна	стали	
До 30	0,2/0,1	0,3/0,1	0,2/0,1	0,2/0,1	+0,04
31...50	0,3/0,1	0,4/0,1	0,3/0,1	0,2/0,1	+0,05
51...120	0,4/0,1	0,5/0,1	0,3/0,1	0,2/0,1	+0,07
121...260	0,5/0,1	0,6/0,2	0,4/0,1	0,3/0,1	+0,09
261...500	0,5/0,1	0,6/0,2	0,4/0,1	0,3/0,1	+0,12
501...800	–	–	0,5/0,2	0,4/0,1	+0,15
801...1000	–	–	0,6/0,2	0,5/0,2	+0,17

Примечания: 1. При однопереходном растачивании припуск определяют как сумму припусков на получистовое и чистовое растачивание.

2. В числителе даны значения припуска для получистовой обработки, в знаменателе – для чистовой.

Допуски и припуски на отливки из черных и цветных металлов и сплавов регламентированы ГОСТ 26645–85 (в ред. 1990 г.).

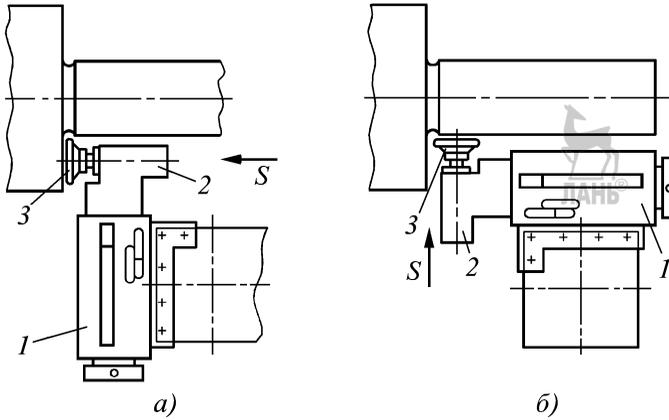
Поступающие на токарную обработку заготовки должны контролироваться по чертежу на заготовку и общим техническим условиям на прокат и отливки, в которых указаны требования к качеству поверхности.

Крупные поковки и отливки для особо ответственных деталей (валов турбин, блоков цилиндров высокого давления) принимаются по специальным техническим условиям. Они предусматривают рентгеноструктурный, магнитный, металлографический и химический анализы и проверку механической прочности образцов, отрезаемых от поковок или отливаемых вместе с основной заготовкой.

### **1.5. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДАМИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

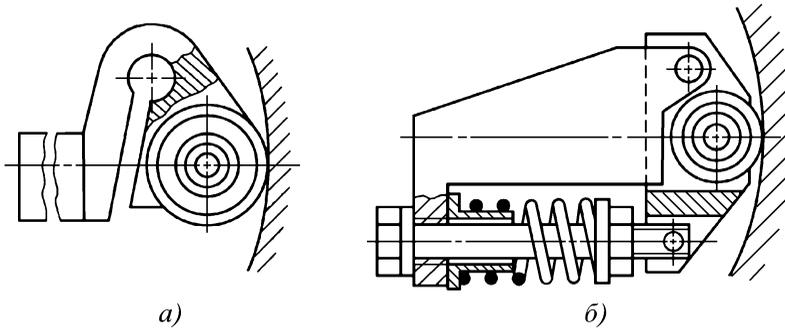
В целях повышения износостойкости и снижения шероховатости поверхности деталей производятся операции обкатывания и раскатывания, динамического наклепа шариками и выглаживания поверхности алмазом.

**Обкатывание и раскатывание.** Операции выполняются на токарных станках с высотой центров от 200 мм и выше одно- и многорезцовыми и шариковыми приспособлениями, закрепленными в суппорте станка (рис. 1.5–1.7). В некоторых случаях производят одновременную обработку резцом и обкатывание шариком, расположенным в державке с противоположной от резца стороны заготовки.



**Рис. 1.5. Схемы обкатывания поверхностей на токарных станках посредством однороликовых приспособлений:**

*a* – цилиндрической поверхности; *б* – торцовой поверхности; *1* – корпус приспособления; *2* – роликовая головка; *3* – ролики



**Рис. 1.6. Однороликовые раскатки:**

*a* – с пружинящим корпусом; *б* – с нажимной пружиной

Прижим роликов и шариков к обрабатываемой поверхности осуществляется с помощью тарированных пружин. Обработке подвергаются цилиндрические наружные и внутренние поверхности, канавки, переходные и фасонные поверхности 7–11-го квалитетов точности.

В процессе обработки происходит пластическая деформация микронеровностей, создаются сжимающие напряжения в поверхностном слое и на 25...40 % повышается микротвердость поверхности детали. Параметр шероховатости поверхности улучшается до  $Ra = 0,16...0,63$  мкм, а точность размеров повышается на 10...20 %.

Основными факторами, определяющими результаты обкатывания, являются рабочая сила прижима ролика, подача и исходная шероховатость поверхности.

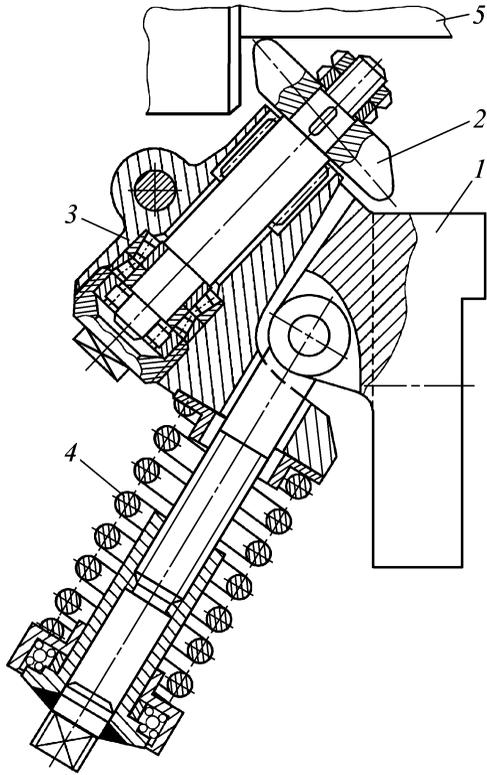
Величины изменения диаметра обрабатываемой поверхности детали при обкатывании и раскатывании в зависимости от предварительной обработки и шероховатости поверхности приведены в табл. 1.12.

Ориентировочно припуск под обработку методом пластической деформации может быть определен по формуле:

$$2\Delta = K(Rz' - Rz''),$$

где  $2\Delta$  – припуск на диаметр;  $Rz'$ ,  $Rz''$  – параметр шероховатости поверхности до и после обработки, мкм;  $K$  – коэффициент, равный 1,1...1,5 и зависящий от твердости металла; для цветных и легких металлов и сплавов принимают большие значения коэффициента, для закаленных сталей (57...63 HRC) – меньшие его значения.

Параметры режимов обработки, обеспечивающие получение заданной шероховатости, указаны в табл. 1.13.



**Рис. 1.7. Однороликовое приспособление для обкатывания переходных поверхностей:**

1 – корпус приспособления, устанавливаемого в резцедержателе; 2 – ролик; 3 – роликовая головка; 4 – натяжная пружина; 5 – заготовка

**1.12. Изменения диаметров деталей при обкатывании и раскатывании**

Способ предварительной обработки	Исходный параметр шероховатости, мкм	Величина изменения диаметра, мм
Точение	$Rz\ 20...40$	0,03...0,06
	$Rz\ 10...20$	0,02...0,04
	$Ra\ 1,25...2,5$	0,01...0,02
Точение резцом с широкой кромкой	$Rz\ 10...20$	0,01...0,02
	$Ra\ 1,25...2,5$	До 0,01

### 1.13. Значение подачи в зависимости от радиуса профиля роликов или шариков и исходного параметра шероховатости поверхности

Радиус профиля роликов, мм	Подача $S_0$ , мм/об, для получения параметра шероховатости $R_a$ , мкм						
	0,63...1,25		0,32...0,63		0,16...0,32		
	Исходный параметр шероховатости поверхности, мкм						
	$R_z$ 40*	$R_z$ 20	$R_a$ 2,25	$R_z$ 20	$R_a$ 2,5	$R_a$ 2,5	$R_a$ 1,25
5	0,07	0,15	0,30	0,07	0,15	0,07	0,15
6,3	0,09	0,18	0,36	0,09	0,18	0,09	0,17
8	0,12	0,23	0,46	0,12	0,23	0,12	0,19
10	0,15	0,29	0,56	0,15	0,29	0,15	0,21
12,5	0,18	0,37	0,64	0,18	0,34	0,18	0,24
16	0,23	0,47	0,72	0,23	0,39	0,23	0,27
20	0,29	0,58	0,80	0,29	0,42	0,29	0,30
25	0,37	0,83	0,88	0,37	0,48	0,35	0,35
32	0,47	0,94	1,00	0,47	0,54	0,39	0,39
40	0,58	1,12	1,12	0,58	0,60	0,43	0,43
50	0,74	1,24	1,24	0,66	0,66	0,48	0,48
63	0,92	1,40	1,40	0,72	0,72	0,54	0,54
80	1,17	1,60	1,60	0,84	0,84	0,60	0,60
100	1,45	1,80	1,80	0,96	0,96	0,66	0,66
125	1,80	2,00	2,0	1,05	1,05	0,75	0,75
160	2,25	2,25	2,25	1,23	1,23	0,85	0,85
200	2,55	2,55	2,55	1,35	1,35	0,95	0,95

\* При  $R_z = 40$  мкм число продольных рабочих ходов равно 2, для остальных параметров шероховатости – 1.

Силы обкатывания в зависимости от размеров детали и ролика определяются по номограмме (рис. 1.8). Стрелки показывают последовательность определения приведенной силы  $P$  для вала диаметром 250 мм и отверстия диаметром 100 мм при диаметрах роликов соответственно 100 и 50 мм и радиусах их профиля 50 и 20 мм.

Полученные значения силы  $P$  (10 000 и 4000 Н) должны быть умножены на коэффициент  $K$ , зависящий от твердости обрабатываемого материала:

$$K = 0,01\text{HB} - 0,4.$$

Примеры режимов обкатывания вагонных осей и раскатывания многороликовыми раскатками отверстий в чугунных деталях приведены в табл. 1.14 и 1.15. Чугунные детали обрабатываются без смазки; при обработке стальных деталей в качестве смазки применяются 5%-ная эмульсия, сульфифрезол, смесь машинного масла с керосином (каждого по 50 %).



### 1.14. Параметры режимов обкатывания вагонных осей

Размеры роликов, мм		Сила $P$ , действующая на ролик, Н, при диаметре детали, мм						
$D_p$	$R_{пр.у}$	69	80	129	159	194	239	284
110	9	6000	8000	10 000	14 000	16 000	–	–
110	15	7000	9000	12 000	16 000	–	–	–
130	12	–	–	–	17 000	19 000	22 000	24 000
130	15	–	–	–	–	20 000	23 000	25 000
150	19	–	–	–	22 000	24 000	26 000	28 000

Примечания: 1. Обработку проводят двумя роликами – упрочняющим и сглаживающим  $R_{пр.с} = 50$  мм, диаметры  $D_p$  которых одинаковы.

2. Обкатывание проводят за один переход при подаче  $S_o = 0,2...0,6$  мм/об и скорости  $v = 75...125$  м/мин.

### 1.15. Параметры режимов обработки отверстий в чугунных деталях многороликовыми раскатками

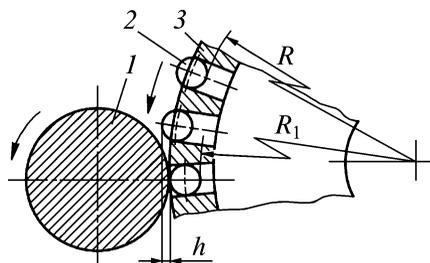
Параметр	Структура материала		
	Феррит	Феррит + перлит	Перлит
Диаметр ролика $D_p$ , мм	12...14	10...12	8...10
Профильный радиус $R_{пр}$ , мм	3...3,5	3...3,5	3,3...5
Параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм:			
исходной	1,25...5	1,25...5	1,25...5
после обработки	0,08...0,25	0,25...0,63	0,32...1,25
Наибольшая радиальная сила раскатывания $P$ , Н	350...400	650...700	1400...1500
Осевая подача $S_o$ , мм/об	0,25...0,55	0,15...0,35	0,10...0,15

Примечание. Превышение указанных значений силы  $P$  может привести к шелушению (перенаклепу) обрабатываемой поверхности.

**Наклепывание шариками.** На рис. 1.9 показана схема процесса центробежно-ударного наклепа. Шарiki или ролики могут перемещаться в пазах вращающегося сепаратора. Интенсивность обработки определяется величиной натяга  $h$ . Режимы центробежно-ударной обработки поверхностей шариками приведены в табл. 1.16.

**Рис. 1.9. Схема процесса наклепа шариками:**

1 – заготовка; 2 – шарик;  
3 – диск (сепаратор)



**1.16. Режимы центробежно-ударной обработки поверхностей шариками**

Обрабатываемый материал	Окружная скорость, м/с		Подача $S_0$ , мм/об	Натяг $h$ , мм	Число переходов	Повышение микротвердости, %
	сепаратора	детали				
Сталь	15...40	0,5...1,5	0,04...0,16	0,10...0,25	2; 3	15...55
Чугун	15...20	0,5...1,0	0,08...0,10	0,10...0,20	2	30...60
Бронза, латунь	8...15	0,5...1,0	0,02...0,20	0,05...0,10	1; 2	25...45
Дюралюминий	9...13	0,1...0,5	0,02...0,15	0,01...0,15	1; 2	25...35

В результате пластической деформации микронеровностей параметр шероховатости поверхности улучшается до  $Ra = 0,08...0,63$  мкм (при исходном  $Ra = 0,63...5$  мкм); микротвердость поверхности увеличивается на 20...30 % при глубине наклепа 0,3...3 мм; остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое достигают 400...800 Н/мм<sup>2</sup>.

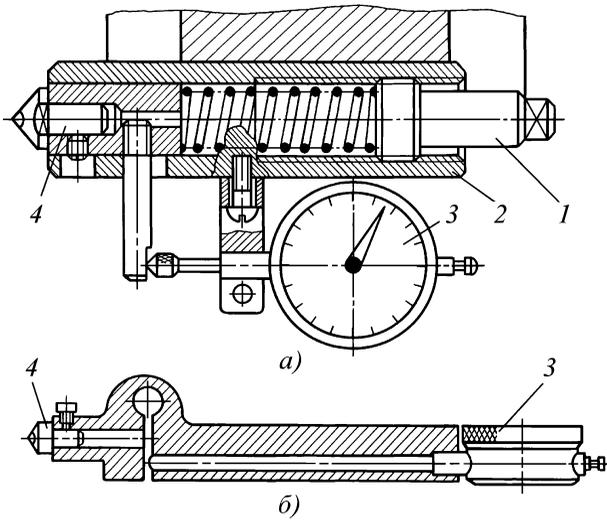
Размеры наклепываемых поверхностей детали изменяются в пределах 1...5 мкм и обычно не выходят за границы допуска 6–8-го квалитетов, по которому должны обрабатываться детали перед шариковым наклепом.

Шариковый наклеп применяется для стальных и чугунных деталей с твердостью до 59...62 HRC, а также деталей из цветных металлов и сплавов.

При обработке необходимо обеспечить постоянную величину натяга и биения шариков, прижатых к сепаратору, а также биение и погрешность формы обрабатываемой детали не более 0,03...0,04 мм.

**Алмазное выглаживание.** Метод применяется для упрочнения и снижения шероховатости гладких поверхностей деталей из стали и цветных металлов, обработанных шлифованием или тонким точением по 7-му или 8-му квалитетам точности.

Выглаживание производится алмазным наконечником, закрепляемым в специальных державках с тарировочными устройствами (рис. 1.10).



**Рис. 1.10. Державки для выглаживания поверхностей:**  
*а* – с цилиндрической пружиной;  
*б* – с пружинным корпусом;  
 1 – регулировочный винт;  
 2 – корпус; 3 – индикатор;  
 4 – наконечник с алмазом

Рекомендуемые режимы алмазного выглаживания приведены в табл. 1.17. Сила выглаживания не должна превышать 300 Н. Наиболее высокая износостойкость алмаза достигается при силе 250...300 Н. Допускаемый износ алмаза определяется величиной площадки износа диаметром 0,3...0,5 мм, что соответствует расстоянию, пройденному инструментом 50...100 км. Для снижения величины износа алмаза следует применять смазку.

### 1.17. Режимы алмазного выглаживания

Материал	Радиус алмазного наконечника, мм	Сила, Н	Подача, мм/об	Параметр шероховатости $Ra^*$ , мкм	Повышение твердости, %
Сталь ХВГ, закаленная (52...62 HRC)	1...1,3	120...180	0,02...0,05	1,25 / 0,16...0,25	20...35
				0,63 / 0,08...0,16	
				0,25 / 0,04...0,08	
Сталь 35ХН1М, незакаленная (180...350 НВ)	2,5...3,5	120...250	0,03...0,08	1,25 / 0,08...0,16	10...20
				0,63 / 0,04...0,08	
				0,25 / 0,02...0,04	
Сплавы алюминиевые (140...180 НВ)	3...3,5	80...150	0,04...0,10	1,25 / 0,08...0,16	8...14
				0,63 / 0,04...0,08	
				0,25 / 0,02...0,04	

Окончание табл. 1.17

Материал	Радиус алмазного наконечника, мм	Сила, Н	Подача, мм/об	Параметр шероховатости $Ra^*$ , мкм	Повышение твердости, %
Бронзы, латуни (100...190 НВ)	3...3,5	100...200	0,04...0,10	5,0 / 0,16...0,25	15...20
				2,5 / 0,02...0,16	
				1,25 / 0,02...0,04	

\* В числителе приведены значения  $Ra$  до обработки, в знаменателе – после нее.

Примечание. Окружная скорость деталей составляет 40...120 м/мин; она может быть повышена до 200 м/мин при обязательном отсутствии вибрации.

ЛАНЬ

Размеры обработанных выглаживанием поверхностей могут изменяться в пределах 1...15 мкм. Во избежание потери точности следует ужесточать допуск предшествующей обработки на 20...30 %.

При правильно подобранных режимах обработки параметр шероховатости поверхности улучшается до  $Ra = 0,02...0,08$  мкм (с  $Ra = 0,1...0,25$  мкм); микротвердость увеличивается на 60 % при глубине наклепа до 400 мкм.

Более подробно о повышении качества поверхностей деталей методом пластического деформирования на токарных станках см. в приложении 1.



## Глава 2

### РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ



#### 2.1. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Диапазон использования инструментального материала определяется соответствием его свойств эксплуатационным, технологическим и экономическим требованиям. Эксплуатационные требования предъявляются: к твердости, прочности (на изгиб, сжатие, ударную вязкость); теплостойкости (к температуре, при которой сохраняются режущие способности инструмента); износостойкости, теплопроводности. Технологические требования предъявляются к обрабатываемости материала резанием, его шлифуемости, способности пластически деформироваться, подвергаться термообработке, припаиваться, свариваться и т.д. Экономические требования сводятся к минимальной стоимости материала, минимальным затратам на изготовление и переточку инструмента.

Для изготовления режущего инструмента применяют следующие материалы:

- инструментальные стали (углеродистые, легированные, быстрорежущие);
- твердые сплавы (одно-, двух- и трехкарбидные, безвольфрамовые);
- минералокерамику;
- алмазы и сверхтвердые материалы;
- абразивные материалы.

**Инструментальные углеродистые стали.** Инструментальные углеродистые стали содержат 0,6...1,4 % углерода. Эти стали имеют низкую твердость в отожженном состоянии (187...207 НВ), что обеспечивает хорошую обрабатываемость резанием и высокую твердость после термической обработки (58...65 HRC) (табл. 2.1). Однако твердость в зоне резания при температуре 200...250 °С резко падает, что является существенным недостатком.

Предусмотрен выпуск двух групп инструментальных углеродистых сталей (по ГОСТ 1435–99): качественные стали (У7, У8, У8Г, У9, У10 и У12) и высококачественные стали (У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А и У12А).

Из-за отсутствия в стали легирующих химических элементов инструментальные углеродистые стали хорошо шлифуются и подвергаются доводке.

Недостатком углеродистых сталей является их низкая прокаливаемость. Поэтому необходимо проводить их закалку с охлаждением в воде, что увеличивает напряжения и деформации в закаленном инструменте и способствует образованию трещин при термообработке. В процессе резания при высоких температурах в зоне обработки в результате структурных превращений твердость углеродистых сталей резко снижается. Поэтому лезвия инструментов быстро изнашиваются. Это ограничивает применение углеродистых сталей при изготовлении высокопроизводительного инструмента.



## 2.1. Свойства и область применения некоторых инструментальных углеродистых сталей

Сталь	Твердость в отожженном состоянии, НВ, не более	Температура отпуска, °С	Твердость после закалки и отпуска, HRC, не менее	Область применения
У9, У9А	192	150...160 200...220	63...64 59...60	Дисковые пилы, зубила, ножницы для резки жести, резцы для обработки меди
У10, У10А	212	150...160 200...250	63...64 59...60	Сверла малого диаметра, метчики, развертки, плашки, фрезы малого диаметра, напильники
У12, У12А	217	150...160 200...250	63...64 59...60	Сверла спиральные, ручные, машинные конические и насадные развертки, метчики, плашки, фрезы с затылованным зубом, долбяки, гребенки, протяжки и т.п.

Примечания: 1. В качественной инструментальной стали содержание серы должно быть не более 0,030 %; фосфора – не более 0,035 %.

2. В высококачественной инструментальной углеродистой стали содержание марганца 0,15...0,30 %; серы – не более 0,020 %; фосфора – не более 0,030 %.

3. Температура закалки 760...780 °С; охлаждающая среда – вода, масло.

**Инструментальные легированные стали.** Эти стали (ГОСТ 5950–2000) подразделяются на две группы: неглубокой прокаливаемости, предназначенные в основном для изготовления режущего инструмента (8ХФ, 9ХФ, 11ХФ, 13Х, В2Ф), и глубокой прокаливаемости, от которых требуется высокая твердость при повышенной вязкости, предназначенные для изготовления режущего и измерительного инструмента, деталей штампов и пресс-форм (9Х1, Х, 12Х1, 9ХС, ХГС, ХВГ, 9ХВГ, ХВСГФ, 8Х6НФТ, 9Х5ВФ, 8Х4В2МФС2, Х6ВФ, Х12, Х12ВМФ, Х12Ф1, 7ХГ2ВМФ, 6ХВГ и др.).

Эти стали обладают лучшей закаливаемостью, прокаливаемостью, меньшей чувствительностью к перегреву (табл. 2.2), чем углеродистые стали. В то же время они хорошо обрабатываются резанием и давлением.

## 2.2. Температура закалки и отпуска и область применения инструментальных легированных сталей

Марка стали	Температура закалки, °С, охлаждающая среда	Температура отпуска, °С	Область применения
<b>Стали неглубокой прокаливаемости</b>			
11ХФ	810...830, масло	–	Метчики и другие осевые инструменты диаметром до 30 мм
<b>Стали глубокой прокаливаемости</b>			
Х	830...850, масло	180	Токарные, строгальные и долбежные резцы
9ХС	840...860, масло	–	Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы
ХВГ	820...840, масло	180	Протяжки, длинные метчики, плашки
ХВСГФ	840...860, масло	–	Круглые плашки, развертки



**Конструкционные стали.** Для изготовления режущего и измерительного инструмента, приспособлений и штампов применяют углеродистые стали обыкновенного качества (ГОСТ 380–94), качественные (ГОСТ 1050–88) и конструкционные легированные стали (ГОСТ 4543–71, в ред. 1990 г.). Конструкционная легированная сталь подразделяется на категории: качественную, высококачественную и особовысококачественную. В табл. 2.3 даны рекомендуемые марки конструкционных сталей для изготовления нерабочей части составного режущего инструмента.

## 2.3. Конструкционные стали для нерабочей части составного режущего инструмента

Инструмент	Нерабочая часть	Сталь
Резцы с пластинами из быстрорежущей стали	Державка	Ст6, 45, 40Х
Резцы с пластинами из твердого сплава		40Х, 45Х
Сверла сварные	Хвостовик	45, 60, 65, 45Х
Сверла с пластинами из твердого сплава	Корпус	45Х
Зенкеры сварные	Хвостовик	Ст6, 45, 45Х
Зенкеры с пластинами из твердого сплава	Корпус	40Х
Развертки сварные	Хвостовик	Ст6, 45, 45Х
Развертки насадные	Корпус	45, 50, 40Х
Метчики сварные	Хвостовик	Ст6, 45, 50, 40Х

**Инструментальные быстрорежущие стали.** Красностойкость быстрорежущих сталей достигает 600...650 °С; она зависит в основном от двух факторов – химического состава сталей и режима их термической обработки. Наиболее важными легирующими элементами быстрорежущей стали являются вольфрам (6...18 %) и ванадий (1...5 %). Во все быстрорежущие стали входит хром (3...4,5 %). Некоторые быстрорежущие стали содержат кобальт, который также повышает их красностойкость. Однако с увеличением содержания кобальта и ванадия шлифуемость сталей ухудшается, повышается их чувствительность к обезуглероживанию. Чтобы придать быстрорежущим сталям высокие режущие свойства, их подвергают термической обработке по специальному режиму.

ГОСТ 19265–73 (в ред. 1991 г.) предусматривает 10 марок быстрорежущих сталей, которые условно можно разделить на две группы: не содержащие кобальта и содержащие повышенное количество кобальта и ванадия. Согласно стандарту быстрорежущие стали подразделяются на горячекатаную, кованую, полосовую, калиброванную и сталь со специальной отделкой поверхности (серебрянку). Этот же ГОСТ нормирует твердость, макроструктуру, карбидную неоднородность, глубину обезуглероженного слоя и другие параметры сталей. Химический состав быстрорежущих сталей приведен в табл. 2.4, а их физико-механические свойства – в табл. 2.5.

Быстрорежущие инструменты при резании труднообрабатываемых материалов применяют в тех случаях, когда невозможно использовать инструмент с режущей частью из твердых сплавов, то есть при прерывистом резании и пониженной жесткости системы СПИЗ, при сверлении отверстий малого диаметра и нарезании в них резьбы.

Быстрорежущие стали подразделяются на стали нормальной и повышенной производительности. К первой группе относятся стали P18, P6M3, P6M5, P18Ф2. Они имеют универсальное применение. К сталям повышенной производительности относятся стали P9Ф5, P9K5, P9K10, P10K5Ф5, P14Ф4, P18Ф2K5. Их применяют для обработки специальных сталей, жаропрочных и титановых сплавов, а также других труднообрабатываемых материалов.

Быстрорежущие стали по теплостойкости (красностойкости) можно подразделить на следующие группы:

а) *умеренной (нормальной) теплостойкости* (615...625 °С) с 63...65,5 HRC, используемые для обработки конструкционных сталей: вольфрамовые (P18) и вольфрамомолибденовые (P6M3, P6M5, P8M3);

б) *повышенной теплостойкости* (625...640 °С), к которым относятся стали повышенной производительности, а также новые легированные стали 10P8M3, P12Ф3 (65,5...67 HRC), используемые вместо сталей P9Ф5 и P14Ф4, так как они обладают большей прочностью и пластичностью; сталь P12Ф4K5 (67...68 HRC), используемая вместо сталей P10Ф5K5, P9K5, P9K10 в инструментах для обработки коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов; стали P8M3K6C, P9M4K8Ф и P12M3Ф2K8 с повышенным содержанием углерода (1...1,1 %) и относительно низким содержанием ванадия (1,5...2,2 %), обладающие повышенной теплостойкостью (640...650 °С) и очень высокой твердостью (до 70,5 HRC)

#### 2.4. Химический состав и твердость быстрорежущих сталей (ГОСТ 19265–73)

Марка стали	Массовая доля компонента, %						Твердость в отожженном состоянии, HB, не более	Твердость в закаленном состоянии, HRC, не менее
	C	Cr	W	Mo	V	Co		
P18*	0,73...0,83	3,8...4,4	17,0...18,5	не более 1,0	1,0...1,4	не более 0,5	255	62
P18K5Ф2	0,85...0,95	3,8...4,4	17,0...18,0	не более 1,0	1,8...2,2	4,7...5,2	285	63
P12Ф3	0,95...1,05	3,8...4,3	12,0...13,0	не более 1,0	2,5...3,0	не более 0,5	269	63
P9K5	0,9...1,0	3,8...4,4	9,0...10,0	не более 1,0	2,3...2,7	5,0...6,0	269	63
11P3AM3Ф2	1,02...1,12	3,8...4,4	2,5...3,3	2,5...3,0	2,3...2,7	не более 0,5	255	63
2AM9K5	1,0...1,1	3,8...4,4	1,5...2,0	8,0...9,0	1,7...2,1	4,7...5,2	285	64
P9M4K8	1,0...1,1	3,0...3,6	8,5...9,5	3,8...4,3	2,3...2,7	7,5...8,5	285	64
P6M5	0,82...0,90	3,8...4,4	5,5...6,5	4,8...5,3	1,7...2,1	не более 0,5	255	63
P6M5K5	0,86...0,94	3,8...4,3	5,7...6,7	4,8...5,3	1,7...2,1	4,7...5,2	269	64
P6M5Ф3	0,95...1,05	3,8...4,3	5,7...6,7	4,8...5,3	2,3...2,7	не более 0,5	269	63

\* Характеристики стали P18 приведены для сравнения.

## 2.5. Физико-механические свойства быстрорежущих сталей

Марка стали	$\sigma_{и}^*$ , Н/мм <sup>2</sup>	Красностойкость, °С, не менее	Шлифуемость	Особые свойства
P18**	2600...3000	620	Повышенная	Пониженная склонность к перегреву при закалке
P18K5Ф2	2570...3160	640	Хорошая	»
P12Ф3	3000...3100	630	Пониженная	»
P9K5	2500	630	»	»
11P3AM3Ф2	2800...3000	620	»	Повышенная склонность к перегреву при закалке
P2AM9K5	–	630	»	Повышенная склонность к обезуглероживанию и перегреву при закалке
P9M4K8	2200...2600	630	»	Повышенная склонность к обезуглероживанию
P6M5	3200...3600	620	Хорошая	»
P6M5K5	2600...3000	630	»	»
P6M5Ф3	–	630	»	»

\* В закаленном состоянии.

\*\* Характеристики стали P18 даны для сравнения.

*Условное обозначение.*  $\sigma_{и}$  – предел прочности на изгиб.

и предназначенные для инструментов, обрабатывающих жаропрочные сплавы, и улучшенные конструкционные стали повышенной твердости (36,5...41,5 HRC);

в) *высокой теплостойкости* (700...725 °С): В11M7K23, В3M12K23, В18M7K25, В18M4K25 с малым содержанием углерода (до 0,15 %) и высокой твердостью (68...70 HRC), предназначенные для обработки титановых и жаропрочных сталей и сплавов; 25B20K25XФ, 3B20K16XФ с большим содержанием углерода и  $\sigma_{и} = 2500...2700$  Н/мм<sup>2</sup>.

Области рационального применения быстрорежущих сталей представлены в табл. 2.6, а характеристики сталей повышенной производительности (по сравнению со сталью P18) – в табл. 2.7.

### 2.6. Область рационального применения быстрорежущих сталей

Марка стали	Область применения
P6K5, P6M5K3	Для инструментов, работающих при прерывистых и непрерывных процессах резания, на черновых и чистовых операциях
P9K10, P9M4K8, P9K5Ф5, P12Ф4К5, P8M3K6C, P12Ф2K8M3, P12Ф3K10M3, P6Ф2K8M5, P2Ф2K8M6, P18Ф2K8M	Для инструментов, нагреваемых до высоких температур и работающих на черновых и полусточных операциях при равномерной нагрузке на режущие зубья
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5M, P3M3Ф3Б2	Для инструментов, работающих с малыми глубинами резания и не разогреваемых до высоких температур

### 2.7. Характеристики быстрорежущих сталей повышенной производительности (по сравнению со сталью)

Марка стали	Характеристика
P9K5	Повышенные режущие свойства, вторичная твердость (67 HRC); красностойкость; пониженные механические свойства и шлифуемость, повышенная склонность к обезуглероживанию
P6M5K5	Повышенные режущие свойства, вторичная твердость (67 HRC); более высокие механические свойства по сравнению со всеми сталями повышенной производительности; удовлетворительная шлифуемость; повышенная склонность к обезуглероживанию
P12Ф2K8M3	Повышенные режущие свойства, вторичная твердость (67 HRC); пониженные механические свойства и шлифуемость (но более высокие, чем у стали P9K10); повышенная склонность к обезуглероживанию
P9Ф5, P14Ф4	Повышенные режущие свойства и износостойкость, низкая шлифуемость

**Порошковые быстрорежущие стали.** Порошковые быстрорежущие стали изготавливаются методом прессования порошков, полученных распылением расплавленной стали в среде инертных газов (аргон, азот).

Порошковые быстрорежущие стали хорошо шлифуются и обладают высокими механическими свойствами, технологической пластичностью. Инстру-

мент, изготовленный из таких сталей (в зависимости от вида инструмента и обрабатываемого материала), обладает повышенной стойкостью (в 1,5...2 раза) по сравнению с инструментом, изготовленным из быстрорежущей стали обычного способа выплавки того же состава. Равномерное распределение карбидной фазы в любом сечении проката и хорошая шлифуемость позволили применять порошковые стали для изготовления крупногабаритного режущего инструмента и инструмента сложной формы. Наибольшее распространение получили стали марок Р6М5К5-МП и Р6М5Ф3-МП, поставка которых осуществляется по ГОСТ 28393–89. В состоянии поставки твердость сталей 269 НВ.

**Твердые спеченные сплавы.** Для изготовления режущего инструмента, обладающего повышенными эксплуатационными свойствами и красностойкостью не менее 800...900 °С, широко применяют пластины из твердых спеченных сплавов (ГОСТ 3882–74, в ред. 1991 г.). Они состоят из порошков карбидов вольфрама – основа (66...97 %) и металлического кобальта (3...25 %). В зависимости от марки сплава в него добавляют компоненты: карбид титана (3...30 %) и карбид тантала (2...12 %).

Физико-механические свойства твердых сплавов представлены в табл. 2.8.

### 2.8. Физико-механические свойства твердых спеченных сплавов

Марка сплава	$\sigma_{\text{н}}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Твердость HRA, не менее	$\rho$ , г/м <sup>3</sup>
ВК3	1176	89,5	–
ВК3-М	1176	91,0	15,0...15,3
ВК6	1519	88,5	14,6...15,0
ВК6-М	1421	90,0	15,0...15,3
ВК6-ОМ	1274	90,5	14,7...15,0
ВК8	1666	88,0	14,5...14,8
ВК8-В	1813	86,5	14,4...14,8
ВК10-КС	1862	85,0	14,2...14,6
ВК10-ХОМ	1500	89,0	14,3...14,7
ВК15	862	86,0	13,9...14,4
Т30К4	980	92,0	9,5...9,8
Т15К6	1176	90,0	11,1...11,6
Т14К8	1274	89,5	11,2...11,6
Т5К10	1421	88,5	12,5...13,1
ТТ7К12	1666	87,0	13,0...13,3
ТТ8К6	1323	90,5	12,8...13,3
ТТ10К8Б	1617	89,0	13,5...13,8
ТТ20К9	1470	91,0	12,0...12,5
Т8К7	1519	90,5	12,8...13,1

Твердые спеченные сплавы подразделяются на три группы:

- 1) вольфрамовые (ВК) – на основе карбидов вольфрама;
- 2) титановольфрамовые (ТК) – на основе карбидов вольфрама и титана;
- 3) титанотанталовольфрамовые (ТТК) – на основе карбидов титана, тантала, вольфрама.

Во все твердые сплавы в качестве связующего добавляют кобальт.

Прочность и твердость твердых сплавов зависит от содержания в них кобальта. Чем больше кобальта, тем выше прочность при изгибе, но меньше твердость. Кобальт влияет также на красностойкость сплава: чем больше кобальта, тем ниже красностойкость. Титан способствует повышению красностойкости и износостойкости сплава.

Сплавы вольфрамовой группы при одинаковом химическом составе отличаются размерами зерен карбидных составляющих, что определяет различие их физико-механических свойств и областей применения:

а) особомелкозернистые – размер не менее 70 % зерен карбидной фазы в их структуре не превышает 1 мкм, их обозначают буквами ОМ в конце марки сплава (ВК6-ОМ);

б) мелкозернистые – размер не менее 50 % зерен карбидной фазы в их структуре не превышает 1 мкм; для обозначения мелкозернистой структуры в конце марки сплава ставится буква М (ВК6-М);

в) среднезернистые – с карбидными зёрнами 1...2 мкм;

г) крупнозернистые – с карбидными зёрнами 2...5 мкм; их обозначают в конце марки сплава буквой В (ВК8-В).

Крупнозернистые сплавы имеют невысокие износостойкость и теплостойкость, но высокую прочность. Они хорошо сопротивляются ударам и циклическим нагрузкам. Поэтому их целесообразно применять при черновом точении труднообрабатываемых материалов при наличии на поверхности раковин, трещин, корки и неравномерного припуска. Сплавы мелкозернистой и особомелкозернистой структуры с повышенным содержанием кобальта (ВК10-ХОМ) в основном применяют для изготовления мелкозернистого инструмента (сверл, метчиков). Они имеют бóльшую износостойкость (по сравнению с ВК3-М и ВК6-М), но меньшую эксплуатационную прочность; применяют их для изготовления инструмента, выполняющего получистовые и чистовые операции в условиях повышенных режимов резания.

Основными характеристиками твердых сплавов, определяющих области их эффективного применения, является красностойкость и прочность.

Выбирать марки твердых сплавов, рекомендуемых для лезвийной обработки различных материалов, следует по табл. 2.9.

## 2.9. Рекомендуемые марки твердых сплавов для обработки резанием различных металлов

Вид и режим обработки	Марка твердого сплава при обработке сталей							закаленных
	углеродистых	легированных	инструментальных	коррозионно-стойких	высокопрочных и жаропрочных	высокомарганцовистых		
Точение чистовое: $S_0 = 0,1 \dots 0,3$ мм/об; $t = 0,5 \dots 2,0$ мм	T30K4	T30K4, BK6-OM	BK3-M, BK3	BK6-OM, BK6-M, T15K6	BK6-OM, BK6-M, T15K6	BK6-OM, BK6-M, T15K6	BK6-OM, BK6-M	T30K4, BK3-M
Точение полуци- товое: $S_0 = 0,2 \dots 0,5$ мм/об; $t = 2,0 \dots 4,0$ мм	T15K6, TT10K8B	T15K6, T14K8, TT10K8B	T15K6, T14K8	BK6-M, TT10K8B	BK6-M, T15K6, TT10K8B	BK6-M, T15K6, TT10K8B	BK6-M, TT8K6, TT10K8B	BK3-M, BK6-M, T15K6
Точение черновое: $S_0 = 0,4 \dots 1,0$ мм/об; $t = 4,0 \dots 10,0$ мм	TT4K8, TT10K8B	T14K8, T5K10, TT10K8B	BK6, T14K8	BK6-M, BK8, TT10K8B	BK8, T5K12, TT7K12, TT10K8B	TT10K8B, BK8	–	–
Обдирка: $S_0 > 1$ мм/об; $t = 6 \dots 20$ мм	T5K10, TT7K12	T5K10, TT7K12	BK8, T5K10	BK8, TT7K12	BK8, TT7K12	BK6, BK8, TT7K12	–	–
Отрезка и прорезка канавки	T15K6, T5K10	T15K6, T14K8	T15K6, T14K8	BK6-M, BK8	BK6-M, BK8	BK8	–	–

Продолжение табл. 2.9

Вид и режим обработки	Марка твердого сплава при обработке					
	сплавов			чугунов		
	титановых	жаропрочных	тугоплавких	цветных	серых, 240 НВ	ковких отбеленных высокопрочных, 460...700 НВ
Точение чистовое: $S_0 = 0,1 \dots 0,3$ мм/об; $t = 0,5 \dots 2,0$ мм	ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК6-ОМ, ВК3-М, ВК6-М	ВК6-М, ТТ8К6	ВК6-М, ВК3	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ
Точение полу-чистовое: $S_0 = 0,2 \dots 0,5$ мм/об; $t = 2,0 \dots 4,0$ мм	ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК6-М, ВК6, ТТ10К8Б	ВК6-М, ВК6, ВК8	ВК6, ВК6-М, ТТ8К6	ВК6-М, ВК6, ТТ8К6	ВК6, ВК6-ОМ, ВК6-М, ТТ8К6
Точение черновое: $S_0 = 0,4 \dots 1,0$ мм/об; $t = 4,0 \dots 10,0$ мм	ВК6, ВК8	ВК6, ВК8, ТТ10К8Б	ВК8, ВК10-ХОМ	ВК6, ВК8	ВК6, ВК8	ВК6
Обдирка: $S_0 > 1$ мм/об; $t = 6 \dots 20$ мм	ВК8, ВК10-КС	ВК8, ТТ7К12	ВК8, ВК10-ХОМ	ВК6, ВК8	ВК6, ВК8	ВК8
Отрезка и прорезка канавки	ВК8	ВК6-М, ВК6, ВК8	ВК6-ОМ, ВК8	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ	ВК6-М, ВК6	ВК3, ВК6-М

Продолжение табл. 2.9

Вид и режим обработки	Марка твердого сплава при обработке сталей						
	углеродистых	легированных	инструментальных	коррозионно-стойких	высокопрочных и жаропрочных	высокомарганцовистых	закаленных
Нарезание резьбы	T15K6	T15K6, T14K8	T15K6, T14K8	BK3, BK6-M, BK8	BK6-OM, BK8	BK6-OM, BK8	BK3-M, BK6-M, T30K4
Сверление отверстий: $l < 5D$	T5K10, T14K8, BK8	T5K10, BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	–
	T5K10, BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	–
Зенкерование: черновое	T14K8, T5K10	T14K8, T5K10, BK8	T5K10, BK8	–	BK8	BK6-M, BK8	–
	T15K6, T14K8	T15K6, T14K8	T14K8, T5K10	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	–
Развертывание	T30K4, T15K6	T30K4, T15K6	T30K4, T15K6, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	T30K4, BK3-M, BK6-OM

Окончание табл. 2.9

Вид и режим обработки	Марка твердого сплава при обработке					
	сплавов			чугунов		
	титано-вых	жаропрочных	тугоплавких	цветных	серых, 240 НВ	ковких отбеленных высокопрочных, 460...700 НВ
Нарезание резьбы	ВК6-ОМ, ВК6-М, ВК8	ВК6-ОМ, ВК6-М, ВК8	ВК6-ОМ, ВК8	ВК3, ВК6-ОМ, ВК6-М, ВК6	ВК3, ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК3-М, ВК6-ОМ, ВК6-М
	ВК6, ВК8	ВК8	ВК8	ВК6-М	ВК6, ВК8	ВК8
Сверление отверстий: $l < 5D$ $l \geq 5D$	ВК6-М	ВК8	ВК8, ВК6-ОМ	ВК6-М	ВК6, ТТ8К6	ВК8, ТТ8К6
	ВК8	ВК8	ВК8	ВК6	ВК6, ВК8	ВК6-М
Зенкерование: черновое получистовое и чистовое	ВК6-М, ВК8	ВК6-М, ВК8	ВК6-ОМ, ВК8	ВК6	ВК3-М, ТТ8К6	ВК6-М, ТТ8К6
	ВК3-М, ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК3-М, ВК6-ОМ

Примечание.  $l$  и  $D$  – соответственно длина и диаметр обрабатываемого отверстия.

**Безвольфрамовые твердые сплавы.** Сплавы состоят из карбидов и карбонитридов титана с никельмолибденовой связкой. Высокие твердость (87,5...91 HRA) и плотность (5,5...5,9 г/см<sup>3</sup>) имеют следующие сплавы на основе карбида титана (26...79 %): ТНМ-20, ТНМ-25, ТНМ-30, КТНМ-30, КТНМ-30Б.

Карбидохромистые твердые сплавы КХН-10<sup>®</sup>, КХН-15, КХН-20, КХН-30, КХН-35 и КХН-40 (цифра в обозначении марок этих сплавов указывает на процентное содержание никеля, остальное – карбид хрома) не окисляются при нагреве в воздушной среде до 1100 °С, хорошо сопротивляются истиранию, абразивному изнашиванию и коррозии, обладают низкой склонностью к схватыванию. Их плотность 6,6...7,0 г/см<sup>3</sup>, 80...90 HRA, прочность при сжатии 2800...3500 Н/мм<sup>2</sup>, при изгибе – 400...700 Н/мм<sup>2</sup>.

Безвольфрамовые твердые сплавы применяются в машиностроении для изготовления режущего инструмента, измерительных калибров, вытяжных матриц и пресс-форм. Эти сплавы имеют высокую окалинстойкость (в 10...15 раз выше, чем у стандартных сплавов Т15К6, Т5К10), причем образующаяся на поверхности твердосплавных пластин тонкая окисная пленка в процессе эксплуатации инструмента при высоких температурах выполняет роль твердой смазки. Благодаря этому сплавы имеют низкий коэффициент трения и хорошо сопротивляются изнашиванию. У них пониженная склонность к адгезионному взаимодействию с обрабатываемым материалом; этот фактор снижает изнашивание инструмента по передней поверхности, обеспечивая более низкую шероховатость обработанной поверхности. Безвольфрамовые твердые сплавы целесообразно применять при чистовой и получистовой обработке конструкционных, низколегированных, высокохромистых и хромоникелевых сталей твердостью не более 31,5 HRC и цветных металлов вместо стандартных сплавов Т30К4 и Т15К6.

Вследствие пониженной прочности безвольфрамовых твердых сплавов и их разупрочнения при высоких температурах, значительной склонности к трещинообразованию при пайке и заточке из-за пониженной теплопроводности необходимо тщательно осуществлять операции пайки и заточки.

В последнее время наряду с отечественными твердыми сплавами используют твердые сплавы фирм: ISCAR (Израиль), SANDVIK Coromant (Швеция) и др.

Для выбора зарубежных твердых сплавов необходимо использовать международную классификацию машиностроительных материалов, которая разработана Международной организацией по стандартизации (ISO) в соответствии с DIN/ISO 513 и VDI 3323 (табл. 2.10), включающая в себя шесть основных групп Р, М, К, N, S, H, имеющих различный цвет при обозначении в технической документации:

синяя группа Р – материалы, образующие сливную стружку, в основном стали;

желтая группа М – материалы, образующие сегментную стружку, коррозионно-стойкие стали и литье;

красная группа К – материалы, образующие стружку скалывания, в основном чугуны;

### 2.10. Международная классификация машиностроительных материалов в соответствии с DIN / ISO 513 и VDI 3323

ISO	Материал	Состояние	Предел прочности при разрыве, $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Твердость, НВ	
P	Конструкционная сталь, стальное литье, автоматная сталь	< 0,25 % C	Отпущенная	420	125
		≥ 0,25 % C	Отпущенная	650	190
		< 0,55 % C	Закаленная и отпущенная	850	250
		≥ 0,55 % C	Отпущенная	750	220
		≥ 0,5 % C	Закаленная и отпущенная	1000	300
	Низколегированная сталь и стальное литье (содержание легирующих элементов менее 5 %)	Отпущенная	600	200	
			930	275	
		Закаленная и отпущенная	1000	300	
			1200	350	
	Легированная сталь, стальное литье и инструментальная сталь	Отпущенная	680	200	
Закаленная и отпущенная		1100	325		
M	Коррозионно-стойкая сталь и литье	Ферритная/мартенситная	680	200	
		Мартенситная	820	240	
		Аустенитная	600	180	
K	Шаровидный чугун (GGG)	Ферритный/перлитный	–	180	
		Перлитный	–	260	
	Серый чугун (GG)	Ферритный	–	160	
		Перлитный	–	250	
	Ковкий чугун	Ферритный	–	130	
		Перлитный	–	230	
N	Деформируемые алюминиевые сплавы	Не структурированный	–	60	
		Структурированный	–	100	
	Литейные алюминиевые сплавы	≤ 12 % Si	Не структурированный	–	75
		> 12 % Si	Структурированный	–	90
			Жаропрочный	–	130
			–	–	–

Окончание табл. 2.10

ISO ЛАНЬ®	Материал	Состояние	Предел прочности при разрыве, $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Твердость, НВ	
N	Медные сплавы	$\geq 1\% \text{ Pb}$	Свинцовая бронза	–	110
		$\leq 1\% \text{ Pb}$	Латунь	–	90
	–	Электролитная медь	–	100	
	Неметаллические материалы	Прочные пластики, волокниты	–	–	
Твердая резина		–	–		
S	Жаропрочные сплавы	на основе Fe	Отпущенные	–	200
			Структурированные	–	280
	на основе Ni или Co	Отпущенные	–	250	
		Структурированные	–	350	
		Литые	–	320	
Титан и титановые сплавы	Технически чистый титан	400	–		
	$\alpha$ - и $\beta$ -сплавы структурированные	1050	–		
H	Закаленная сталь	Закаленная	–	55 HRC	
		Сверхтвердая сталь	–	60 HRC	
	Отбеленный чугун	Литой	–	400	
	Чугун	Упрочненный	–	55 HRC	

зеленая группа N – материалы, образующие сливную стружку, алюминиевые сплавы, медные сплавы, неметаллические материалы;

темно-желтая группа S – материалы, образующие сливную стружку, жаропрочные стали, титан и титановые сплавы;

серая группа H – материалы, образующие стружку скалывания, закаленная сталь, чугун.

Отличием зарубежных твердых сплавов от отечественных является включение в их состав карбида ниобия (NbC), что повышает красностойкость инструментального материала и, соответственно, скорость резания. Также скорость резания повышают за счет нанесения на режущие пластины износостойких покрытий карбида титана, оксида алюминия, нитрида титана и др. Обычно общая толщина покрытия составляет 2...12 мкм, чрезмерная толщина может вызвать отрицательные эффекты.

Пластины с покрытием применяются почти для всех операций точения, фрезерования и сверления для обработки большинства материалов.

Основными методами нанесения покрытий являются химическое осаждение покрытий из газовой сферы – CVD и физическое осаждение покрытий в вакууме – PVD.

В табл. 2.11 даны рекомендации по использованию твердых сплавов фирмы ISCAR для различных материалов. В табл. 2.12 приведены сведения о соответствии отечественных марок твердых сплавов зарубежным для различных видов токарной обработки.

### 2.11. Применение твердых сплавов фирмы ISCAR

Вид обработки	Группа материалов					
	P	H	M	S	K	N
Фрезерование	IC900/908	IC903* IC900/908 IC950	IC900/908	IC20	IS8 IC900/908 IC910* IC4050	IC20 IC07 IC08 IC28*
	IC30N		IC30N	IC08		
	IC950*		IC4050	IC900/908*		
	IC928		IC928	IC928		
	IC328		IC328*	IC328		
Сверление	IC908*	IC908*	IC908*	IC908*	IC908* IC350	IC908* IC350
	IC528	IC528	IC528	IC528		
	IC328	IC328	IC328	IC328		
Отрезание	IC908*	IC908	IC908*	IC20*	IC908* IC20 IC354	IC20* IC1008 IC908
	IC1008		IC1008	IC1008		
	IC354		IC1008	IC908		
	IC1028		IC1028	IC1028		
	IC328		IC328	IC328		

Окончание табл. 2.11

Вид обработки	Группа материалов					
	P	H	M	S	K	N
Точение канавок	IC20N IC570 IC9015* IC9025* IC9054 IC354® IC328	IB50* IB55 IC428	IC908* IC354 IC635 IC328	IC907* IC908 IC08 IC20	IB50 IC428* IC20 IC418	ID5 IC20*
Подрезание	IC908 IC9015 IC9025* IC9054* IC354 IC328	IC908* IC508	IC508 IC908* IC9015 IC9054 IC635	IC20* IC08	IC428* IC20 IC418	IC20
Точение	IC520N IC530N IC570 IC9015* IC8048 IC9025 IC635 IC3028	IB50 IB55* IN22 IC907	IC907* IC507 IC530N IC570 IC635 IC3028	IC907* IC507 IC07 IC20 IC3028	IC9007 IC428 IC4028* IC9015 IC8048	IC570 IC520 IC20*
Резьбо-нарезание	IC908* IC250 IC228	IC908	IC08 IC908* IC22	IC08 IC908* IC228	IC908* IC228	IC08* IC908® IC228

\* Предпочтительный выбор.

Примечание. Марки твердых сплавов приведены в порядке снижения твердости и увеличения вязкости.

**2.12. Применение отечественных марок твердых сплавов (по ГОСТ 3882–74) и зарубежных DIN/ISO 513 для различных видов токарной обработки**

Группа	Вид обработки	SANDVIK Coromant	ISCAR	Марка сплава по ГОСТ 3882–74	Обрабатываемый материал
Р	Сверление	GC1220	IC908	ВК8, Т15К6	Нелегированная сталь, низколегированная сталь (легирующих элементов > 5%), высоколегирован- ная сталь (легирующих элементов > 5%), сталь- ное литье
	Отрезание	GC4125	IC908	T5K10, T15K6, T14K8	
	Точение канавок	GC4125	IC9015	T5K10, T15K6, T14K8	
	Подрезание	GC4125	IC9025, IC9054	ВК8, Т15К6	
	Точение	GC4025	IC9015	T15K6, T5K10, T14K8	
	Резьбонарезание	GC1020, GC4125	IC908	T15K6, T14K8, T30K8	
М	Сверление	GC1220	IC908	T15K6, ВК8	Коррозионно-стойкая сталь (в состоянии по- ставки), ферритная, ау- стентная, мартенситная
	Отрезание	GC4125	IC908	ВК6-М	
	Точение канавок	GC4125	IC908	ВК8, ВК6-М	
	Подрезание	GC4125	IC908	ВК8, ВК6-М	
	Точение	GC2015	IC907	ВК6-М, ВК8, ТТ8К6, ВК6-ОМ	
	Резьбонарезание	GC1020, GC4125	IC908	ВК3-М, ВК6-М	
К	Сверление	GC1220	IC908	ВК8, ВК6-М, ВК4	Ковкий чугун, серый чугун, серый чугун с шаровидным графитом
	Отрезание	GC4025	IC908	ВК8, ВК6-М	
	Точение канавок	GC4025	IC428	ВК8, ВК6-М	
	Подрезание	GC4025	IC428	ВК8, ВК6-М	
	Точение	GC3205	IC4028	ВК3, ВК8, ТТ8К6, ВК6-М	
	Резьбонарезание	GC1020, GC4125	IC908	ВК8, ВК6-М	

Окончание табл. 2.12

Группа	Вид обработки	SANDVIK Coromant	ISCAR	Марка сплава по ГОСТ 3882-74	Обрабатываемый материал
N	Сверление	GCN20D	IC908	ВК8	Алюминиевые сплавы, медь и медные сплавы
	Отрезание	H10	IC20	ВК3-М	
	Точение канавок	H10	IC20	ВК3-М	
	Подрезание	H10	IC20	ВК3-М, ВК6-М	
	Точение	CD1810	IC20	ВК3-М, ВК6-М	
	Резьбонарезание	GC1020, GC4125	IC08	ВК3-М	
	Сверление	GC1220	IC908	ВК8, ВК8-В	
S	Отрезание	GC4125	IC20	ВК8, Т15К6	Жаропрочные и специальные сплавы на основе железа, никеля, кобальта, титановые сплавы
	Точение канавок	GC4125	IC907	ВК8, Т15К6	
	Подрезание	GC4125	IC20	ВК8, Т15К10	
	Точение	GC1005	IC907	ВК8, ВК4, Т15К10	
	Резьбонарезание	GC1020, GC4125	IC908	Т15К6	
	Сверление	GC1020	IC908	Т15К6, ВК6-М, ВК8	
	Отрезание	CB20	IC908	ВК3-М, ВК6-М	
H	Точение канавок	CB20	IB50	ВК3-М, ВК6-М	Закаленная сталь, сверхтвердая сталь, отбеленный чугун
	Подрезание	CB20	IC908	Т5К10, ВК8, Т15К6	
	Точение	CB20, GC7020	IB55	ВК6-М, ВК3-М	
	Резьбонарезание	GC1020, GC4125	IC908	ВК6-М	

**Минералокерамические материалы.** Минералокерамические материалы (металлокерамика) не содержат дорогостоящих и дефицитных компонентов. Основу металлокерамики составляет технический глинозем – двуокись алюминия  $Al_2O_3$ , подвергнутый спеканию при температуре более  $1750\text{ }^\circ\text{C}$ . Минералокерамика обладает высокой твердостью (91...93 HRA), теплостойкостью ( $1100\text{...}1200\text{ }^\circ\text{C}$ ) и неокисляемостью. Металлокерамика превосходит по стойкости твердые сплавы, но уступает им по механическим свойствам.

Инструмент с пластинами из минералокерамики используется при получистовом и чистовом точении и растачивании заготовок (из высокопрочных и отбеленных чугунов, из закаленных и труднообрабатываемых сталей, некоторых цветных металлов и их сплавов, а также неметаллических материалов) с высокими скоростями резания в условиях безударной обработки и без охлаждения. Жесткость системы СПИЗ должна быть высокой.

При обработке сталей минералокерамическим инструментом достигается меньшая шероховатость поверхности, чем при обработке твердосплавным инструментом, вследствие пассивности минералокерамики к адгезионно-диффузионному взаимодействию со сталью и отбеленным чугуном. Наибольшее применение получил режущий инструмент различных форм и типоразмеров из минералокерамики марки ЦМ-332, которая имеет  $\sigma_{и} = 295\text{...}345\text{ Н/мм}^2$ .

Для повышения физико-механических свойств минералокерамики ее легируют карбидами тугоплавких металлов (хрома, никеля, титана, молибдена, вольфрама и др.). Такие материалы называют керметами или оксидно-карбидной керамикой. Предел прочности на изгиб у керметов  $\sigma_{и} = 400\text{...}735\text{ Н/мм}^2$ , красностойкость  $1200\text{...}1300\text{ }^\circ\text{C}$ . Керметы марки ВЗ, имеющие черный цвет, состоят из 60 %  $Al_2O_3$  и 40 % карбидов тугоплавких металлов; инструменты из керметов ВЗ используются для чистового и получистового точения хромоникелемолибденовых сталей. Помимо этой марки в России выпускаются керметы марок ВОК-60, ВОК-63, ВШ-75 и др.

**Сверхтвердые материалы.** В последние годы благодаря высокой твердости (близкой к твердости алмаза), теплостойкости ( $1500\text{...}1600\text{ }^\circ\text{C}$ ), химической инертности к железу и углеродистым сплавам широкое распространение получили синтетические сверхтвердые материалы (СТМ), которые по физико-механическим свойствам превосходят твердые сплавы, минералокерамику и быстрорежущие стали. Сверхтвердые материалы делятся на две группы: поли- и монокристаллические синтетические алмазы и композиционные материалы (композиты) на основе нитрида бора.

Поликристаллические алмазы выпускают следующих марок: АСБ – типа баллас (АСБ-5, АСБ-6, АСБ-5А); АСПК – типа карбонадо (АСПК-1, АСПК-2, АСПК-3); СВ, СВС, СВАБ – алмазные спеки типа СВ, представляющие собой композицию алмазных порошков и нитрида бора.

Вследствие поликристаллического строения алмазы перечисленных марок обладают изотропностью механических свойств и высокой динамической прочностью, что позволяет применять лезвийный инструмент с алмазными вставками при обработке особо прочных материалов.

Монокристалльные алмазы выпускают двух марок: САМ и АСТ. Из алмазов марки САМ целесообразно изготавливать резцы для резания полупроводниковых материалов, радиотехнической керамики, высококремнистых цветных сплавов, а из марки АСТ – наконечники измерительных приборов.

Резцы с алмазными вставками можно затачивать с минимальным радиусом скругления режущей кромки; острота кромки долго сохраняется, что позволяет вести обработку с малыми глубинами резания и получать малую шероховатость поверхности.

Сверхтвердые композиционные материалы на основе нитрида бора применяют в инструментах для обработки закаленных и цементуемых сталей и других труднообрабатываемых материалов на станках повышенной точности и жесткости.

Композиты делятся на две группы с массовой долей кубического нитрида бора (КНБ) 95 % (и выше) и с массовой долей КНБ 75 % с различными добавками (например,  $Al_2O_3$ ).

К первой группе относятся: композит 01 (эльбор Р), композит 02 (белбор), композит 03 (исмит), композит 10 (гексанит Р) и др. Композиты отличаются друг от друга кристаллической решеткой и физико-механическими свойствами, которые зависят от технологии получения композита.

Ко второй группе относятся: композит 05, состоящий из КНБ и двуокиси алюминия  $Al_2O_3$  (и его модификация – композит 05И), получаемый в виде таблеток диаметром до 8 мм, высотой около 6 мм, которые закрепляют в корпусах режущих инструментов; композит 09, представляющий собой поликристаллы твердого нитрида бора (ПТНБ), предназначен для инструментов, работающих с ударными нагрузками.

Кроме имеющихся сверхтвердых материалов разработаны новые СТМ, показавшие достаточно высокие эксплуатационные свойства. К ним относится силинит-Р – инструментальный материал на основе нитрида кремния (SiN). Для силинита-Р характерно отсутствие адгезии с большинством сталей и сплавов на основе алюминия и меди. Из него изготавливают многогранные режущие пластины и крупные фасонные режущие пластины, используемые с многократной переточкой.

Физико-механические свойства СТМ приведены в табл. 2.13.

### 2.13. Физико-механические свойства СТМ

Материал	Микротвердость, ГПа	$\sigma_{и}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{сж}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Красностойкость, °С
АСБ	75...80	490...635	490...785	650...700
АСПК	80...85	490...685	785...1175	700...800
Композиты	01, 02	73...78	590...685	≈ 1200
	09	39	686...980	≈ 1400
Силинит-Р	20...31	500...700	2500	≈ 1600

**Абразивные материалы.** Эти материалы используются токарем для заточных, доводочных и отделочных операций в свободном и связанном состоянии в виде абразивного инструмента.

Для заточки инструмента применяются преимущественно круги из искусственных абразивных материалов (табл. 2.14).



#### 2.14. Основные марки абразивных материалов и область их применения

Абразивный материал	Обозначение	Марка	Область применения
Электрокорунд: нормальный	1А	12А, 13А, 14А, 15А, 16А	Для заточки инструмента из углеродистых инструментальных сталей
белый	2А	22А, 23А, 24А, 25А	Для заточки инструмента из быстрорежущих сталей нормальной производительности
хромистый титанистый	3А	32А, 33А, 34А	Для заточки инструмента из быстрорежущих сталей повышенной производительности
	3А	37А	
Монокорунд	4А	43А, 44А, 45А	
Карбид кремния: черный	5С	53С, 54С, 55С	Для заточки инструмента из твердых сплавов, минералокерамики и быстрорежущих сталей
	6С	63С, 64С	
Электрокорунд хромотитанистый	9А	91А	Для притирки
Корунд природный	9Е	–	Для правки кругов
Алмаз: природный	А	А, АМ, АН	Для заточки инструмента из твердых сплавов, минералокерамики и быстрорежущих сталей
	АС	АСО, АСП, АСВ, АСК, АСС	
	АС	АСМ, АСН	
Кубический нитрид бора: эльбор	Л	ЛО, ЛП, ЛД, ЛОМ, ЛОС	Для заточки инструмента из труднообрабатываемых быстрорежущих сталей
	К	КО, КР, КМ, КОМ, КРМ, КОС, КОМА	
кубонит			



## 2.2. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Классифицируют режущий инструмент следующим образом:

– по материалу – стальной с лезвиями из стали (углеродистой, легированной и быстрорежущей); твердосплавный с лезвиями из твердого сплава; минералокерамический с лезвиями из минералокерамики;

– по конструкции – цельный (изготовленный из одной заготовки); составной (с неразъемным соединением его частей и элементов) и сборный (с разъемным соединением его частей и элементов); с механическим креплением пластины (сборный лезвийный инструмент с разъемным соединением режущей пластины с корпусом или ножом); с напайной пластиной (лезвийный инструмент, лезвия которого изготовлены путем напайки режущей пластины на корпус или нож); с клееной пластиной (лезвийный инструмент с соединением режущей пластины с корпусом или ножом клеем); с наплавленным лезвием (составной лезвийный инструмент, лезвия которого изготовлены путем наплавки инструментального материала).

Режущий инструмент в соответствии с ГОСТ 25751–83 (в ред. 1990 г.) состоит: из корпуса – части режущего инструмента, несущей на себе все его элементы; крепежной части для установки и (или) крепления в технологическом оборудовании или приспособлении и лезвия инструмента – клинообразного элемента режущего инструмента для проникновения в материал заготовки и отделения слоя материала.

Лезвие имеет следующие элементы (рис. 2.1): *переднюю поверхность лезвия  $A_\gamma$  (1)* – поверхность лезвия инструмента, контактирующую в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой; *главную заднюю поверхность лезвия  $A_\alpha$*  – поверхность лезвия инструмента, контактирующую в процессе резания с поверхностями заготовки; *режущую кромку* – кромку лезвия инструмента, образуемую пересечением передней и задней поверхностей лезвия; она имеет радиус округления  $\rho$ , представляющий радиус кривизны режущей кромки в сечении ее нормальной секущей плоскостью; *главную режущую кромку К (2)* – часть режущей кромки, формирующую большую сторону сечения срезаемого слоя; *вспомогательную режущую кромку К' (3)* – часть режущей кромки, формирующую меньшую сторону сечения срезаемого слоя; *главную заднюю поверхность  $A_\alpha$  (4)* – заднюю поверхность лезвия инструмента, примыкающую к главной режущей кромке; *вспомогательную заднюю поверхность  $A'_\alpha$  (5)* – заднюю поверхность лезвия инструмента, примыкающую к вспомогательной режущей кромке;

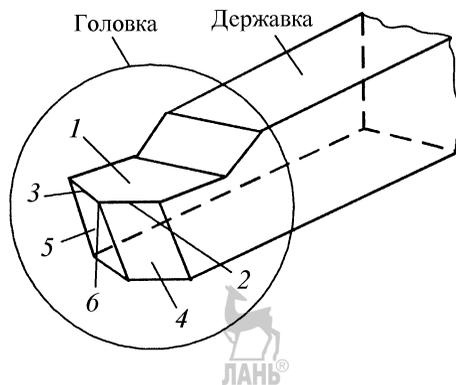
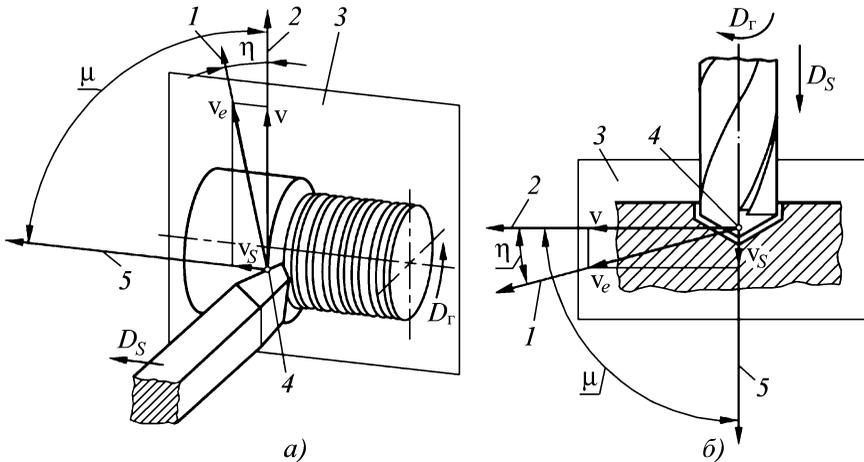


Рис. 2.1. Конструктивные параметры токарного резца



**Рис. 2.2. Элементы движений в процессе резания при обтачивании (а) и сверлении (б):**

1 – направление скорости  $v_e$  результирующего движения резания; 2 – направление скорости  $v$  главного движения  $D_r$ ; 3 – рабочая плоскость  $P_S$ ; 4 – рассматриваемая точка режущей кромки; 5 – направление скорости  $v_s$  движения подачи  $D_s$

вершину лезвия (б) – 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.

Лезвие имеет *радиус вершины*  $r_v$ , представляющий собой радиус кривизны вершины лезвия.

Обработка резанием определяется следующими кинематическими элементами и характеристиками процесса резания (рис. 2.2).

*Главное движение резания*  $D_r$  – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания (главное движение может входить в состав сложного формообразующего движения, например при обработке резьбы точением).

*Скорость главного движения резания*  $v$  – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания.

*Движение подачи*  $D_s$  – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность. В зависимости от направления различают следующие движения подачи: продольное, поперечное и комбинированное.

Скорость движения подачи  $v_S$  – скорость рассматриваемой точки режущей кромки в движении подачи.

Подача  $S$  – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания или к числу определенных долей цикла этого другого движения. Под циклом движения понимают полный оборот режущего инструмента или заготовки. Долей цикла является часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента.

Подача на оборот  $S_0$  – подача, соответствующая одному обороту инструмента или заготовки.

Подача на зуб  $S_z$  – подача, соответствующая повороту инструмента или заготовки на один угловой шаг зубьев режущего инструмента.

Результирующее движение резания  $D_e$  – суммарное движение режущего инструмента относительно заготовки, включающее в себя главное движение резания, движение подачи и касательное движение.

Рабочая плоскость  $P_S$  – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи (см. рис. 2.2).

Угол скорости резания  $\eta$  – угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей результирующего движения резания и главного движения резания.

Угол подачи  $\mu$  – угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей движения подачи и главного движения резания.

Поверхность резания  $R$  – поверхность, образуемая режущей кромкой в результирующем движении резания.

Поверхность главного движения  $R_r$  – поверхность, образуемая режущей кромкой в главном движении резания.

Обрабатываемая поверхность – поверхность заготовки, которая частично или полностью удаляется при обработке.

Обработанная поверхность – поверхность, образованная на заготовке в результате обработки.

На рис. 2.3 показаны поверхности обрабатываемой заготовки.

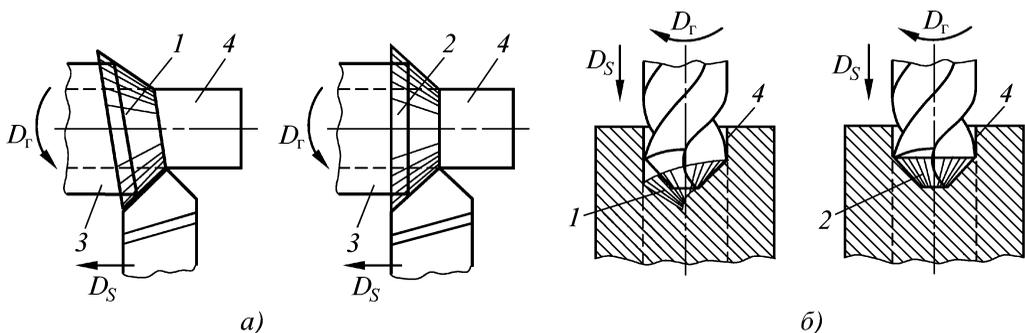
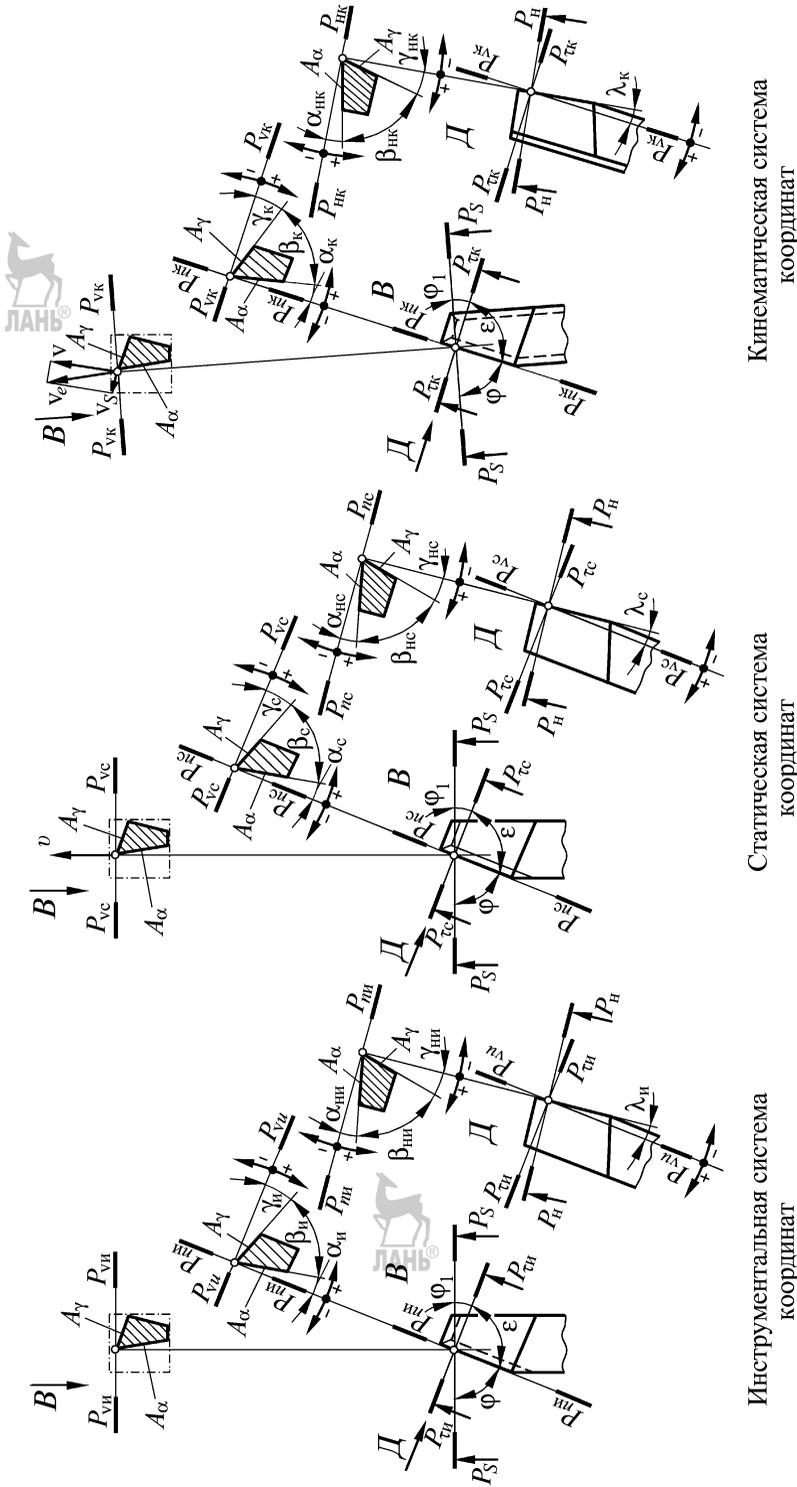


Рис. 2.3. Поверхность обрабатываемой заготовки при точении (а) и сверлении (б): 1 – поверхность резания; 2 – поверхность главного движения; 3 – обрабатываемая поверхность; 4 – обработанная поверхность



a)



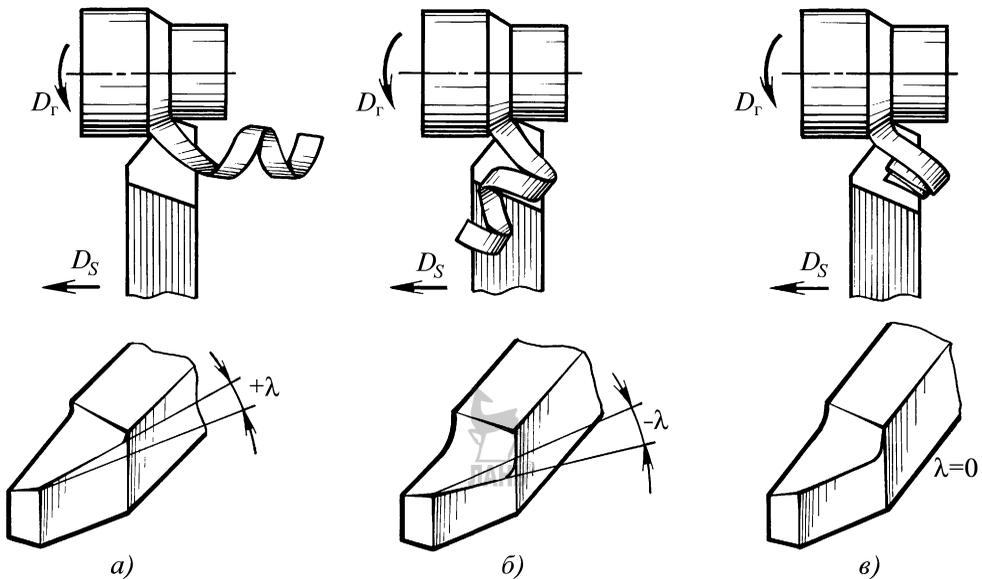
- При обработке резанием различают три системы координат (ГОСТ 25762–83):
- *инструментальная* (ИСК), которая применяется для изготовления и контроля инструмента\*;
  - *статическая* (ССК), которая применяется для приближенных расчетов углов лезвия в процессе резания и для учета изменения этих углов после установки инструмента на станке; она является в общем случае переходной системой от ИСК к КСК;
  - *кинематическая* (КСК), которая применяется для определения истинных углов лезвия в процессе резания.

Основные понятия систем координат и координатных плоскостей, используемых для определения геометрических параметров режущего инструмента (рис. 2.4), даны в табл. 2.15.

Определения углов режущего лезвия (по ГОСТ 25762–83) даны в табл. 2.16.

*Передний угол*  $\gamma$  обеспечивает уменьшение силы резания и трения сходящей стружки о переднюю поверхность лезвия.

*Задний угол*  $\alpha$  служит для уменьшения трения задней поверхности лезвия об обрабатываемую заготовку. Угол заострения  $\beta$  влияет на прочность лезвия. Угол наклона кромки  $\lambda$  определяет направление схода стружки (рис. 2.5).



**Рис. 2.5. Изменение направления схода стружки:**

$$a - \lambda > 0; \text{ б} - \lambda < 0; \text{ в} - \lambda = 0$$

\* Далее в таблицах, на эскизах, рисунках, в тексте значения углов и их обозначения даны применительно к ИСК.

2.15. Системы координат и координатные плоскости (ГОСТ 25762–83)

Понятие	Система координат		
	инструментальная	статическая	кинематическая
Система координатных плоскостей	<p>Прямоугольная система координат с началом в вершине лезвия, ориентированная относительно геометрических элементов режущего инструмента, принятых за базу</p>	<p>Прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости главного движения резания</p>	<p>Прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости результирующего движения резания</p>
<p>Основная плоскость <math>P_v</math> – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению главной скорости главного или результирующего движения резания в этой точке</p>	<p>Инструментальная основная плоскость <math>P_{ви}</math> – основная плоскость инструментальной системы координат. В ИСК направление скорости главного движения резания принимается: у токарных резцов перпендикулярно конструкторской установочной базе резца, у дисковых токарных резцов и осевых инструментов – по касательной к траектории вращательного движения инструмента или заготовки</p>	<p>Статическая основная плоскость <math>P_{vc}</math> – основная плоскость статической системы координат</p>	<p>Кинематическая основная плоскость <math>P_{vk}</math> – основная плоскость кинематической системы координат</p>



Окончание табл. 2.15

Понятие	Система координат		
	инструментальная	статическая	кинематическая
Плоскость резания $P_n$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости	Инструментальная плоскость резания $P_{ин}$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к инструментальной основной плоскости	Статическая плоскость резания $P_{ст}$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к статической основной плоскости	Кинематическая плоскость резания $P_{нк}$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к кинематической основной плоскости
Главная секущая плоскость $P_c$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения основной плоскости резания	Инструментальная главная секущая плоскость $P_{ци}$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения инструментальной основной плоскости резания	Статическая главная секущая плоскость $P_{ст}$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения статических основной плоскости и плоскости резания	Кинематическая главная секущая плоскость $P_{ск}$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения кинематических основной плоскости и плоскости резания
Нормальная секущая плоскость $P_n$ – плоскость, перпендикулярная к режущей кромке в рассматриваемой точке	–	–	–
Секущая плоскость схода стружки $P_s$ – плоскость, проходящая через направление схода стружки и скорости резания в рассматриваемой точке режущей кромки	–	–	–

2.16. Понятие и определения углов режущего инструмента (ГОСТ 25762–83)

Понятие угла		Определение угла в системе координат			
режущего лезвия	главного	рабочего	инструментальной	статической	кинематической
Передний угол $\gamma$ – угол в секущей плоскости между передней лезвием и основной плоскостью	Главный передний угол $\gamma$ – передний угол в главной секущей плоскости	Рабочий кинематический передний угол $\gamma_p$ – угол в секущей плоскости схода стружки между передней лезвием и кинематической основной плоскостью	Инструментальный главный передний угол $\gamma_{ин}$ – угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней лезвием и инструментальной основной плоскостью	Статический главный передний угол $\gamma_c$ – угол в статической главной секущей плоскости между передней лезвием и статической основной плоскостью	Кинематический главный передний угол $\gamma_k$ – угол в кинематической главной секущей плоскости между передней лезвием и кинематической основной плоскостью
Нормальный передний угол $\gamma_n$ – передний угол в нормальной секущей плоскости	—	—	Нормальный инструментальный передний угол $\gamma_{ни}$ – передний угол в нормальной секущей плоскости в инструментальной системе координат	Нормальный статический передний угол $\gamma_{нс}$ – передний угол в нормальной секущей плоскости в статической системе координат	Нормальный кинематический передний угол $\gamma_{нк}$ – передний угол в нормальной секущей плоскости в кинематической системе координат

Продолжение табл. 2.16

Понятие угла		Определение угла в системе координат			
режущего лезвия	главного	рабочего	инструментальной	статической	кинематической
Задний угол $\alpha$ – угол в секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания	Главный задний угол $\alpha_z$ – угол в главной секущей плоскости	Рабочий кинематический задний угол $\alpha_p$ – угол в рабочей плоскости между задней поверхностью лезвия и направлением скорости результирующего движения резания в рассматриваемой точке режущего лезвия	Инструментальный главный задний угол $\alpha_{ин}$ – угол в инструментальной главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и инструментальной плоскостью резания	Статический главный задний угол $\alpha_c$ – угол в статической главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и статической плоскостью резания	Кинематический главный задний угол $\alpha_k$ – угол в кинематической главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и кинематической плоскостью резания
Нормальный задний угол $\alpha_n$ – задний угол в нормальной секущей плоскости	–	–	Нормальный инструментальный задний угол $\alpha_{ни}$ – задний угол в нормальной секущей плоскости в инструментальной системе координат	Нормальный статический задний угол $\alpha_{нс}$ – задний угол в нормальной секущей плоскости в статической системе координат	Нормальный кинематический задний угол $\alpha_{нк}$ – задний угол в нормальной секущей плоскости в кинематической системе координат

Продолжение табл. 2.16

Понятие угла		Определение угла в системе координат			
режущего лезвия	главного	рабочего	инструментальной	статической	кинематической
Угол заострения $\beta$ – угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия	Главный угол заострения $\beta$ – угол заострения в главной секущей плоскости	–	Инструментальный главный угол заострения $\beta_n$ – угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия	Статический главный угол заострения $\beta_c$ – угол в статической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия	Кинематический главный угол заострения $\beta_k$ – угол в кинематической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия
Нормальный угол заострения $\beta_n$ – угол заострения в нормальной секущей плоскости	–	–	Нормальный инструментальный угол заострения $\beta_{ни}$ – угол заострения в нормальной секущей плоскости в инструментальной системе координат	Нормальный статический угол заострения $\beta_{нс}$ – угол заострения в нормальной секущей плоскости в статической системе координат	Нормальный кинематический угол заострения $\beta_{нк}$ – угол заострения в нормальной секущей плоскости в кинематической системе координат

Окончание табл. 2.16

Понятие угла		Определение угла в системе координат			
режущего лезвия	главного	рабочего	инструментальной	статической	кинематической
Угол наклона кромки $\lambda$ – угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью	–	–	Инструментальный угол наклона режущей кромки $\lambda_n$ – угол в инструментальной плоскости резания между режущей кромкой и инструментальной основной плоскостью	Статический угол наклона кромки $\lambda_c$ – угол в статической плоскости резания между режущей кромкой и статической основной плоскостью	Кинематический угол наклона кромки $\lambda_k$ – угол в кинематической плоскости резания между режущей кромкой и кинематической основной плоскостью
Угол в плане $\varphi$ – угол в основной плоскости между режущей рабочей плоскостью	–	Рабочий кинематический угол в плане $\varphi_p$ – угол между режущей кромкой и рабочей плоскостью	Инструментальный угол в плане $\varphi_n$ – угол в инструментальной основной плоскости между инструментальной рабочей плоскостью	Статический угол в плане $\varphi_c$ – угол в статической основной плоскости между статической рабочей плоскостью	Кинематический угол в плане $\varphi_k$ – угол в кинематической основной плоскости между кинематической рабочей плоскостью

Для токарных резцов рассматриваются также следующие углы:  $\varphi_1$  – угол в основной плоскости между рабочей плоскостью  $P_S$  и главной секущей плоскостью  $P_\tau$ ; *угол при вершине в плане*  $\varepsilon$  – угол в основной плоскости между главной и вспомогательной режущими кромками. Рекомендуемые значения углов  $\varphi$ ,  $\varphi'$ ,  $\lambda$  представлены в табл. 2.17, 2.18 и 2.19.

**2.17. Значение угла в плане  $\varphi$  токарных и расточных резцов**

Вид обработки		$\varphi, ^\circ$
Точение	чистовое с малой глубиной резания	Менее 30
	с малыми глубинами резания при повышенной жесткости системы СПИЗ	30
	при недостаточной жесткости системы СПИЗ (и растачивание стальных заготовок)	60
Растачивание при недостаточной жесткости системы СПИЗ		70...75
Точение в условиях повышенной жесткости системы СПИЗ		45
Подрезание, отрезание, обработка в упор в условиях недостаточной жесткости системы СПИЗ		90
Отрезание заготовок без бобышек		80

**2.18. Значения угла  $\varphi_1$**

Вид обработки		$\varphi_1, ^\circ$
Точение	чистовое	5...10
	черновое	10...15
Чистовое растачивание		15...20
Обработка широким резцом или резцом с дополнительным лезвием		0
Подрезание и отрезание		1...2
Обработка отогнутыми резцами		30...45

2.19. Значения угла наклона кромки  $\lambda$ 

Вид обработки		$\lambda, ^\circ$
Точение прерывистых поверхностей		12...15
Черновое точение и растачивание	чугунов	10
	конструкционных сталей	0...5
Точение и растачивание жаропрочных сталей и сплавов		0
Чистовое точение и растачивание		-2...-4

Угол резания  $\delta$  – это угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Расположение резца выше или ниже линии центров влияет на углы резания (рис. 2.6). При установке его выше линии центров передний угол  $\gamma$  увеличивается, а задний  $\alpha$  уменьшается; при установке резца ниже линии центров передний угол  $\gamma$  уменьшается, а задний  $\alpha$  увеличивается. Это явление можно использовать в процессе обработки; например, если нужно уменьшить трение задней поверхности резца об обработанную поверхность, следует установить резец несколько ниже линии центров.

В соответствии с ГОСТ 25751–83 резец определяется как однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в любом направлении.

По виду обработки токарные резцы делятся на проходные, подрезные, отрезные, резьбовые, расточные и фасонные; по направлению подачи – на правые и левые; по форме головки – на прямые, отогнутые и оттянутые, дисковые, призматические, стержневые, тангенциальные, радиальные. Схемы обработки различными резцами приведены на рис. 2.7.

Углы заточки резцов выбираются в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки, жесткости системы СПИЗ (табл. 2.20).

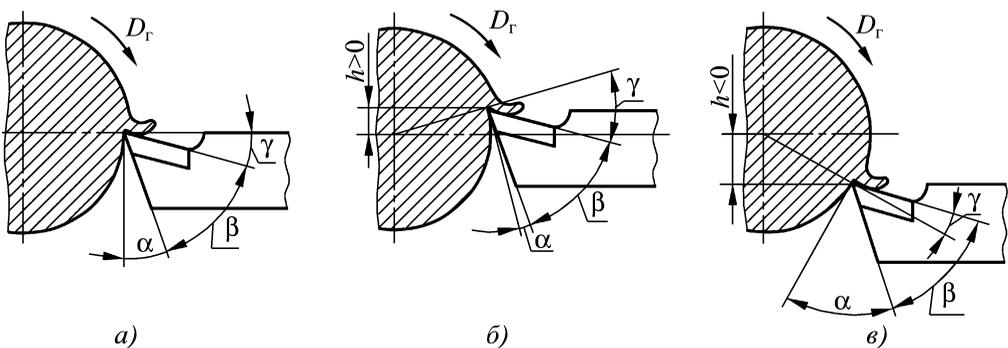
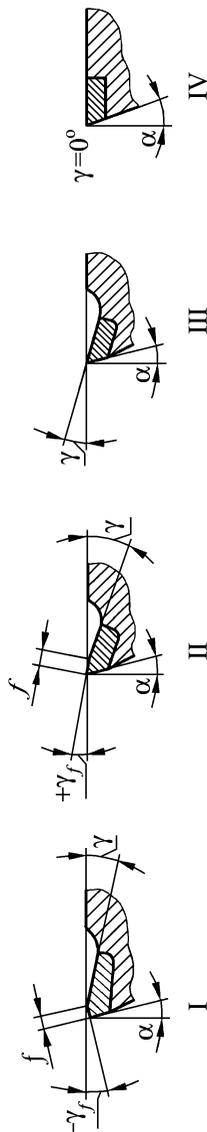


Рис. 2.6. Углы резания при установке резца:  
а – по оси заготовки; б – выше оси; в – ниже оси

**2.20. Рекомендуемые углы заточки и марки твердого сплава для резцов при скорости точения**  
 $v = 80$  м/мин (по черным металлам),  $v = 300$  м/мин (по цветным металлам и их сплавам),  
 $v = 20 \dots 50$  м/мин (по титановым сплавам)



Обрабатываемый материал	Вид обработки	Профиль лезвия						Марки твердых сплавов при жесткости системы СПИЗ			
		простой		фасонный для обработки тонкостенных деталей		Угол, °	Угол, °	повышенной	нормальной	недостаточной	
		Форма заточки (см. эскиз)	Угол, °	Форма заготовки (см. эскиз)	Угол, °						
Стали средне-нелегированные средней твердости	1	-5	8	-	-	Т5К10; ВК8	ВК8	ВК8	Т5К10; ВК8	Т5К10; ВК8	-
	2				8		Т15К6	Т15К6	Т15К6	Т5К10; ВК8	
	3	6					Т15К6	Т15К6	Т5К10; ВК8		
	4	-2	10	6...8	10	Т30К4; ВК6-М	ВК6-М	Т15К6; ВК6-М	Т15К6		
Стали средне-нелегированные повышенной твердости	1										
	2										
	3	-5	6	4...6	8	Т15К6; ВК6-М	ВК6-М	Т15К6; ВК6-М	Т5К10; ВК8	Т5К10; ВК8	
	4					Т30К4; Т15К6; ВК6-М	ВК6-М	Т15К6; ВК6-М	Т15К6; ВК6-М	Т15К6; ВК6-М	Т15К6; ВК6-М

Продолжение табл. 2.20

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Профиль лезвия						Марки твердых сплавов при жесткости системы СПИЗ			
		простой		фасонный для обработки тонкостенных деталей				повышенной	нормальной	недостаточной	
		Форма заточки (см. эскиз)	$\gamma$	$\alpha$	Форма заточки (см. эскиз)	$\gamma$	$\alpha$				
Стали легированные и жаропрочные средней вязкости, низколегированные и углеродистые	1	I	-5	6		-	-		ВК8	ВК8	-
	2				8		8		T15K6	T15K6	T5K10; BK8
	3	II	8	12		8...12	10		T15K6	T15K6	T5K10; BK8
	4				10		10		T30K4; T15K6	T15K6	T15K6; BK8
Стали легированные и жаропрочные повышенной вязкости	1	I	-5	6		-	-		ВК8	ВК8	-
	2				8		8		ВК8; BK6	ВК8	BK8
	3	II	12	15		12...15	10		ВК8	ВК8	BK8
	4				10		10		ВК6; BK6-M	ВК6-M; BK8	BK8
Сплавы титановые	1		-	4	10	-	-		ВК8	ВК8	-
	2	III	-	8	12	8...10	12		ВК8	ВК8	BK8
	4								BK6-M	BK6-M; BK8	BK8
Алюминиевые сплавы, красная медь	2				10	20...	10		BK6; BK8	ВК8	BK8
	3	II	5	25		20...25	12		BK6	BK6; BK8	BK8
									BK6	BK6; BK8	BK8
	4								BK6	BK3; BK6	BK6

Окончание табл. 2.20

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Профиль лезвия						Марки твердых сплавов при жесткости системы СПИЗ			
		простой		фасонный для обработки тонкостенных деталей		повышенной	нормальной				недостаточной
		Форма заточки (см. эскиз)	$\gamma_f$	$\alpha$	Угол, °			Форма заточки (см. эскиз)	$\gamma$	$\alpha$	
Латунь, магниевые сплавы	2	II	12	15	10	III	12...15	10	ВК6; ВК8	ВК6; ВК8	ВК3
	3		12	8	8				III	6...10	8
	4	I				-5	6	IV			
	2		I	-5	6				IV	0	8
3	I	-5				6	IV	0			
4			I	-5	6				IV	0	8
Чугуны	1	I				-5	6	IV			
	2		I	-5	6				IV	0	8
	3	I				-5	6	IV			
	4		I	-5	6				IV	0	8

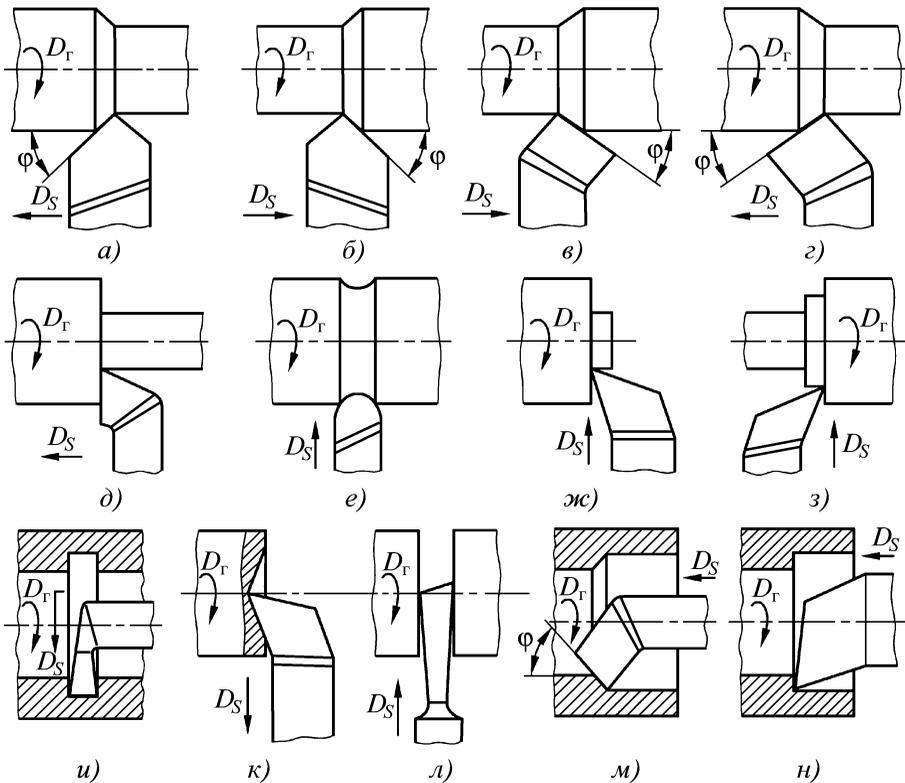
Примечания: 1. Обозначение видов обработки: 1 – грубая; обдирка с прерывистым резанием; 2 – обдирка с непрерывным резанием; 3 – получистовая и чистовая с прерывистым резанием; 4 – получистовая с непрерывным резанием.

2. При скоростях резания ниже 80 м/мин геометрия заточки резцов остается той же, но без фасок на передней поверхности.

3. При наличии тяжелого прерывистого резания фаски на передней поверхности сохраняются.

4. Твердый сплав Т30К4 при скоростях резания ниже 80 м/мин применять не рекомендуется.

5. *f* – ширина фаски.



**Рис. 2.7. Схемы обработки при точении резцами:**

прямым проходным правым (а) и левым (б); отогнутым проходным левым (в) и правым (з); проходным упорным (д); канавочным наружным (е); подрезными правым (ж) и левым (з); внутренним канавочным (и); подрезным с врезанием (к); отрезным (л); расточным для сквозных (м) и глухих (н) отверстий

### 2.3. РЕЗЦЫ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ СМЕННЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

Для режущего инструмента используют большое количество форм и размеров сменных режущих пластин (СРП), которые можно разделить на две группы: сменные многогранные пластины неперетачиваемые (СМП) и перетачиваемые (СПП).

По ГОСТ 19042–80 (в ред. 1991 г.) СМП классифицируются по форме, наличию заднего угла, классу допусков, наличию отверстия и стружколомающих канавок. Система обозначений, классификация и формы пластин в соответствии с ГОСТ 19042–80 (в ред. 1991 г.) показана на рис. 2.8. В конструкции резцов для наружной обработки (рис. 2.9) и державок для внутренней обработки (рис. 2.10) учтены тип крепления пластин, их форма, угол в плане, задний угол пластины, исполнение резца (правок, левое и нейтральное для резцов, предназначенных для наружной обработки), размеры корпуса резцов и державок, длина режущей кромки.

Для обработки конструкционных сталей и чугунов выпускаются резцы следующей номенклатуры:

- токарные с механическим креплением сменных пластин, закрепляемых качающимися штифтами (ГОСТ 24996–81);
- токарные проходные, подрезные и копировальные с креплением сменных пластин прихватом сверху (ГОСТ 26611–85 (в ред. 1992 г.));
- токарные проходные, подрезные и копировальные со сменными многогранными пластинами (ГОСТ 29132–91);
- токарные расточные с твердосплавными пластинами (ГОСТ Р 50026–92);
- токарные сборные для контурного точения с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин (ГОСТ 20872–80);
- токарные сборные расточные с механическим креплением многогранных пластин (ГОСТ 20874–75 (в ред. 1981 г.)) и др.

Типаж выпускаемого инструмента с СРП предусматривает выпуск отдельной номенклатуры резцов по чертежам ВНИИ и ОСТАм.

Для повышения работоспособности твердосплавного инструмента на него наносят износостойкие покрытия. Такой инструмент обеспечивает повышение режимов резания для определенных групп обрабатываемых материалов (в основном конструкционных сталей и чугунов).

Основные достоинства применения сборного режущего инструмента с механическим креплением СРП следующие:

- отсутствие операции пайки твердосплавных пластин и, следовательно, вызываемых ею термических напряжений; это исключает появление трещин и повышает запас прочности инструмента при эксплуатации, а также увеличивает его стойкость на 30 % по сравнению с напайным инструментом;
- стабильность геометрии режущего инструмента при замене пластины, а также обеспечение постоянной шероховатости режущей кромки;
- сокращение числа напайных резцов при длительном сроке службы державок, повышенная прочность и износостойкость деталей крепления СРП; срок службы державки определяется числом закрепляемых в ней пластин (100 режущих и 130 опорных); державки рекомендуется изготавливать из сталей 45, 40Х, 50ХФА, 38ХНЗМА с твердостью 41,5...46,5 HRC;
- возможность использования державок инструмента при обработке заготовок из различных материалов за счет установки в одном корпусе пластин, изготовленных из других марок твердого сплава;
- сокращение вспомогательного времени замены изношенных режущих кромок и пластины в целом; применение пластин соответствующей степени точности исключает подналадку инструмента на размер;
- возможность более экономного использования твердых сплавов;
- экономия черных металлов, расходуемых на изготовление корпусов, и цветного металла, применяемого для напайки.

Для получения наибольшего эффекта от внедрения инструмента с СРП с учетом условий эксплуатации необходимо выбрать оптимальные форму пластины и способ ее крепления, правильно выбрать материал пластины, назначить экономически выгодные стойкость и режимы резания.

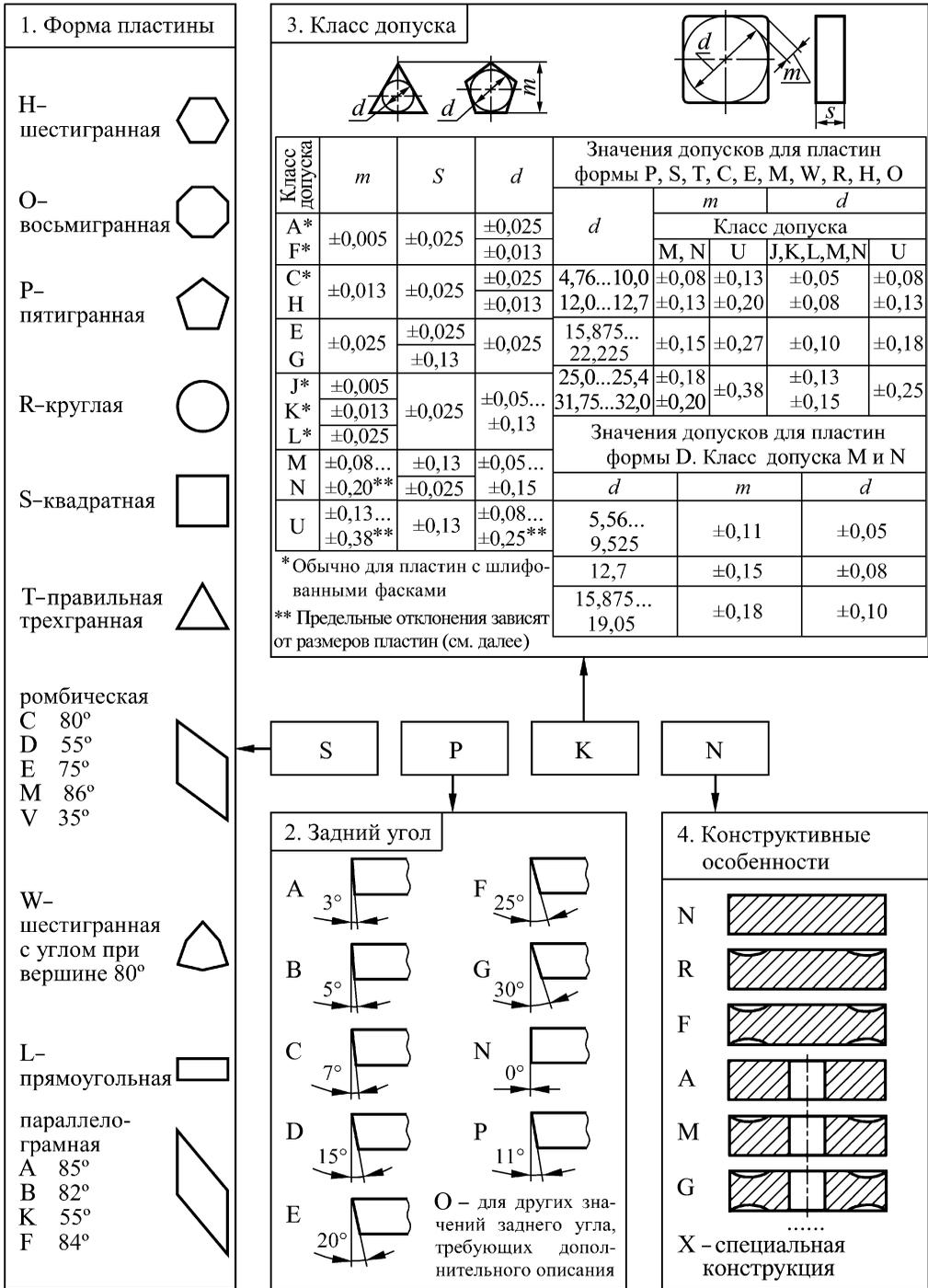


Рис. 2.8. Классификация, система

**5. Длина режущей кромки**

Цифра показывает размер теоретической боковой длины  $l$ , мм, причем цифра после запятой не учитывается. Перед целым однозначным числом ставится 0

**7.1. Радиус при вершине**

Радиус в десятых долях, мм. Если число меньше 10, то впереди ставится "0".  
 Например:  
 0,8=08;  
 1,2=12.  
 00 – круглая пластина

**8. Исполнение режущей кромки**

F – острая кромка  
 E – округленная кромка  
 T – кромка с фаской  
 S – округленная кромка с фаской

**10. Особые обозначения изготовителя**

12      03      08/ED      T      R

**6. Толщина пластины**

Выражается целым числом. Перед целым однозначным числом ставится 0, например,  $s = 4,76$  мм обозначается 04

Обозначение	$s$
01	1,59
T1	1,98
02	2,38
03	3,18
T3	3,97
04	4,76
05	5,56
06	6,35
07	7,94
08	8,00
09	9,52
12	12,7

**7.2. Главный угол в плане  $\phi_r$  и задний угол на фаске  $\alpha'_n$  СМП с угловыми фасками**

Обозначение	$\phi_r$	Обозначение	$\alpha'_n$
A	45°	A	3°
D	60°	B	5°
E	75°	C	7°
F	85°	D	15°
P	90°	E	20°
		F	25°
		G	30°
		N	0°
		P	11°

ZZ – специальное исполнение

**9. Направление резания**

R – только правое;  
 L – только левое;  
 N – правое и левое

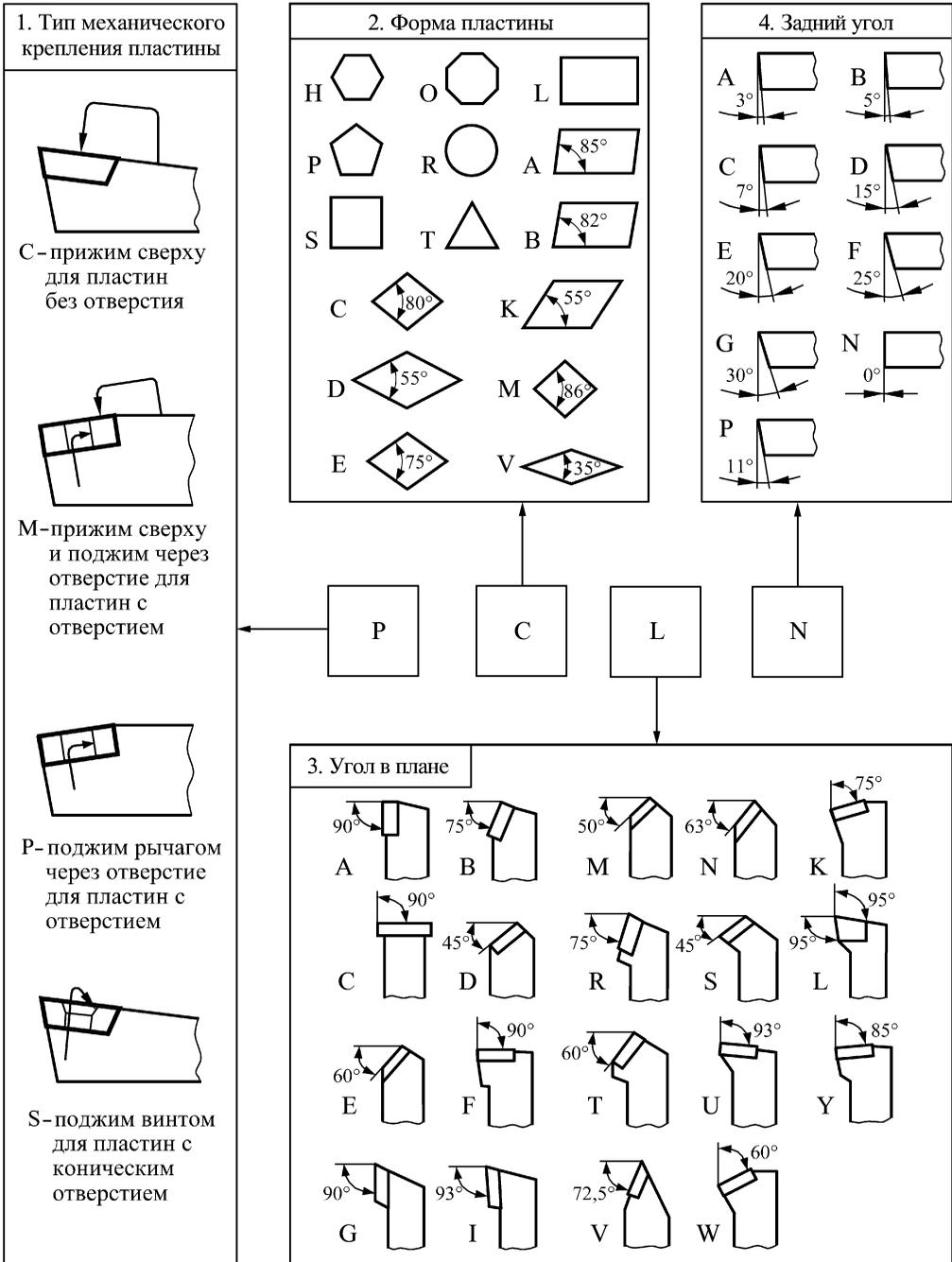
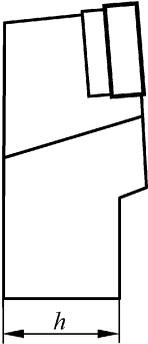


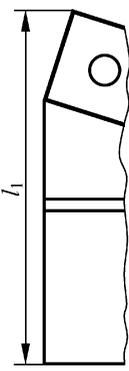
Рис. 2.9. Классификация, система

**6. Высота державки**



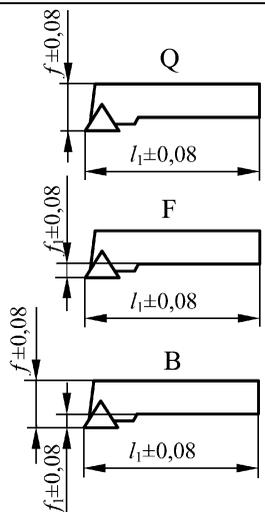
Перед целым однозначным числом ставится 0.  
Например,  $h = 8$  мм указывать как 08

**8. Длина реза**



$l_1$	Обозначение	$l_1$	Обозначение
32	A	150	M
40	B	160	N
50	C	170	P
60	D	180	Q
70	E	200	R
80	F	250	S
90	G	300	T
100	H	350	U
110	I	400	V
125	K	450	W
140	L	500	Y
Специальная		X	

**10. Точность некоторых параметров реза**



R

25

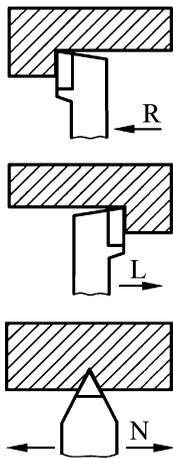
25

M

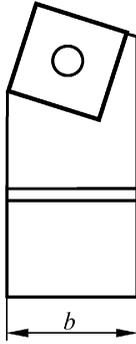
12

Q

**5. Направление резания**

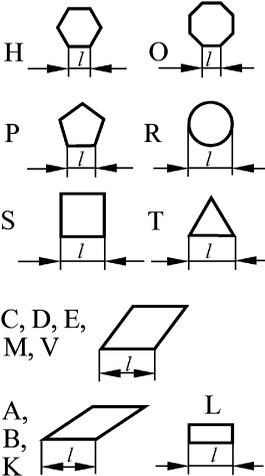


**7. Ширина державки**



Перед целым однозначным числом ставится 0.  
Например,  $b = 8$  мм указывать как 08

**9. Длина режущей кромки**



**11. Особое обозначение реза**

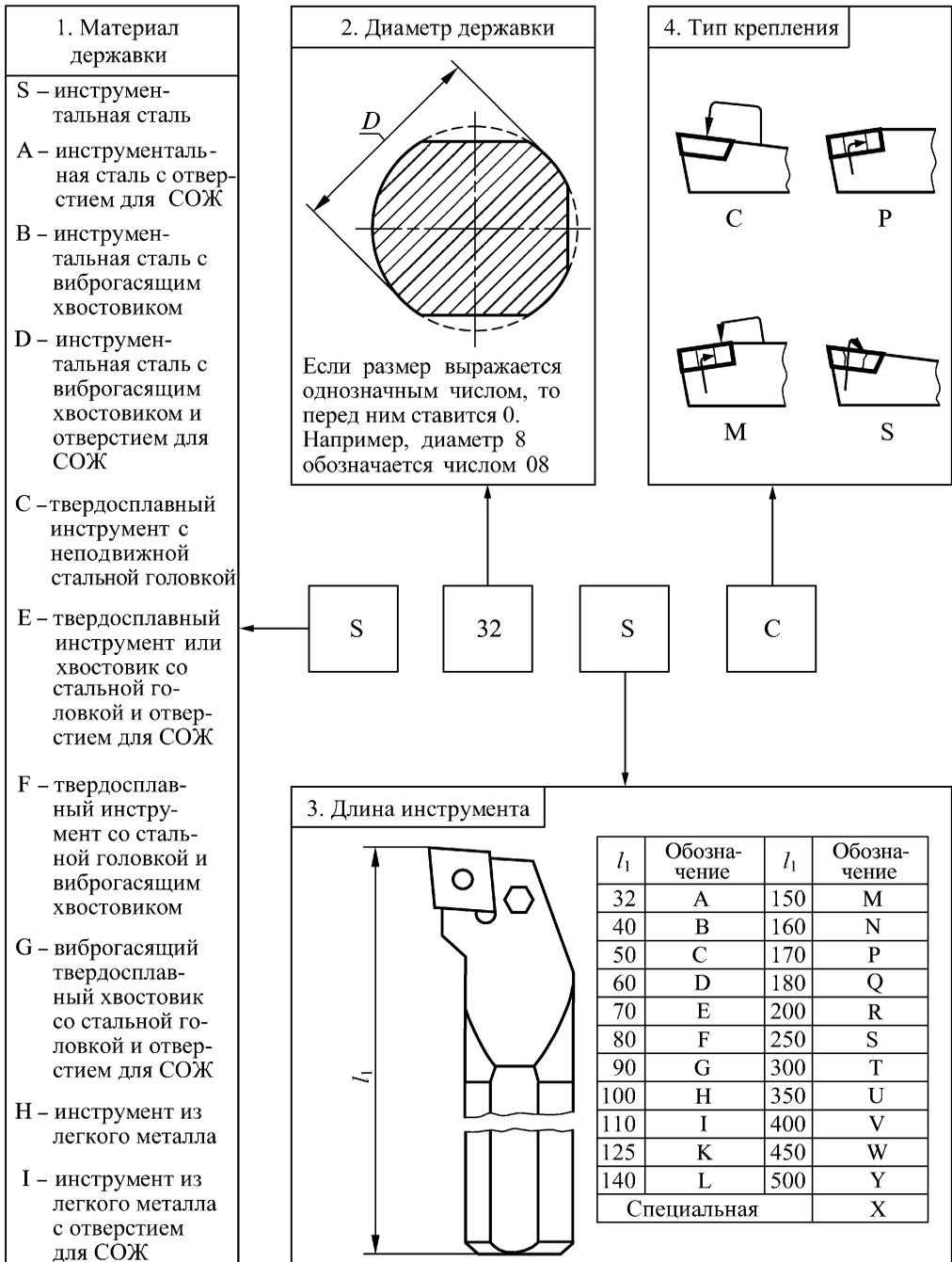
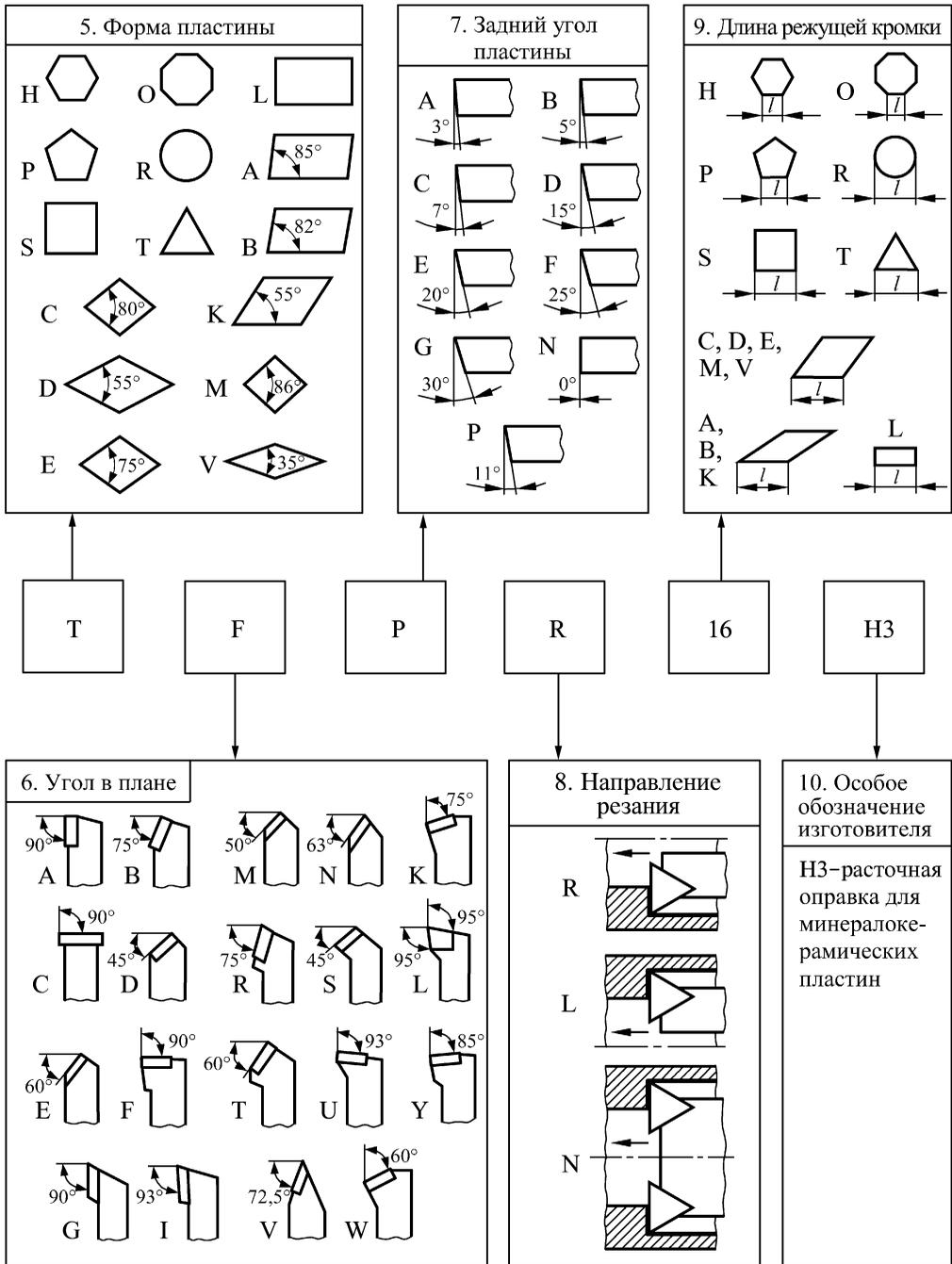


Рис. 2.10. Классификация, система



обозначения расточных державок с СРП

Основные требования к креплению СРП следующие:

- надежная фиксация, не допускающая микросмещений пластины в процессе резания;
- наличие плотного контакта опорной поверхности пластины с опорной поверхностью паза при повороте и смене пластины;
- обеспечение стабильной геометрии, дробления и завивания стружки, ее надежное удаление и безвибрационная обработка;
- минимальное время смены лезвий;
- компактность и технологичность.

Конструкции крепления зависят от конструкции самих СРП, а также от вида инструмента, величины и направления нагрузки на пластину в процессе резания, от условий размещения элементов крепления.

Пластины, в конструкции которых отсутствует задний угол, называются *негативными*, так как при их установке в пазу державки получается отрицательный передний угол. Пластины, имеющие задний угол, которые можно устанавливать в корпусе с положительным передним углом, называются *позитивными*.

Коэффициент использования твердого сплава в негативных пластинах в 2 раза выше, чем в позитивных, так как они после изнашивания всех режущих кромок с одной стороны могут быть перевернуты, при этом опорная поверхность становится передней.

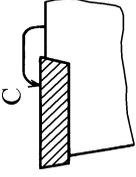
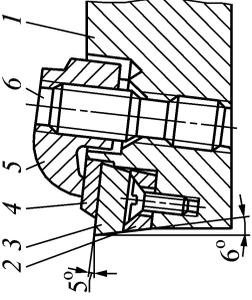
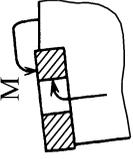
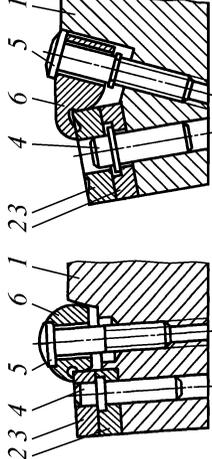
Область применения резцов, оснащенных СРП различных форм, зависит от их прочности и условий резания (табл. 2.21).

В зависимости от формы пластины и условий обработки в соответствии с ИСО 5608–80 и ГОСТ 26476–85 предусмотрено четыре типа крепления СРП в державке (табл. 2.22).

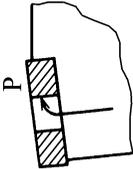
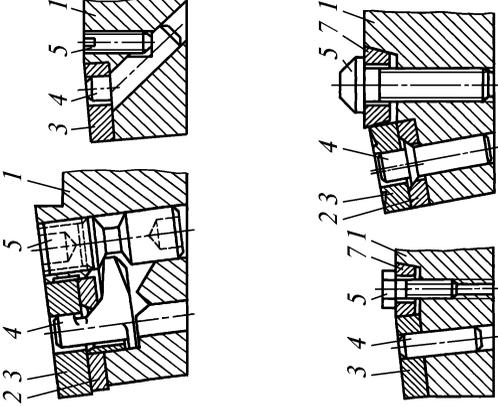
### 2.21. Рекомендуемая область применения резцов, оснащенных СРП

Тип резца	Область применения
С пластинами квадратной и ромбической формы с отверстием	Черновое и получистовое точение и растачивание
С позитивными пластинами квадратной формы без отверстия	Получистовое и чистовое точение, растачивание с износом $h_3 \leq 0,3 \dots 0,4$ мм, если по условиям обработки необходим передний угол $\gamma = 0$
С негативными пластинами квадратной формы без отверстия	Получистовое и чистовое точение с износом $h_3 \leq 0,3 \dots 0,4$ мм, если по условиям обработки необходим передний угол $\gamma \neq 0$
С круглыми пластинами	Чистовая и получистовая обработка фасонных торцовых поверхностей (дисков, зубчатых колес)
С пластиной, имеющей форму параллелограмма	Копировальная обработка наружных фасонных поверхностей с углом до $30^\circ$

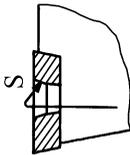
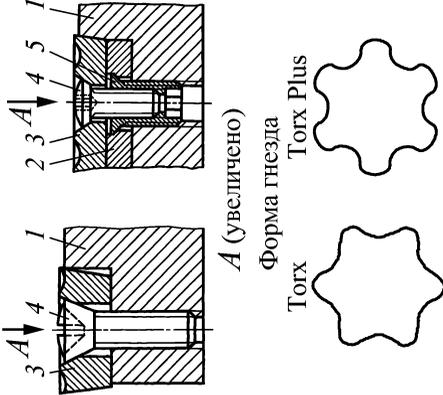
2.22. Основные типы механического крепления СРП

<p>Тип крепления в соответствии с ГОСТ 26476-85</p>	<p>Варианты конструктивного решения</p>	<p>Назначение и характеристика</p>
<p>Крепление сверху пластин без отверстия, исполненных: прихватом и винтом с разнонаправленной резьбой; прихватом и винтом</p>  <p>С</p>	 <p>1 – корпус; 2 – опорная пластина; 3 – режущая пластина; 4 – стружколом; 5 – прихват; 6 – винт</p>	<p>Для крепления гладких позитивных пластин с положительным и отрицательным передним углом. Наличие регулируемого накладного стружколома позволяет осуществлять его перемещение по передней поверхности пластины для оптимального стружколома в зависимости от марки обрабатываемого материала и режимов обработки. Применяется для большинства операций наружного точения</p>
<p>Крепление пластин сверху прихватом и через отверстие, исполненных: клин-прихватом; упругим клин-прихватом; прихватом через отверстие</p>  <p>М</p>	 <p>1 – корпус; 2 – опорная пластина; 3 – режущая пластина; 4 – штфит; 5 – винт; 6 – прихват; 7 – штфк; 8 – тяга</p>	<p>Для крепления СРП с центральным отверстием. Стружколома осуществляется стружкозавивающими канавками, выполненными на передней поверхности пластины. Применяется для черновой и получистовой обработки</p>

Продолжение табл. 2.22

Тип крепления в соответствии с ГОСТ 26476–85	Варианты конструктивного решения	Назначение и характеристика
 <p>Крепление пластин через отверстие, ис- полнений: L-образным рычагом; косой тягой; штифтом, штифтом на подвижной под- кладке</p>	 <p>1 – корпус; 2 – опорная пластина; 3 – режущая пластина; 4 – штифт (рычаг); 5 – винт; 6 – шарик; 7 – клин</p>	<p>Применяется в резцах для черновой, получис- товой и чистовой обработки заготовок в трудно- доступных местах, так как наличие свобод- ной передней поверхности лезвия пластины обеспечивает свободный сход стружки, а так- же стабильность и точность базирования пла- стин. Время смены пластины по сравнению со схемами крепления С и М меньше. Использо- уется для закрепления двухсторонних пластин без задних углов</p>

Окончание табл. 2.22

<p>Тип крепления в соответствии с ГОСТ 26476-85</p> 	<p>Варианты конструктивного решения</p> 	<p>Назначение и характеристика</p>
<p>Крепление винтом через фасонное отверстие</p>	<p>1 – корпус; 2 – опорная пластина; 3 – режущая пластина; 4 – винт с конической головкой; 5 – резьбовая втулка</p>	<p>Для операций внутренней и наружной обработки, особенно в труднодоступных местах. Небольшие габариты по сравнению со схемами крепления С, М, Р, так как мало крепежных элементов. Конструкция технологичная в изготовлении. Посадка осуществляется на внутреннюю коническую поверхность пластины 3 винтом 4 с конической головкой. Открывая передняя поверхность лезвия пластины обеспечивает хороший стружкоотвод. Стружкозаивание осуществляется стружкозаивающей канавкой. Высокая точность и стабильность базирования пластин, надежное крепление</p>

## 2.4. РАСТОЧНЫЕ РЕЗЦЫ И ГОЛОВКИ

Для обработки отверстий диаметром 35...50 мм и более разработаны расточные резцы с механическим креплением трех- и четырехгранных пластин со специальной подкладкой (рис. 2.11). В головке державки 1 имеется сквозной паз, в который вставляется подкладка 4 (сталь 40Х, 41,5...46,5 HRC) с запрессованным в ней штифтом 3. По мере перемещения подкладки 4 вдоль паза благодаря клинообразному винту 5 режущая пластина 2 плотно прижимается к торцевой поверхности державки. Сменные подкладки повышают долговечность державки и расточного резца. Для державок расточных резцов применяются пластины различных типоразмеров.

Комбинированный расточный резец, оснащенный трех- и четырехгранными твердосплавными режущими пластинами, предназначен для обработки глухих и сквозных отверстий на токарных станках с минимальным диаметром расточки 70 мм (рис. 2.12). Регулирование вылета допускается в пределах 70...180 мм. Державка 1 имеет лыски для устойчивого закрепления ее в резцедержателе суппорта. Трех- и четырехгранные пластины 2 свободно надеваются на штифт и прочно закрепляются.

Отличительные особенности расточного резца с механическим креплением трехгранной режущей пластины (рис. 2.13) – его компактность, простота изготовления и высокая жесткость крепления режущей пластины. Режущая пластина 4, установленная в наклонное гнездо корпуса державки, базируется на опорной плоскости и поверхности штифта 3, запрессованного в корпус. Со стороны боковой грани пластины, противоположной режущей грани, под углом к оси штифта в корпусе выполнено резьбовое отверстие, в которое установлен зажимной винт 2. При ввертывании винта его головка своим цилиндрическим пояском соприкасается с цилиндрической поверхностью отверстия под головку, а конической поверхностью – с боковой поверхностью пластины. Перемещаясь вниз,

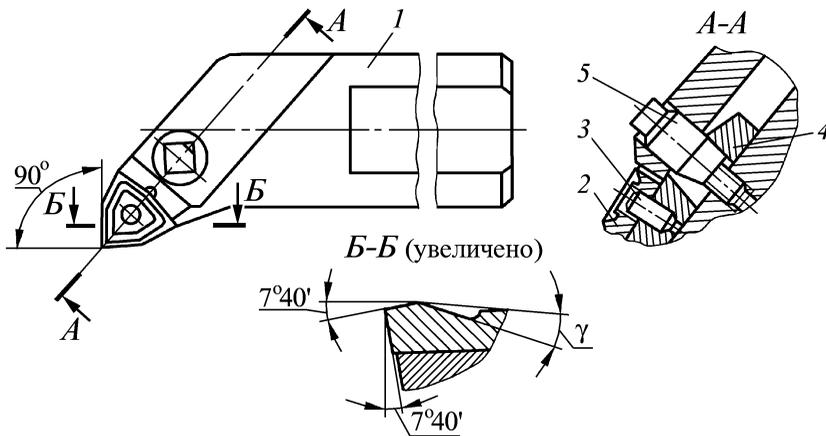
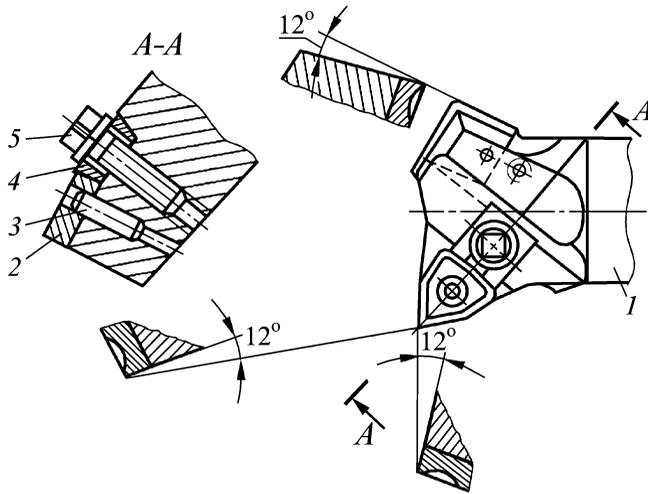
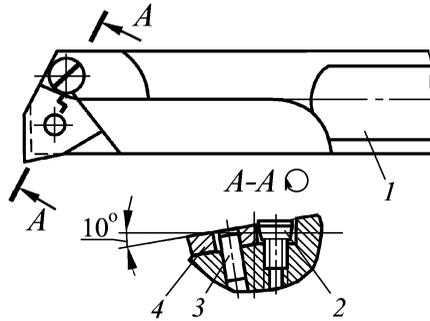


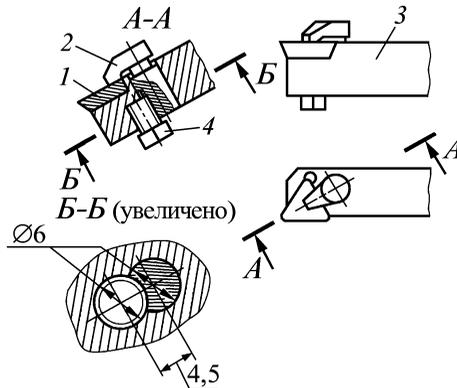
Рис. 2.11. Токарные расточные резцы с СРП со специальной прокладкой



**Рис. 2.12. Расточный комбинированный резец с СРП:**  
 1 – державка; 2 – пластина; 3 – штифт; 4 – клин; 5 – винт



**Рис. 2.13. Расточный резец с СРП:**  
 1 – державка; 2 – винт; 3 – штифт; 4 – пластина



**Рис. 2.14. Подрезной резец с механическим креплением СРП:**  
 1 – пластина; 2 – прихват; 3 – державка; 4 – винт

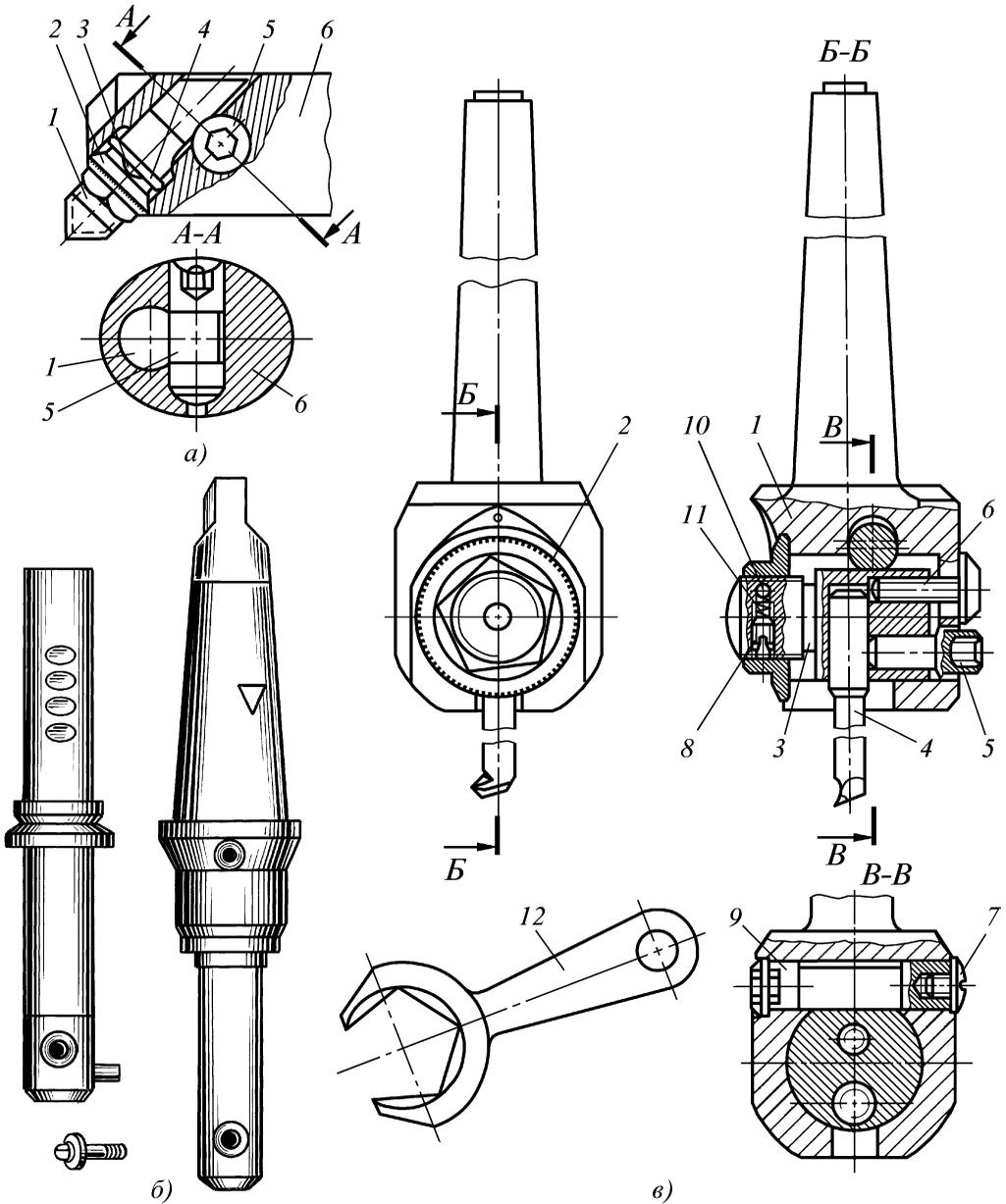
головка винта прижимает пластину к опорной плоскости, что исключает образование зазора между пластиной и корпусом. Расточный резец позволяет производить как чистовую, так и черновую расточку отверстий диаметром 28 мм и более.

В корпусе резца с механическим креплением трехгранной режущей пластины с углом в плане  $\varphi = 90^\circ$  (рис. 2.14) предусмотрены гнездо под пластину 1 и два отверстия. В сквозное отверстие диаметром 6 мм установлен Г-образный прихват 2, а в глухое гладкое отверстие диаметром 6 мм – зажимной винт 4. Винт соединен с прихватом резьбой, нарезанной на цилиндрической части прихвата с внешней стороны (сечение Б–Б). Винт при вращении по часовой стрелке перемещает прихват, который и закрепляет пластину в гнезде корпуса.

*Расточная быстросменная головка "Советская"* (рис. 2.15, а) в корпусе 6 имеет два отверстия. В одном отверстии расположен эксцентрик 5, в другом – цилиндрический резец 1, на котором со стороны головки имеется микрометрическая резьба, а на хвостовике – лыска. На головку резца накручена гайка 2 с конической поверхностью и шкалой. При вращении гайки по часовой стрелке, последняя, упираясь в коническую поверхность корпуса, выдвигает из него резец на величину, определяемую по шкале. На резце имеется контргайка 4 и пружинящая шайба 3. На торце эксцентрика со стороны шестигранника под ключ имеется еще одна неполная шкала, по которой определяется постоянная сила, необходимая для надежного закрепления и точного позиционирования резца в продольной и поперечной плоскостях. Резец, закрепляемый в головке, можно изготовить из бывшего в употреблении осевого инструмента, например, из вышедших из строя фрез и т.д. Для этого необходимо на их цилиндрической поверхности с одного конца шлифовать резьбу, а с другого на плоскошлифовальном или заточном станке сделать лыску и выдержать углы заточки.

В *расточной быстросменной головке "Россия"* (рис. 2.15, б) помимо радиального микрометрического регулирования резца на размер растачиваемого отверстия предусмотрена возможность перемещения всей резцедержавки в осевом направлении в зависимости от глубины растачиваемого отверстия: на 1...10 мм при ускоренной предварительной настройке и на 0,01...0,001 мм при окончательной. Такая расточная быстросменная головка способна заменить целый набор разных по длине расточных резцов, оправок, головок.

*Расточная быстросменная головка "Надежда"* (рис. 2.15, в) в комплекте имеет восемь резцедержателей вместо одного, как у расточных патронов, причем все резцы могут быть предварительно закреплены в резцедержателе и настроены на размер растачиваемого отверстия вне станка. Время на перезакрепление резцедержателя в корпусе головки составляет не более 10 с. В корпусе 1 головки перпендикулярно ее оси выполнено цилиндрическое отверстие, в котором крепится с помощью эксцентрика 9 резцедержатель 3 с резцом 4. Для работы с большими нагрузками на резец предусмотрено дополнительное крепление



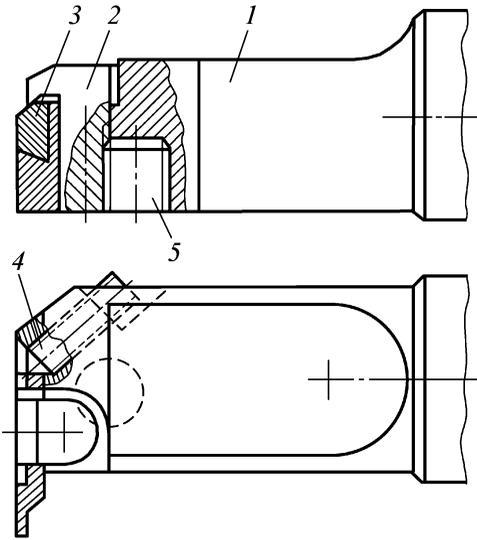
**Рис. 2.15. Расточные быстросменные головки:**

*а* – "Советская": 1 – цилиндрический резец; 2 – гайка; 3 – пружинящая шайба;

4 – контргайка; 5 – эксцентрик; 6 – корпус; *б* – "Россия";

*в* – "Надежда": 1 – корпус; 2 – микрометрическая гайка; 3 – резцедержатель; 4 – резец;

5–8 – винты; 9 – эксцентрик; 10 – шарик; 11 – пружина; 12 – ключ



**Рис. 2.16. Расточный резец с механическим креплением канавочной твердосплавной пластины:**

1 – державка; 2 – Г-образный прихват;  
3 – пластина; 4 – винт; 5 – зажимной винт

резцедержателя в корпусе винтом 6. Настройка резцедержателя с резцом на размер производится микрометрической пятигранной гайкой 2 со шкалой. Фиксация резцедержателя с резцом, настроенным на определенный размер, осуществляется шариком 10, пружиной 11 и винтом 8. Цена деления шкалы микрометрической гайки равна 0,01 мм. На торце эксцентрика имеется еще одна неполная шкала для обеспечения точного позиционирования резца в двух плоскостях. На другом торце эксцентрика имеется винт, удерживающий его от смещения по оси.

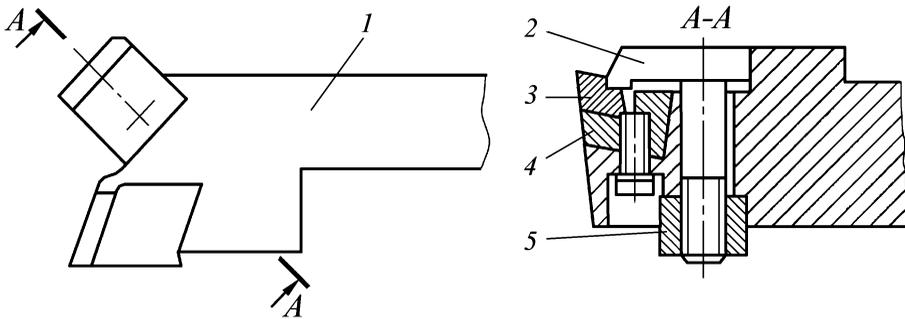
Установка резца в головке на размер осуществляется следующим образом. При повороте торцовым шестигранным ключом эксцентрика ослабляется сила зажима резцедержателя. Затем производится вращение накидным ключом 12 микрометрической гайки со шкалой. При этом гайка своим торцом, опираясь на торец корпуса головки, вытягивает резцедержатель с резцом. После установки на заданный размер резцедержатель надежно закрепляется в корпусе эксцентриком. Сила зажима и точность фиксации размера определяются по шкале эксцентрика. Пять граней микрометрической гайки делят шкалу на пять равных частей, что ускоряет и облегчает установку инструмента на размер.

В расточном резце с механическим креплением канавочной пластины для токарно-револьверных станков с ЧПУ (рис. 2.16) гнездо под пластину 3 выполнено на торце перпендикулярно оси цилиндрического хвостовика державки. В качестве упора для регулирования расстояния от режущей кромки до оси хвостовика (это расстояние для станков с ЧПУ должно быть постоянным) используется винт, ось которого расположена под углом  $45^\circ$  к торцу державки. Опорной поверхностью для пластины служит конусная поверхность винта. Зажимной винт 5 расположен с обратной стороны зажимной головки Г-образного прихвата под углом  $45^\circ$ , что обеспечивает компактность резца.

## 2.5. КОНСТРУКЦИИ РЕЗЦОВ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ ПЛАСТИН

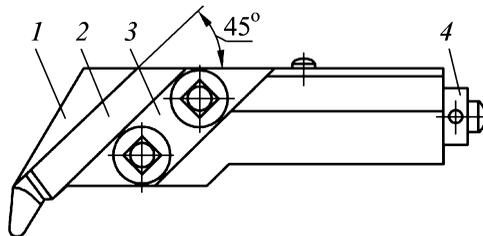
При обработке на токарных станках кольцевых заготовок хорошо зарекомендовал себя резец, показанный на рис. 2.17. Он состоит из одной державки и двух прихватов, двух режущих двухпозиционных твердосплавных пластин, двух подкладок, двух гаек, двух винтов и двух шайб. При обработке по наружному и внутреннему диаметру резец производит съем металла с припуском до 10 мм на всю ширину пластины, что повышает производительность обработки за счет сокращения времени на переустановку резца.

Резец, установленный в державку (рис. 2.18), предназначен для расточки конуса на станках с ЧПУ. Державка состоит из корпуса с базовыми опорами, клина и винтов для крепления резца. При поломке или изнашивании резцы вынимаются из державки и заменяются новыми. Посадочные места державки могут быть изготовлены по типу резцовых вставок к инструментальным головкам станков с ЧПУ.



**Рис. 2.17. Резец для обработки кольцевых заготовок:**

1 – державка; 2 – прихват; 3 – пластина; 4 – подкладка; 5 – гайка



**Рис. 2.18. Резец для расточки конуса:**

1 – державка; 2 – резец; 3 – клин; 4 – базовая опора

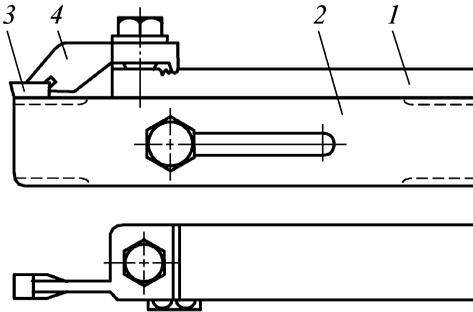


Рис. 2.19. Сборный отрезной резец

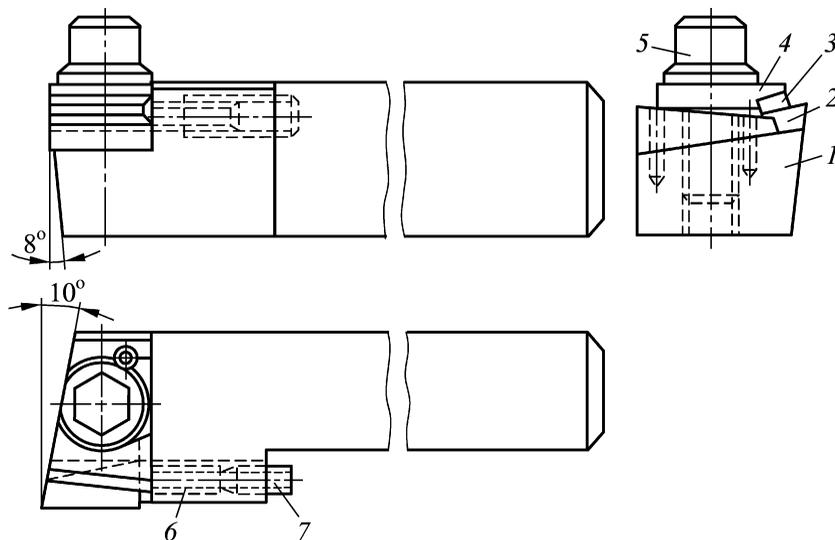
Сборный отрезной резец, представленный на рис. 2.19, оснащен твердосплавной пластиной. Державка 1 резца устанавливается в резцедержателе суппорта станка. В нее устанавливается сменная планка 2 с четырьмя V-образными пазами для базирования режущей пластины 3, которая закрепляется прихватом 4. Замена сменной планки осуществляется без снятия державки со станка.

Конструкция резца позволяет прочно и надежно закреплять твердосплавные пластины, предназначенные для нарезания резьбы, прорезания канавок и др. Канавочные и резьбовые пластины изготавливают двусторонними. Конструкция резца предусматривает возможность многократного использования режущей пластины. В корпусе резца предусмотрены рифления, позволяющие перемещать прихват по мере переточки режущей пластины. Кроме того, на сменной вставке имеется специальный паз, позволяющий регулировать ее положение.

Твердосплавные пластины затачивают по задней поверхности и по упрочняющей фаске. В отдельных случаях на передней поверхности резца рекомендуется затачивать стружкозавивающую канавку (особенно при разрезке материалов невысокой прочности). Резцы предназначаются для отрезки заготовок из прутка диаметром до 70 мм и труб больших диаметров с толщиной стенки до 60 мм на токарных и отрезных станках.

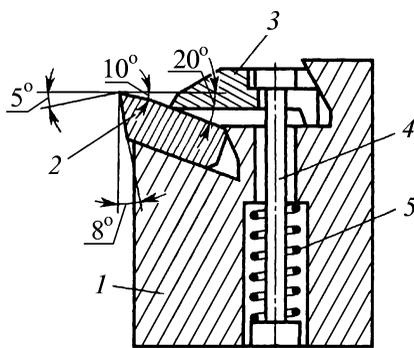
В конструкции резца, представленной на рис. 2.20, применяется пластина 2 из твердого сплава, которая укладывается в гнездо державки 1 и прижимается планкой 4 с помощью винта 5. При необходимости переточки пластины винт отпускается, и с помощью регулировочного винта 7 через штифт 6 пластина подается вперед. Скос пластины обеспечивает ее перемещение вперед и влево, что позволяет затачивать главную и вспомогательную режущие кромки. Стружколом 3 подкладывают под прижимную планку и крепят вместе с ней. Расстояние от режущей кромки до стружколома регулируется с помощью овального отверстия в планке. Резец обладает высокой жесткостью; его конструкция позволяет быстро сменить режущую пластину без съема резца, а также снизить расход твердого сплава.

В конструкции, представленной на рис. 2.21, спиральная пружина 5 расположена в отверстии корпуса 1 резца; она с помощью штока 4 прижимает стружколом 3 к передней поверхности режущей пластины 2, что обеспечивает повышенную надежность инструмента в работе. Для смены стружколома достаточно нажать на выступающую из корпуса часть штока, сжать пружину и



**Рис. 2.20. Резец с креплением пластины прижимной планкой:**

1 – державка; 2 – пластина; 3 – стружколом; 4 – прижимная планка; 5 – винт; 6 – штифт; 7 – регулировочный винт



**Рис. 2.21. Крепление СПП спиральной пружиной**

вывести головку штока из паза стружколома. К преимуществам резцов такого типа относятся возможность заточки режущих пластин отдельно от корпуса резца, отсутствие необходимости вышлифовывания в твердом сплаве стружкозавивающей канавки вследствие применения накладного стружколома. Такая канавка, как известно, приводит к нерациональному использованию твердого сплава и усложняет заточку.

На рис. 2.22 приведена одна из конструкций резца с механическим креплением керамической пластины. Державка 1 имеет пазы, расположенные под углами 70 и 80° к передней поверхности инструмента. Керамическая пластина 2 прижимается к корпусу клином 3, затягиваемым винтом 4. Такое зажатие пластины целесообразно, так как вследствие большой хрупкости минералокерамики она легко может быть разрушена, если ее зажать сверху. В пластину упирается

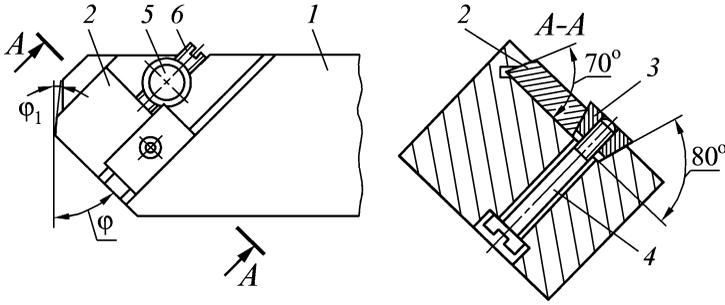


Рис. 2.22. Резец с механическим креплением керамической пластины

регулирующий винт 6, ввернутый в палец 5, который запрессован в державке. По мере переточки пластины ее ширина уменьшается; подвертыванием регулировочного винта 6 устанавливается вылет пластины, который не должен превышать 0,5...0,8 мм.

Токарный проходной резец с механическим креплением пластины на подвижной опоре (рис. 2.23) состоит из режущей пластины 2, опорной пластины, шпонки 4, винта с эксцентриковой цилиндрической головкой 5 и державки 1. При повороте винта его головка, входящая в отверстие опорной пластины, перемещает последнюю; режущая пластина, находящаяся в гнезде корпуса, под действием шпонки 4, расположенной под некоторым углом к опорным поверхностям гнезда, прижимается к этим поверхностям и закрепляется. В резце могут быть использованы как стандартизованные пластины (с некоторой доработкой), так и пластины специальные из различных инструментальных материалов.

Разрушение режущей части инструмента происходит под действием изгибных напряжений. Режущая пластина работает как балка на упругом основании. Наибольшая упругая деформация основания возникает у задней поверхности. В ряде случаев в этом месте возникает пластическая деформация, приводящая к появлению зазора между пластиной и основанием и резкому увеличению напряжения в пластине.

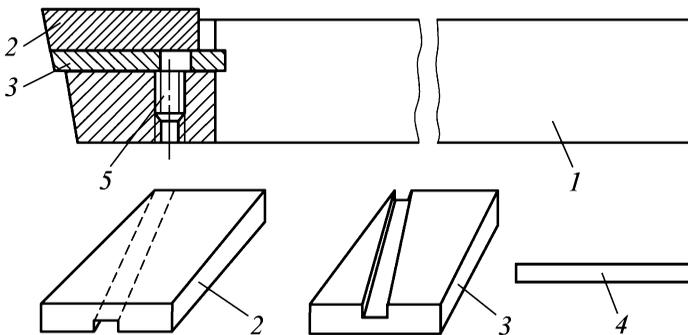


Рис. 2.23. Проходной резец с механическим креплением пластин:

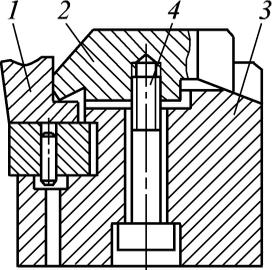
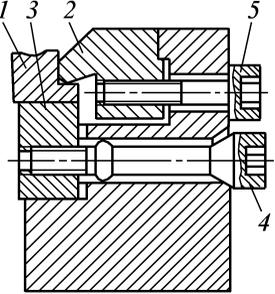
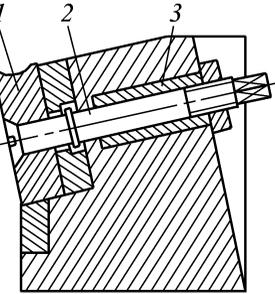
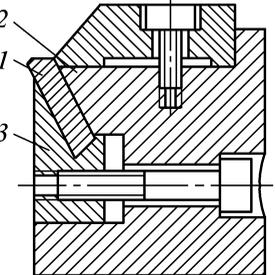
1 – державка; 2 – пластина; 3 – опорная пластина; 4 – шпонка; 5 – эксцентриковый винт

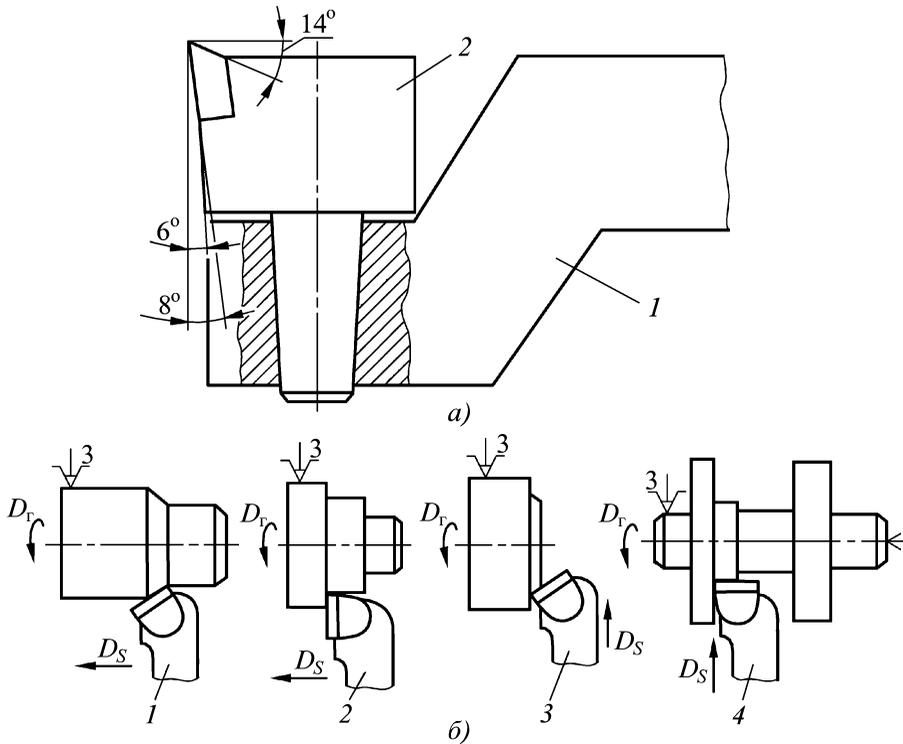
Для устранения этого явления место крепления пластины можно перенести таким образом, чтобы вместо напряжений изгиба действовали напряжения сжатия. Некоторые конструкции резцов для тяжелых режимов резания, представленные в табл. 2.23, предусматривают шарнирное крепление режущей пластины к корпусу таким образом, чтобы геометрическая ось поворота вставки была расположена в плоскости, перпендикулярной к направлению перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности, и проходила через вершину режущей пластины. Такие конструкции позволяют перемещаться пластине в направлении деформации опоры, однако при этом она не раскрепляется и в ней не возникают напряжения изгиба.

**2.23. Конструкции резцов для тяжелых режимов резания**

Эскиз	Конструктивные особенности
	<p>В комбинированном опорном элементе сменная режущая пластина с центральным отверстием 1 жестко крепится прихватом 2 к вставке 3, шарнирно соединенной с корпусом 4. Своей опорной поверхностью режущая пластина контактирует со сменной опорой 5, жестко закрепленной в корпусе винтом 6</p>
	<p>Конструкция позволяет повысить срок службы шарнирной опоры 2 режущей пластины 1 из-за того, что опора составная</p>
	<p>Использование короткой режущей пластины с выемкой под прихват позволяет приблизить реакцию опорной поверхности к режущей кромке и тем самым увеличить долю напряжения сжатия по сравнению с напряжением изгиба в напряженном состоянии режущей пластины. Зажимная поверхность прихвата 2 и контактирующая с ней поверхность режущей пластины 1 имеют цилиндрическую форму, что позволяет пластине амортизировать при упругих деформациях опоры</p>

Окончание табл. 2.23

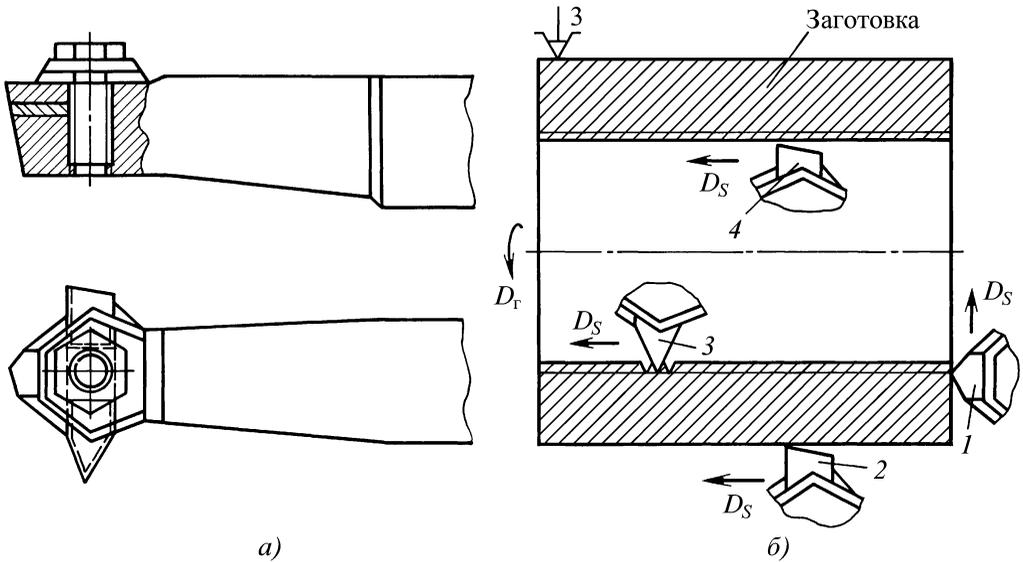
Эскиз	Конструктивные особенности
	<p>Прочность режущего элемента увеличивается при конструктивном сближении прихвата не только с главной задней поверхностью, но и с передней. Режущая пластина 1 упирается своей верхней частью в прихват-стружколом 2. Самоустановка прихвата при затягивании крепежного винта 4, а также равномерное усилие распределения силы закрепления по поверхности прихвата достигаются благодаря тому, что опорная поверхность прихвата имеет форму усеченного конуса, контактирующего с конической поверхностью корпуса 3. Ось конуса перпендикулярна торцовой упорной поверхности прихвата. Из-за наличия уклона опорной поверхности установочного паза создается сила, прижимающая режущую пластину к прихвату</p>
	<p>Крепление прихвата 2 и опоры 3 осуществляется с боковой стороны реза. Режущая пластина 1 и опора прижимаются к двум поверхностям вследствие движения винтов 4 и 5</p>
	<p>Пластина 1 расположена вдоль задней поверхности; она имеет большую прочность, так как сила <math>P_z</math> в большинстве случаев значительно больше силы <math>P_y</math>. Крепление пластины осуществляется винтом 2 за коническую часть отверстия пластины. Втулка 3, выполненная из меди, предназначена для увеличения силы закрепления при ее удлинении из-за разных коэффициентов теплового линейного расширения материалов корпуса и втулки</p>
	<p>Режущая пластина 1 установлена в паз наклонно между корпусом 2 и Г-образным прихватом 3, выполняющим роль опоры. Угол наклона режущего элемента выбирают таким, чтобы его расположение приблизительно совпадало с направлением равнодействующей силы резания. Форма режущей пластины допускает восемь перестановок</p>



**Рис. 2.24. Резец со сменной рабочей головкой (а) и схема использования (б) его в качестве резца:**  
 1 – проходного; 2 – упорного; 3 – торцового; 4 – прорезного

В условиях единичного и мелкосерийного производства находят применение резцы со сменной рабочей головкой (вставками). Резец (рис. 2.24, а) состоит из державки 1 с коническим отверстием и сменной рабочей головки с коническим хвостовиком. Рабочая головка устанавливается хвостовиком в коническое отверстие державки, где заклинивается в результате действия сил резания. Для извлечения головки из державки достаточно легкого постукивания молотком снизу по хвостовику. Рабочая головка резца устанавливается под любым углом в плане (рис. 2.24, б), благодаря чему расширяются технологические возможности резца. Аналогичные возможности и у комбинированного резца со сменными вставками (рис. 2.25). Сменные вставки устанавливаются в пазы державки резца и прижимаются планкой при помощи винта. Вставки могут быть цельными из быстрорежущей стали либо оснащаться пластинами из твердого сплава.

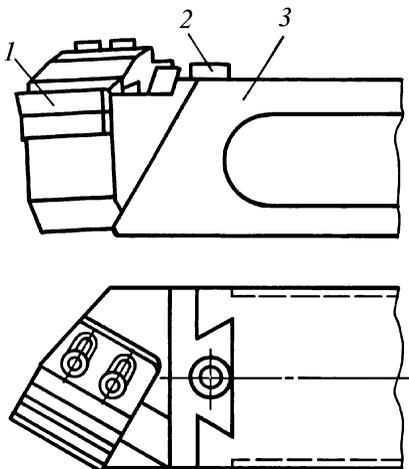
Для средних и тяжелых токарных и карусельных станков создан сборный резец (рис. 2.26), который состоит из державки 3, сменных резцовых вставок 1, закрепляемых на державке посредством соединения типа ласточкина хвоста и винта 2. Для надежного крепления вставок поверхности соединения типа ласточкина хвоста выполнены под углом к опорной поверхности державки. В одну



**Рис. 2.25. Комбинированный резец со сменными вставками (а) и схема использования (б) его в качестве резца:**

1 – торцового; 2 – проходного упорного; 3 – внутреннего резьбового; 4 – расточного

державку можно устанавливать резцовые вставки нескольких типов: проходные правые и левые, подрезные упорные и торцовые, прорезные, резьбовые, а также вставки для обработки переходных поверхностей. Вставки состоят из стального кованого корпуса, опорной пластины, режущей твердосплавной пластины, прихвата и крепежных элементов. По мере изнашивания пластины изменение размера компенсируется прокладками.



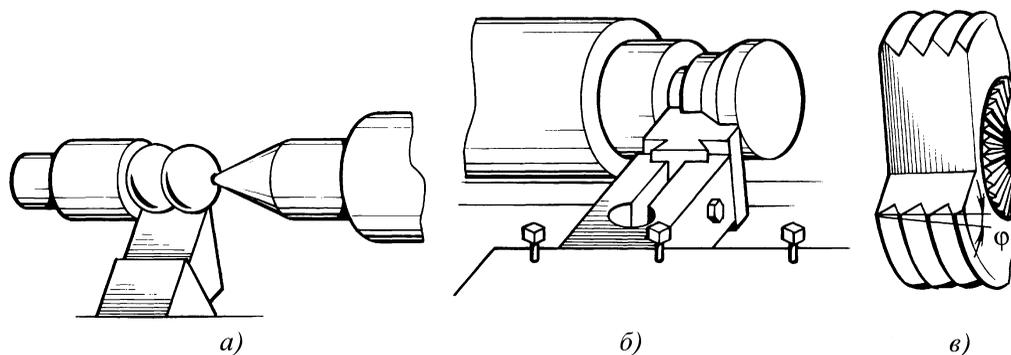
**Рис. 2.26. Сборный резец со сменными резцовыми вставками**

## 2.6. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для обработки переходных поверхностей, канавок и других фасонных поверхностей применяются фасонные резцы (рис. 2.27): стержневые, призматические и круглые. Профиль режущей кромки фасонного резца полностью совпадает с профилем обрабатываемой поверхности. В зависимости от направления подачи фасонные резцы подразделяются на радиальные и тангенциальные. Радиальные фасонные резцы могут работать как с продольной, так и с поперечной подачей (рис. 2.28). При обработке тангенциальными резцами точность обработки зависит только от точности установки и настройки резца и не зависит от точности выключения подачи.

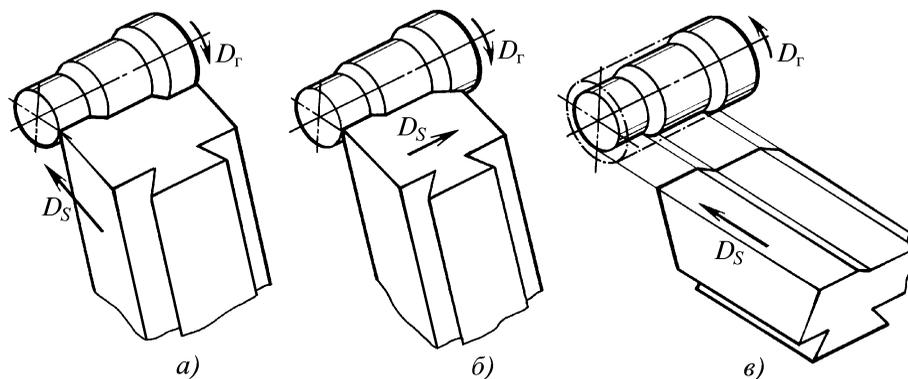
Системы координат и координатные плоскости при точении призматическим фасонным резцом показаны на рис. 2.29.

Круглые фасонные резцы могут выполняться с кольцевыми (рис. 2.30, *а*) и винтовыми образующими (рис. 2.30, *б-г*), которые после обработки обеспечивают получение меньшей шероховатости поверхности. Дисковый круглый резец устанавливают на станок таким образом, чтобы его ось находилась выше оси



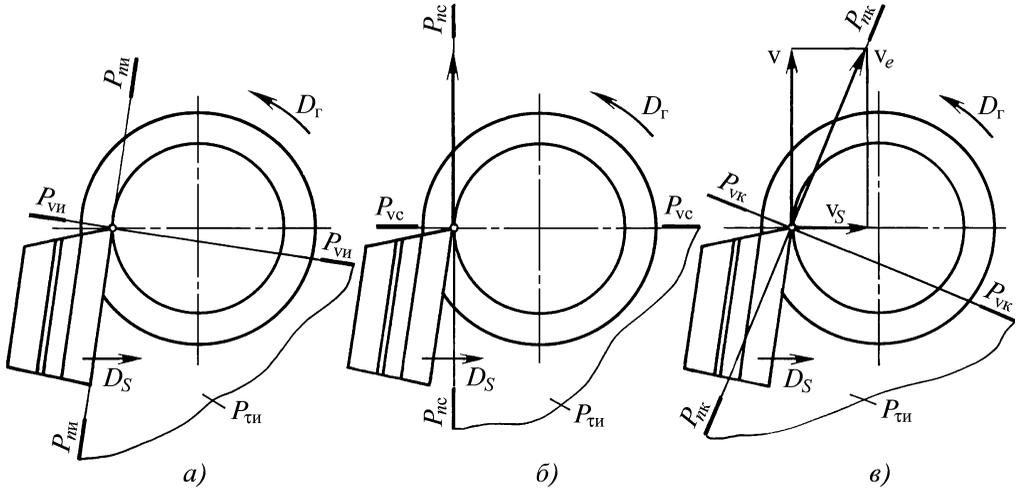
**Рис. 2.27. Фасонные резцы:**

*а* – стержневой; *б* – призматический; *в* – круглый



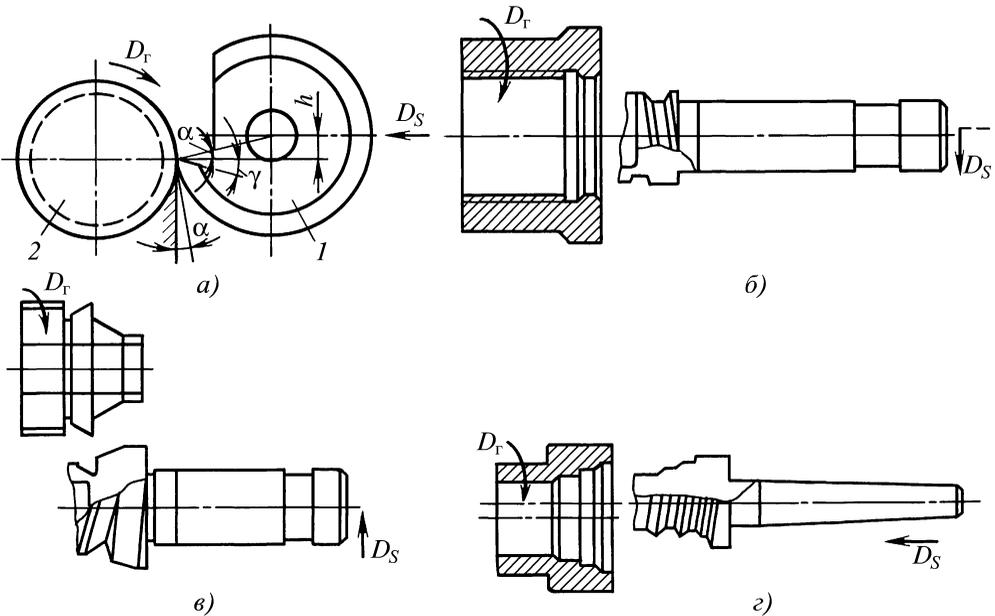
**Рис. 2.28. Схема работы фасонных резцов с подачей:**

*а* – поперечной; *б* – продольной; *в* – тангенциальной



**Рис. 2.29. Координатные плоскости и системы координат при фасонном точении:**  
*a* – инструментальная; *б* – статическая; *в* – кинематическая

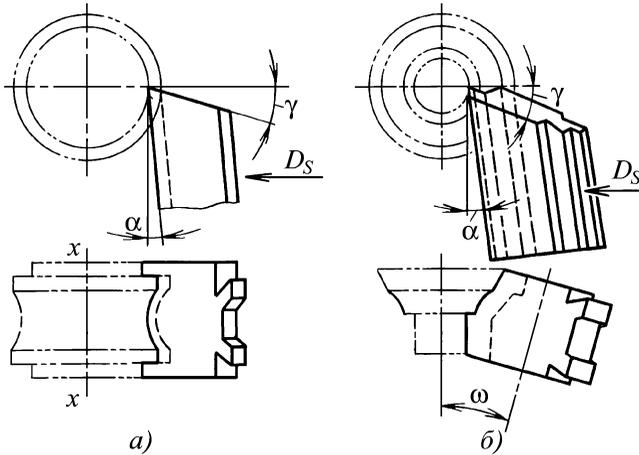
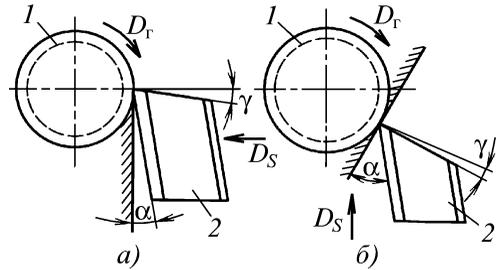
заготовки на величину  $h$  (рис. 2.30, *a*). Это необходимо для получения заднего угла  $\alpha$ , отличного от нуля. Круглые фасонные резцы конструкций, работающих с поперечной (рис. 2.30, *a–в*) и продольной (рис. 2.30, *з*) подачами, служат для обработки наружных (рис. 2.30, *a, в*) и внутренних (рис. 2.30, *б, з*) поверхностей.



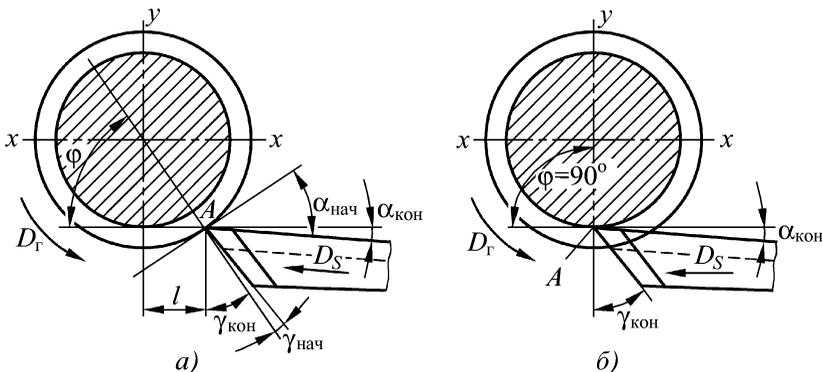
**Рис. 2.30. Круглые фасонные резцы с кольцевыми (а) и винтовыми образующими (б–з) для обработки наружных поверхностей с радиальной подачей (а, в) и внутренних поверхностей с радиальной (б) и продольной (з) подачами:**  
*1* – резец; *2* – заготовка

Призматические фасонные резцы используются для работы с радиальной (рис. 2.31, *а*) и тангенциальной (рис. 2.31, *б*) подачами. У призматических радиальных фасонных резцов задние углы  $\alpha$  создаются соответствующей установкой резца в державке (рис. 2.32). Особенностью тангенциальных резцов является изменение значений углов  $\alpha$  и  $\gamma$  в процессе резания. На рис. 2.33 показано положение тангенциального резца до обработки (рис. 2.33, *а*) и после (рис. 2.33, *б*),

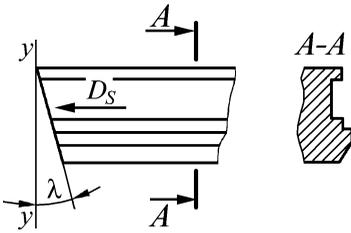
**Рис. 2.31. Призматические фасонные резцы для обработки с радиальной (*а*) и тангенциальной (*б*) подачами:**  
 1 – заготовка; 2 – резец



**Рис. 2.32. Призматический радиальный фасонный резец, установленный перпендикулярно (*а*) и под углом  $\omega$  (*б*) к заготовке**



**Рис. 2.33. Изменение углов тангенциального резца в процессе обработки**



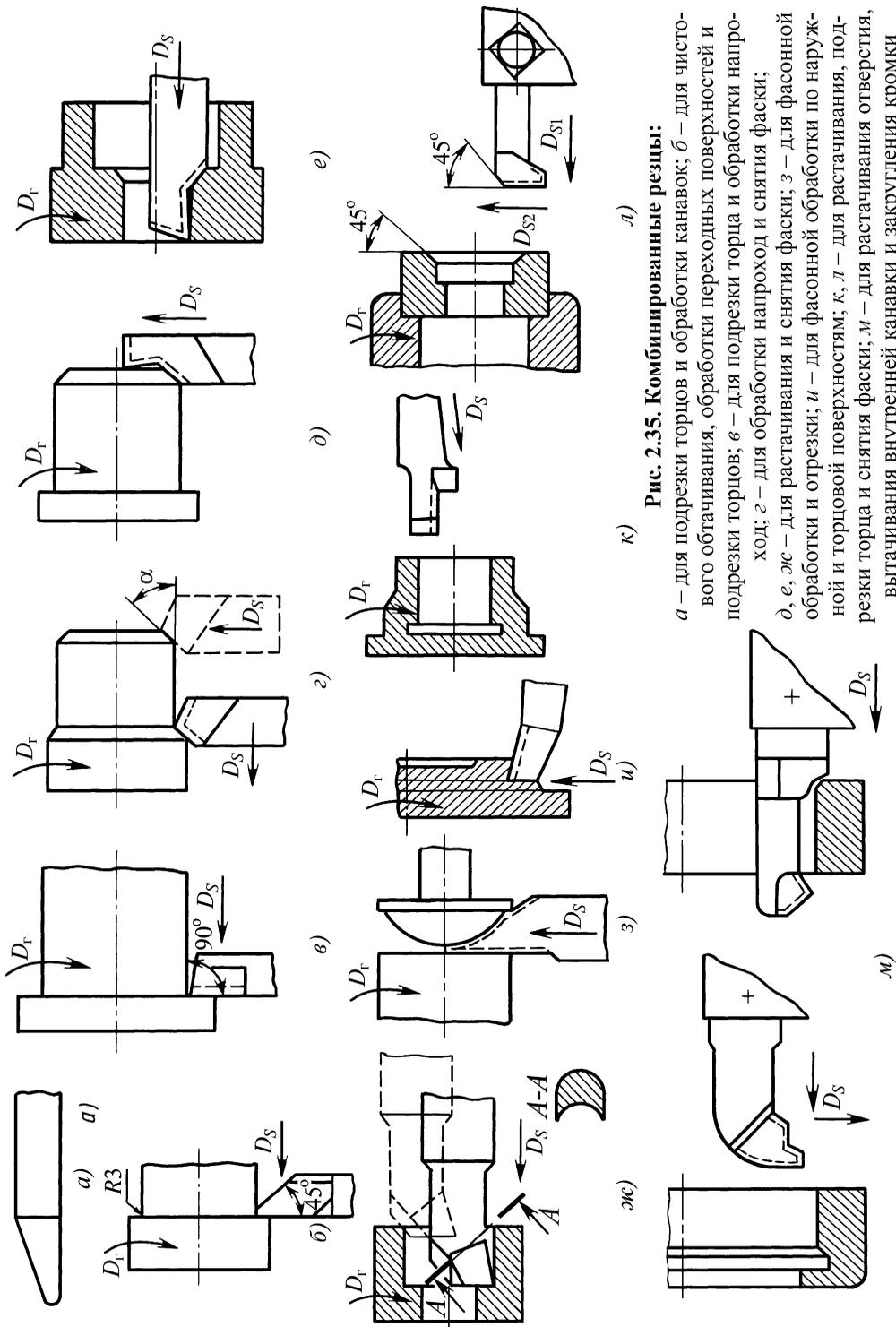
**Рис. 2.34. Тангенциальный фасонный резец, обеспечивающий плавное врезание в заготовку**

из чего следует, что  $\gamma_{\text{нач}} < \gamma_{\text{кон}}$ ,  $\alpha_{\text{нач}} > \alpha_{\text{кон}}$ . Поскольку разница значений углов тем больше, чем больше припуск, то такие резцы применяются в основном для чистовой обработки. На рис. 2.34 показан тангенциальный фасонный резец, у которого режущая кромка наклонена к обрабатываемой поверхности под углом  $\lambda$ , в результате чего обеспечивается плавное врезание и соответственно снижение сил резания, необходимых при обработке заготовок малой жесткости.

Для совмещения переходов целесообразно применять комбинированные резцы. Усложнение конструкции и процесса заточки комбинированных резцов обычно окупается экономией вспомогательного времени (на замену инструмента) и основного вследствие совмещения различных переходов. Представленные на рис. 2.35 комбинированные резцы позволяют либо одновременно обрабатывать не менее двух поверхностей, либо, изменяя направление подачи, одним инструментом обрабатывать различные поверхности.

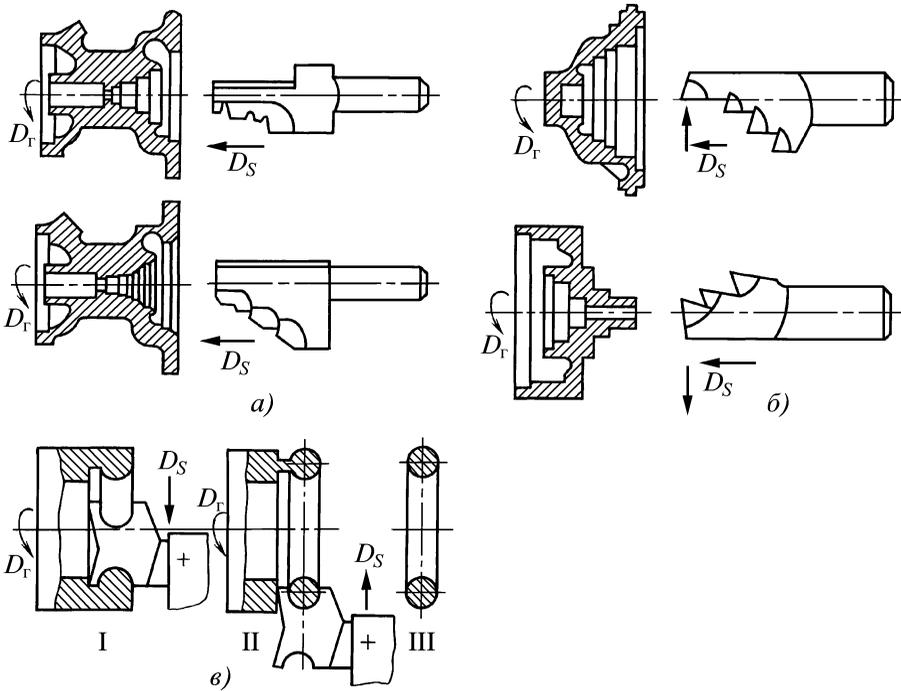
На рис. 2.36 показаны многокромочные резцы для обработки корпусных деталей из алюминиевых сплавов и вытачивания тороидального кольца. Расстояние между кромками должно быть выдержано с высокой точностью и после переточек должно восстанавливаться. Комбинированный фасонный резец (рис. 2.37) предназначен для последовательной расточки отверстия диаметром 21 мм на продольной подаче и обработки фасонной поверхности на поперечной подаче при одинаковом направлении вращения шпинделя токарного станка. На одной державке выполнено два резца из быстрорежущей стали: обычный расточный и расточный фасонный, ось которого смещена не только вверх относительно оси державки для получения заднего угла на фасонном резце, но и в сторону режущей кромки расточного резца. Передний угол у резцов равен  $10^\circ$ , а задний угол у фасонного резца  $12^\circ$ , у расточного  $16^\circ$ . Режущие кромки резцов находятся в одной плоскости.

Комбинированный расточный фасонный резец (рис. 2.38, а) изготовлен из поковки диаметром 12 мм из стали 40Х с напаянной пластиной из твердого сплава. Конструкция режущей кромки показана на рис. 2.38, б. При продольной подаче суппорта резец режущей кромкой 1 растачивает отверстие до заданного диаметра, а затем режущей кромкой 4 снимает фаску  $0,5 \times 45^\circ$ . При необходимости резец может использоваться для одновременной подрезки торца заготовки и снятия фаски. В этом случае при продольной подаче суппорта станка резец режущей кромкой 3 снимает фаску  $0,5 \times 45^\circ$ , а режущей кромкой 2 подрезает торец обрабатываемой заготовки на необходимую величину.

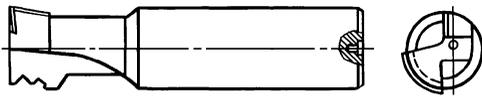


**Рис. 2.35. Комбинированные резцы:**

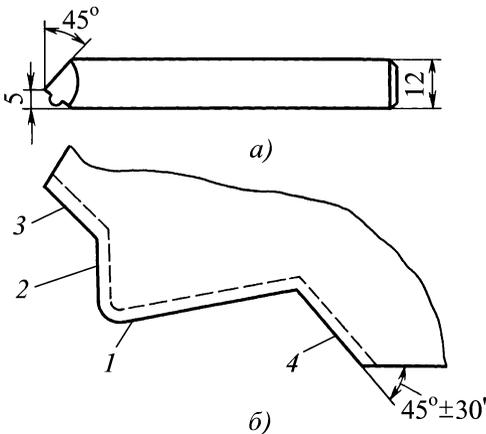
*a* – для подрезки торцов и обработки канавок; *б* – для чистового обтачивания, обработки переходных поверхностей и подрезки торцов; *в* – для подрезки торца и обработки напроход; *з* – для обработки напроход и снятия фаски; *д, е, ж* – для растачивания и снятия фаски; *з* – для фасонной обработки и отрезки; *и* – для фасонной обработки по наружной и торцовой поверхностям; *к, л* – для растачивания, подтачивания внутренней канавки и закругления кромки



**Рис. 2.36. Многокромочные резцы для обработки корпусных деталей (а, б) и для вытачивания тороидального кольца (в):**  
 I – растачивание; II – обтачивание и отрезание; III – готовое кольцо



**Рис. 2.37. Комбинированный фасонный резец**



**Рис. 2.38. Комбинированный фасонный резец (а) и его режущая кромка (б) (угол между кромками 1 и 3 равен  $135^\circ \pm 30'$ )**

## 2.7. РЕЗЦЫ С НАПАЙНОЙ ПЛАСТИНОЙ

Гнезда в державке под напайную пластину имеют различную форму (рис. 2.39). Открытое гнездо применяют для многих типов резцов, полузакрытое гнездо – для пластин, имеющих закругления, закрытое и врезное гнезда для пластин малых размеров, так как они обеспечивают более надежное соединение пластин с державкой.

По форме сечения державки резцы делятся на прямоугольные, квадратные и круглые. Резцы прямоугольной формы применяются чаще других, так как при врезании пластины обеспечивается меньшее снижение прочности державки, чем у державок квадратного сечения. Квадратная форма сечения державки используется для расточных, автоматически-револьверных резцов, круглая – для расточных и резбовых резцов; она позволяет поворачивать резцы в резцедержателе. Размеры сечений державок (мм) нормализованы (например, прямоугольные 10×16, 12×16, 12×20, 16×20, 16×25, 20×25, 20×32, 25×40, 32×40, 32×50, 40×55 мм и т.д.).

Толщина пластины определяется в основном ее прочностью и допусκαемым числом переточек по передней поверхности. Чем больше силы при резании и интенсивнее изнашивание по передней поверхности лезвия, тем больше должна быть толщина пластины. Толщина твердосплавных пластин равна 2,5...12 мм. В стандартных резцах соотношение между толщиной пластины  $s$  и высотой стержня  $H$  следующее:  $s = (0,16...0,20) H$ .

Размеры и форма гнезд соответствуют размерам и форме пластин и вставок. Так, у резцов с пластинами из твердого сплава глубина паза выбирается в зависимости от толщины пластины: при толщине пластины до 4 мм глубина паза равна толщине пластины; при толщине пластины 4...7 мм – половине толщины, при толщине свыше 7 мм – 0,4 толщины пластины. Глубина гнезда под пластину у отрезных резцов принимается равной толщине пластины.

Особые требования предъявляются к опорным поверхностям резца, которые должны быть выполнены так, чтобы при проверке на контрольной плите резец прилегал к ней без зазоров и без качки. Параметр шероховатости  $Rz$  опорных поверхностей гнезда и корпуса не должен превышать 10 мкм для опорной поверхности гнезда и 20 мкм – для опорной поверхности корпуса.

На рис. 2.40 показан сборный отрезной резец с виброгасящей державкой 2. Регулирование жесткости резца осуществляется при помощи деревянной или капроно-

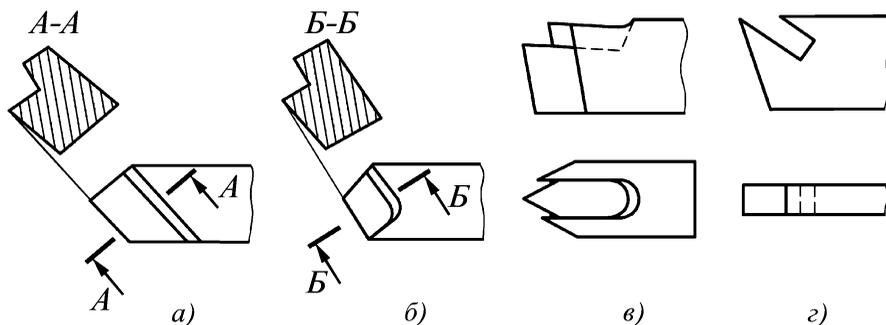
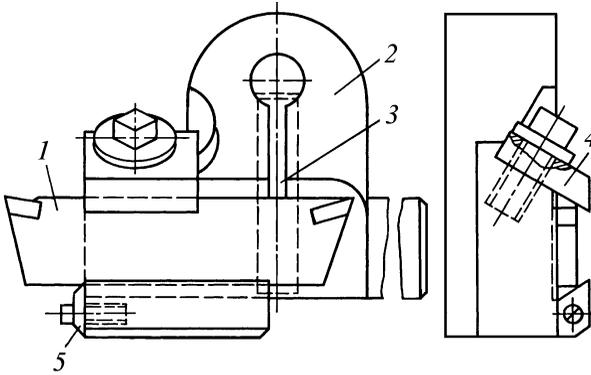


Рис. 2.39. Формы гнезда под пластины:

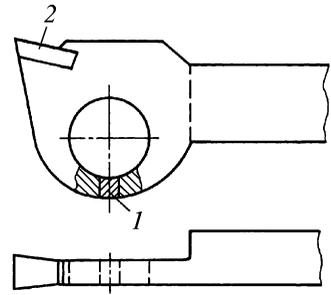
$a$  – открытая;  $b$  – полузакрытая;  $c$  – закрытая;  $d$  – врезная



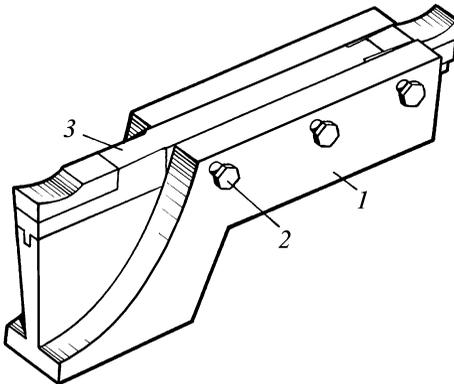
**Рис. 2.40. Виброгасящий отрезной резец**

вой вставки 3, забиваемой в прорезь державки 2. Вылет пластины 1 регулируется в зависимости от требуемой глубины прорезаемой канавки или диаметра отрезаемой заготовки. Опорная рифленая планка 5 крепится к державке винтом и при изнашивании опорной поверхности может заменяться. Пластина 1 прижимается к опорной рифленой планке 5 прижимной планкой 4 при помощи винта. Сменные режущие пластины изготавливают из быстрорежущей стали или твердого сплава.

В отрезном резце с оттянутой частью державки (рис. 2.41) виброгашение обеспечивается впаянной в прорезь державки медной пластиной. Для работ в тяжелых условиях резания применяется отрезной резец с усиленной опорой и двусторонней рабочей пластиной (рис. 2.42). Державка резца изготавливается ковкой; не допускается использовать для этой цели листовой прокат.



**Рис. 2.41. Отрезной резец с впаянной виброгасящей медной пластиной:**  
1 – медная пластина;  
2 – режущая пластина



**Рис. 2.42. Отрезной резец с усиленной опорой и двусторонней рабочей пластиной:**  
1 – державка; 2 – винт; 3 – пластина

## 2.8. РЕЗЦЫ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Резцы из сверхтвердых материалов (СТМ) выполняют сборными (табл. 2.24 и 2.25). Режущий элемент из СТМ припаивают или приклеивают к вставкам (табл. 2.26 и 2.27), что обеспечивает сокращение вспомогательного времени при замене режущей части и сокращает время на наладку после переточек вставок.

2.24. Резцы сборные с механическим креплением вставок из СГМ, мм

Тип резца	Эскиз	Резец				Обозначение вставки				
		Обозначение	H	B	L					
Проходной		ИС-201.00.00	16	16	125	ИС-200.00.02				
		ИС-201.00.01				ИС-200.00.03				
		ИС-201.00.02	20			ИС-200.00.02				
		ИС-201.00.03				ИС-200.00.03				
		ИС-201.00.04	25			ИС-200.00.02				
		ИС-201.00.05				ИС-200.00.03				
		ИС-201.00.06	32			ИС-200.00.16				
		ИС-201.00.07				ИС-200.00.17				
		Подрезной				ИС-202.00.00	16	16	125	ИС-200.00.04
						ИС-202.00.01	20			
ИС-202.00.02	25			140						
ИС-202.00.03	32				170					

Окончание табл. 2.24

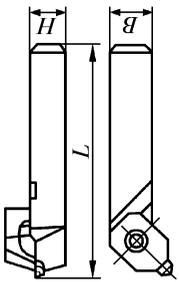
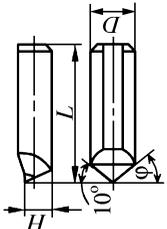
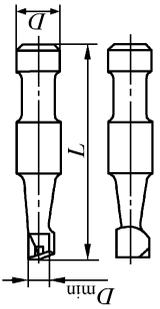
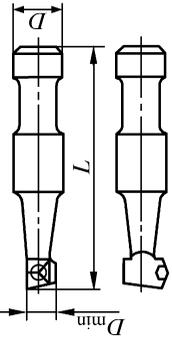
Тип резца	Эскиз	Резец				Обозначение вставки
		Обозначение	H	B	L	
Расточный		ИС-204.00.00	16	16	140	ИС-200.00.06
		ИС-204.00.01	20	20	170	
		ИС-204.00.02	25			32
		ИС-204.00.03	32	50*	140	
		ИС-224.00.00А	50*			16
		ИС-224.00.01	65*	25	170	ИС-200.00.08

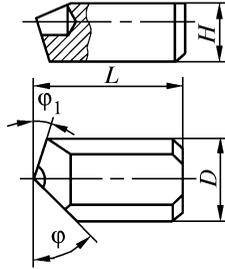
\* Для ИС-224.00.00А и ИС-224.00.01 даны размеры  $l$ .

2.25. Сборные резцы со вставками из композита 01, мм

Тип резца	Эскиз	Обозначение	$L$	$H \times B$ или $D$	$h$ или $d$	$h_1$	$D_{\min}$
Прходной		РЭО 82-00	170	$25 \times 20$	25	35	—
		РЭО 92-00	120	$20 \times 16$	20	30	
Сборный расточный		РЭО 81-00	170	$25 \times 20$	19	—	23
		РЭО 94-00	120	$20 \times 16$	15	—	15
Сборный подрезной отогнутый		РЭО 80-00	170	$25 \times 20$	22,5	35	—
		РЭО 93-00	120	$20 \times 16$	16,5	30	

Окончание табл. 2.25

Тип резца	Эскиз	Обозначение	L	H × B или D	h или d	h <sub>1</sub>	D <sub>min</sub>
Сборные подрезные		РЭО 175-00	140	25 × 16	—	—	—
		РЭО 171-00	40				
Цельный расточный круглый		РЭО 172-00	50	16	10,5	—	—
		РЭО 173-00	10				
		РЭО 166-00	70	12	—	—	8
Цельный расточный для глухих отверстий		РЭО 167-00	90	18	—	—	12
		РЭО 168-00	90				16
		РЭО 120-00	70	12	—	—	8
Цельный расточный		РЭО 130-00	80	18	—	—	12
		РЭО 131-00	90				16

**2.26. Вставки цилиндрические с режущим элементом из композита 01, мм**

Обозначение вставки	D	H	L	φ	φ <sub>1</sub>	Обозначение вставки	D	H	L	φ	φ <sub>1</sub>
				градусы						градусы	
ИС-200.00.00	7	5,9	18	45	15	ИС-200.00.13	9	6,9	15	30	15
ИС-200.00.01	8	6,4	12	15	45	ИС-200.00.14				45	
ИС-200.00.02				30	15	ИС-200.00.15				50	50
ИС-200.00.03				45	50	ИС-200.00.16	30	15			
ИС-200.00.04				50	50	ИС-200.00.17	45				
ИС-200.00.05				15	15	45	ИС-200.00.18	50	50		
ИС-200.00.06			15	45	15	ИС-200.00.19	12	8,4	20	30	15
ИС-200.00.07			15	45	15	ИС-200.00.20				45	
ИС-200.00.08			15	45	15	ИС-200.00.21				50	50
ИС-200.00.09			25	15	45	ИС-200.00.22	16	10,4	20	30	15
ИС-200.00.10			25	45	15	ИС-200.00.23				45	
ИС-200.00.11			25	15	45	ИС-200.00.24				50	50
ИС-200.00.12			30	45	15						

**2.27. Вставки из композита 01 для комплектации различных типов резцов, мм**

Тип резца	Эскиз	L	D	H	h
Проходной РЭО 92-03		16	8	7	6,5

Окончание табл. 2.77

Тип резца	Эскиз	$L$	$D$	$H$	$h$
Расточный РЭО 92-02		18	8	—	5
Подрезной: РЭО 93-02		16	8	—	6,5
РЭО 176-00		16	8	7,5	6,5

## 2.9. МЕТОДЫ ЗАТОЧКИ ТОКАРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Эффективность элементов стружколомания и стружкозавивания определяется их способностью стабильно завивать сходящую стружку с последующим ее ломанием в широком диапазоне режимов резания для различных обрабатываемых материалов. Стружколомание обеспечивается определенной геометрией режущей кромки, стружколомающих канавок и порожков на передней поверхности, применением накладных стружколомов, специальных стружколомателей и экранов, не являющихся конструктивными элементами резца, а также кинематическими способами.

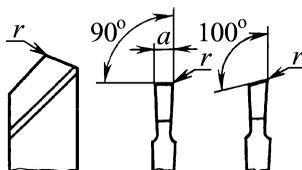
Из геометрических параметров режущей кромки резца наибольшее влияние на стружколомание оказывают угол в плане  $\phi$  и передний угол  $\gamma$ . С увеличением угла  $\phi$  стружка становится более толстой и при завивании легко отламывается. Поэтому при обработке вязких материалов целесообразно работать резцами с большими углами в плане (до  $90^\circ$ ). Передний угол  $\gamma$  способствует стружколома-

нию при отрицательных значениях ( $-10^{\circ} \dots -15^{\circ}$ ) за счет увеличенной радиальной составляющей силы резания. При нежесткой системе СПИЗ целесообразно с отрицательным углом выполнять не всю переднюю поверхность, а лишь ленточку лезвия вдоль режущей кромки шириной 1,5...2 мм; остальная часть передней поверхности может при этом иметь положительный передний угол. Стружколомание за счет использования соответствующей геометрии режущей кромки эффективно лишь в узких диапазонах режимов резания.

Широко применяется стружкозавивание за счет создания на передней поверхности лезвия стружкозавивающей канавки.

Различные формы заточки передней поверхности лезвия резцов из быстрорежущей стали представлены в табл. 2.28, а для резцов с напайными пластинами из твердого сплава – в табл. 2.29.

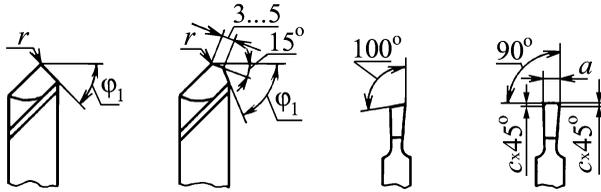
**2.28. Формы заточки передней поверхности лезвия резцов из быстрорежущей стали (по ГОСТ 18868–73 (в ред. 1991 г.))**



Вид передней поверхности	Эскиз	Обрабатываемый материал
Плоская с положительным передним углом		Сталь с $\sigma_b > 800 \text{ Н/мм}^2$ , серый чугун с твердостью более 220 НВ, бронза и другие хрупкие материалы
Криволинейная с фаской		Сталь с $\sigma_b \leq 800 \text{ Н/мм}^2$ , вязкие цветные металлы и легкие сплавы (при необходимости завивания стружки)

Примечание.  $a$  – ширина головки;  $a = 3 \dots 20 \text{ мм}$ .

**2.29. Формы заточки передней поверхности резцов с напайными пластинами из твердого сплава (по ГОСТ 18877-73 (в ред. 1985 г.))**



Вид передней поверхности	Эскиз	Обрабатываемый материал
<p>Плоская:</p> <p>с положительным передним углом</p>		<p>Серый чугун, бронза и другие хрупкие материалы</p>
<p>с отрицательной фаской</p>		<p>Ковкий чугун, сталь и стальные отливки с <math>\sigma_b \leq 800 \text{ Н/мм}^2</math>, а также <math>\sigma_b &gt; 800 \text{ Н/мм}^2</math> при недостаточной жесткости технологической системы. Для отвода и дробления стружки следует применять стружколом</p>
<p>с отрицательной фаской и припайным стружколомом</p>		<p>Сталь и стальное литье с <math>\sigma_b \leq 800 \text{ Н/мм}^2</math> (при необходимости завивания и дробления стружки)</p>
<p>Криволинейная с отрицательной фаской</p>		<p>Сталь с <math>\sigma_b \leq 800 \text{ Н/мм}^2</math> (при необходимости завивания и дробления стружки)</p>

Продолжение табл. 2.29

Вид передней поверхности	Эскиз	Обрабатываемый материал
<p>Плоская:</p> <p>с мелко­раз­мерной лун­кой и <math>\gamma = 0^\circ</math></p> <p>с мелко­раз­мерной лун­кой и <math>\gamma = -5^\circ</math></p> <p>с отрицатель­ным перед­ним углом</p>		<p>Сталь и стальные отливки с <math>\sigma_B \leq 600 \text{ Н/мм}^2</math></p> <p>Сталь и стальные отливки с <math>\sigma_B &gt; 600 \dots 800 \text{ Н/мм}^2</math></p>
<p>Криволинейная с отрицательной фаской</p>		<p>Коррозионно-стойкая сталь с <math>\sigma_B \leq 850 \text{ Н/мм}^2</math></p>
		<p><math>\sigma_B = 700 \dots 1000 \text{ Н/мм}^2</math></p>

Окончание табл. 2.29

Вид передней поверхности	Эскиз	Обрабатываемый материал
Криволинейная с отрицательной фаской		$\sigma_B < 1300 \text{ Н/мм}^2$
		$\sigma_B < 1200 \text{ Н/мм}^2$
Плоская с отрицательным передним углом		$\sigma_B > 1200 \text{ Н/мм}^2$

Ширина фаски лезвия  $f = 0,1 \dots 0,6$  мм для расточных, отрезных и прорезных резцов и  $f = 0,2 \dots 1,5$  мм – для проходных и подрезных резцов. Радиус при вершине  $r = 0,5 \dots 2,0$  мм у проходных и подрезных резцов и  $r = 0,5 \dots 1,6$  мм – у расточных.

На передней поверхности лезвия для облегчения отвода сливной стружки, ее завивания или ломания иногда выполняют крупноразмерные ( $r_1 = 4 \dots 18$  мм) или мелкоразмерные ( $r_1 = 0,5 \dots 3$  мм) канавки и порошки.

Стружка завивается тем круче, чем меньше радиус выкружки стружкозавивающей канавки и чем ближе она расположена к режущей кромке лезвия. Мелкоразмерная канавка имеет ширину не более  $A = 3$  мм и глубину до  $0,1 \dots 0,5$  мм, может быть замкнутой или незамкнутой с выходом в обе стороны (отрезные резцы) или в одну сторону.

Крупноразмерные канавки с шириной  $A = 3 \dots 15$  мм и глубиной до  $1,5$  мм делают на твердосплавных и быстрорежущих резцах. Между канавкой и режу-

щей кромкой обязательно остается фаска лезвия с положительным или отрицательным передним углом.

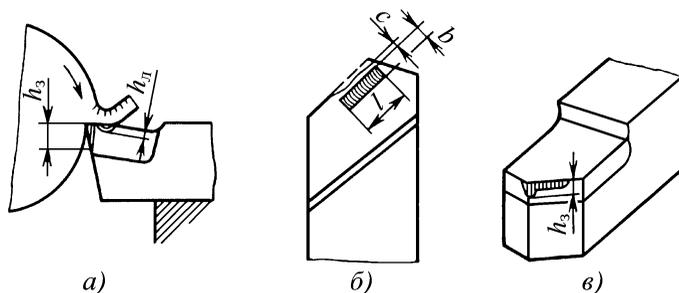
На твердосплавных резцах для ломания стружки вышлифовывают стружкозавивающую канавку или порожек, угол наклона  $\tau$  которых относительно режущей кромки равен  $5...10^\circ$ . Поверхность порожка может быть плоской или криволинейной. Основные размеры порошков и канавок на передней поверхности лезвия резцов приведены в табл. 2.30.

**2.30. Размеры стружкозавивающих канавок и порошков**

Элемент передней поверхности	Ширина	Радиус профиля в сечении	Глубина	Ширина фаски $f$	Угол наклона $\tau, ^\circ$
Канавки:					
мелкоразмерная	1...3	0,5...3	0,1...0,5	0,1...1,2	0...10
крупноразмерная	3...15	4...18	0,2...1,5		
Порожек	1,5...6	0,3...2	0,3...1,5	0,1...1,2	0...10

На изнашивание инструмента влияет ряд факторов: физико-механические свойства обрабатываемого металла и материала инструмента, состояние поверхностей и режущих кромок инструмента, вид и физико-химические свойства смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), режим резания, геометрические элементы режущей кромки инструмента, состояние станка, жесткость системы СПИЗ и другие условия обработки.

Изнашивание режущего инструмента может происходить только по задней поверхности, только по передней, а также одновременно по двум этим поверхностям. Изнашивание по задней поверхности характеризуется высотой площадки  $h_3$ , а по передней поверхности – в основном глубиной  $h_1$  и шириной лунки  $b$ ; длина лунки  $l$  изменяется незначительно (рис. 2.43).



**Рис. 2.43. Схема изнашивания резцов по передней и задней (а), по передней (б) и по задней (в) поверхностям**

В процессе работы инструмента изнашивание как передней, так и задней поверхности увеличивается, уменьшая площадку  $c$ . При  $c = 0$  режущая кромка разрушится и резец выйдет из строя.

Наиболее распространено *абразивное изнашивание* материала: разрушение материала происходит вследствие срезания и царапания его частицами более твердыми и высокопрочными, чем обрабатываемый материал. *Адгезионное изнашивание* обусловлено молекулярным взаимодействием контактируемых поверхностей, которое выражается в прилипании, схватывании, свариваемости частиц материалов. Способность атомов одного материала проникать (диффундировать) в другой материал, находящийся в контакте с ним, обуславливает третий вид изнашивания – *диффузионное*.

Изнашивание по задней поверхности обычно наблюдается у инструментов, срезающих сравнительно малую толщину (до 0,15 мм) материала при чистовых операциях. Инструменты, срезающие слой больше 0,3 мм, при большой скорости резания и при отсутствии СОЖ изнашиваются в основном по передней поверхности. Одновременное изнашивание по передней и задней поверхностям наблюдается у инструмента, работающего с малыми или средними скоростями резания при толщинах срезаемого слоя 0,15...0,3 мм.

Стойкость резца, соответствующая определенной величине износа в радиальном направлении, называется размерной стойкостью. Наибольший период размерной стойкости для заданного инструмента будет при работе с такой скоростью резания, при которой (в совокупности с другими условиями обработки) интенсивность изнашивания будет наименьшей. В производственных условиях для резцов за критерий затупления принимается соответствующая величина износа. Износ по передней поверхности мало влияет на протекание процесса резания; его влияние велико лишь при полном изнашивании резца. В связи с этим износ по задней поверхности является чаще всего лимитирующим.

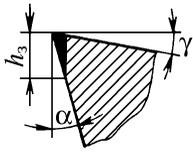
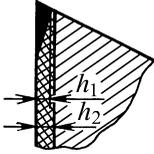
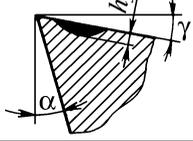
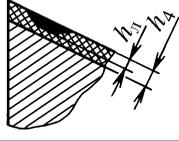
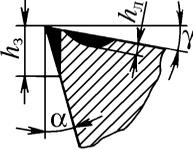
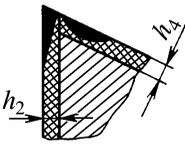
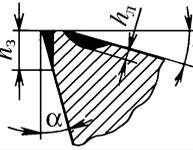
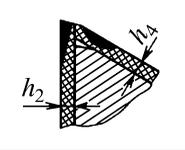
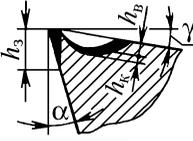
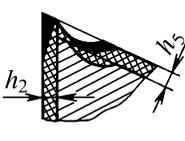
Виды изнашивания резцов и соответствующие им схемы переточки представлены в табл. 2.31.

Для токарных проходных, подрезных, расточных, отрезных и резьбовых резцов с пластинами из твердых сплавов и быстрорежущей стали величина износа по задней поверхности  $h_z$ , рекомендуемая в качестве критерия затупления, представлена в табл. 2.32.

Шероховатость различных поверхностей резца после заточки представлена в табл. 2.33.

Высокие требования предъявляются к уменьшению шероховатости при обработке коррозионно-стойких сталей, а также алюминиевых сплавов, когда сходящая стружка склонна к налипанию на поверхность инструмента. Для резания металла со снятием тонких стружек необходимо иметь малый радиус скругления режущей кромки (5...10 мкм) и минимальную ее шероховатость.

**2.31. Виды изнашивания резцов и схемы переточки**

Вид изнашивания резца	Схема изношенного резца	Схема переточки *	Формулы для расчета припуска при переточке резца, мм
По задней поверхности			$h_1 = h_3 \operatorname{tg} \alpha;$ $h_2 = h_1 + (0,1 \dots 0,2)$
По передней поверхности			$h_4 = h_{1n} + (0,1 \dots 0,2)$
По передней и задней поверхностям одновременно			$h_2 = h_3 \operatorname{tg} \alpha + (0,1 \dots 0,2);$ $h_4 = h_{1n} + (0,1 \dots 0,2)$
По фаске и задней поверхности			$h_2 = h_3 \operatorname{tg} \alpha + (0,1 \dots 0,2);$ $h_4 = h_{1n} + (0,1 \dots 0,2)$
По криволинейной передней и задней поверхностям			$h_2 = h_3 \operatorname{tg} \alpha + (0,1 \dots 0,2);$ $h_5 = h_{1n} + h_{1k} + (0,1 \dots 0,2)$

\* Заштрихован сошлифованный припуск.

**2.32. Допускаемый износ резцов и величина стачивания за одну переточку резца**

Тип резца	Материал		Допускаемый износ $h_3$	Величина стачивания за одну переточку по задней поверхности
	инструментальный	обрабатываемый		
мм				
Токарный	Быстрорежущая сталь	Сталь	$\frac{1,5 \dots 2,0}{0,8 \dots 1,0}$	$\frac{0,6 \dots 0,9}{0,3 \dots 0,4}$
Прходной, подрезной	Твердый сплав	Сталь, чугун	$\frac{1,0 \dots 1,5}{0,8 \dots 1,0}$	$\frac{0,4 \dots 0,6}{0,3 \dots 0,4}$

Окончание табл. 2.32

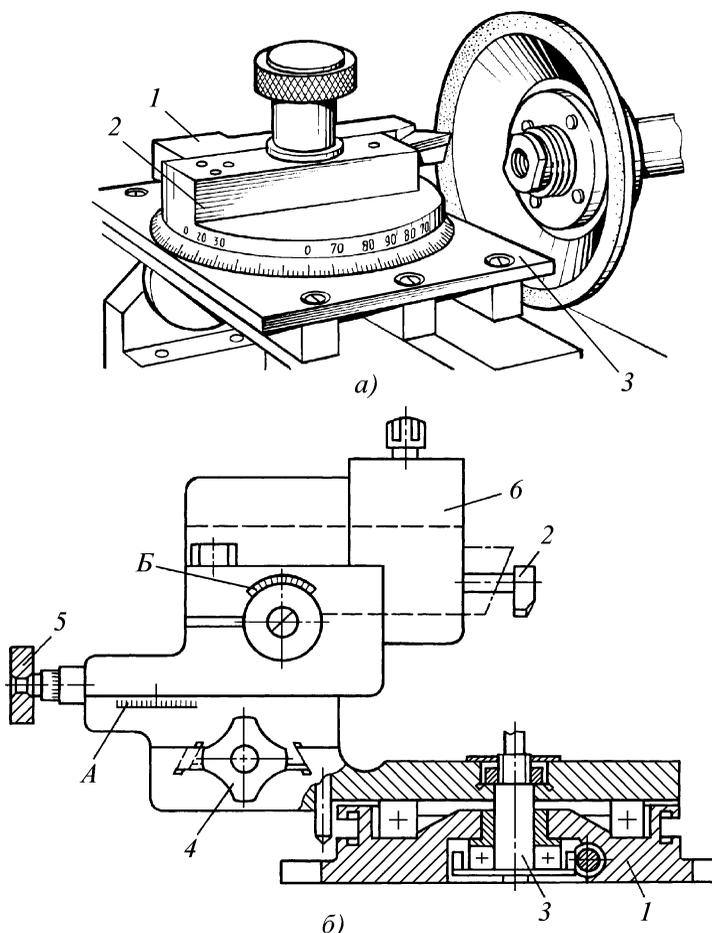
Тип реза	Материал		Допускаемый износ $h_3$	Величина стачивания за одну переточку по задней поверхности
	инструментальный	обрабатываемый		
мм				
Расточный	Твердый сплав	Сталь	$\frac{0,8 \dots 1,2}{0,3 \dots 0,5}$	$\frac{0,3 \dots 0,5}{0,15 \dots 0,2}$
		Чугун	$\frac{1,0 \dots 1,4}{0,4 \dots 0,5}$	$\frac{0,4 \dots 0,6}{0,15 \dots 0,2}$
Отрезной	Твердый сплав	Сталь, чугун	0,8...1,0	0,3...0,4
Резьбовой	Твердый сплав	Сталь, чугун	0,8...1,0	0,6...0,8

Примечание. В числителе даны значения при черновой обработке, в знаменателе – при чистовой.

### 2.33. Параметр шероховатости $Ra$ поверхностей резцов после заточки, мкм

Поверхность реза	Резец	
	быстрорежущий	твердосплавный
Задняя:		
по фаске	0,16...0,32	0,16...0,32
по пластине	0,32...0,63	0,63...1,25
по державке	0,63...2,5	1,25...2,5
Передняя:		
по фаске	0,16...0,32	0,16...0,32
по плоскости	0,32...0,63	0,63...1,25
криволинейная	0,32...1,25	0,32...1,25
по лунке	0,63...1,25	0,63...1,25
Поверхность стружколома	0,63...1,25	0,63...1,25

При заточке резцов на заточных и доводочных станках используют различные приспособления, устройства и вспомогательный инструмент. Приспособления такого рода применяют и для доводки резцов по радиусу (рис. 2.44, а), для шлифования стружколомающих канавок и порожков. Резец 1 устанавливают на подручнике 2, который поворачивается относительно оси и корпуса 3 приспособления.

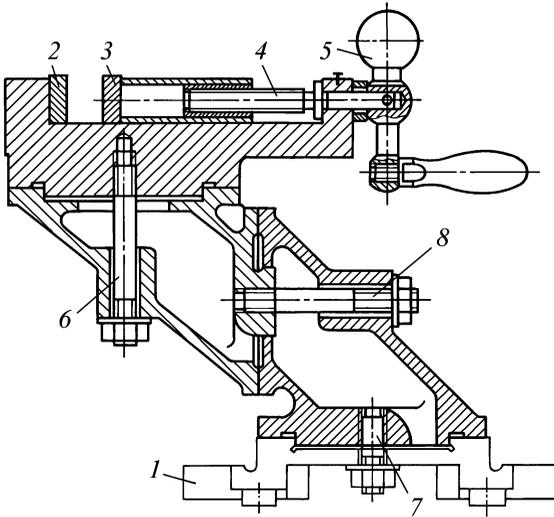


**Рис. 2.44. Приспособление для заточки и доводки резцов:**

*а* – по радиусу: 1 – резец; 2 – подручник; 3 – корпус; *б* – по выпуклым и вогнутым поверхностям: 1 – плита; 2 – шаблон; 3 – ось; 4 – маховик; 5 – рукоятка; 6 – держатель

Приспособление для заточки и доводки резцов по выпуклым и вогнутым поверхностям приведено на рис. 2.44, б. Резец устанавливают и закрепляют в держателе приспособления 6 и выставляют по шаблону 2. Настройку приспособления осуществляют с помощью линейных перемещений маховика 4. Точность перемещения обеспечивается шкалой нониуса А. Для получения необходимого заднего угла резец устанавливают по шкале нониуса В.

Заточка резцов по трем поверхностям – передней, главной и вспомогательной задней – осуществляется на универсально-заточных станках в трехворотных тисках (рис. 2.45) торцом или периферией круга. Заточкой обеспечиваются все углы резца:  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha_1$ ,  $\lambda$ ,  $\phi$ ,  $\phi_1$ . Настройка приспособления осуществляется поворотом частей приспособления около осей шпилек 6, 7 и 8.



**Рис. 2.45. Универсальные трехповоротные тиски:**  
 1 – основание; 2 – неподвижная губка; 3 – подвижная губка; 4 – ходовой винт; 5 – рукоятка

Настройка трехповоротных тисков (рис. 2.46) заключается в установке по шкалам *А*, *Б* и *В* необходимых углов (табл. 2.34).

### 2.34. Формулы для определения углов настройки трехповоротных тисков при заточке резца по передней и задней поверхности

Затачи- ваемая поверх- ность	Способ заточки	Исходное положение тисков (см. рис. 2.47)	Углы установки по шкалам		
			<i>А</i>	<i>Б</i>	<i>В</i>
Передняя	Периферией круга	$I_2$	Произ- вольный	$\gamma \sin \varphi_p +$ $+ \lambda_p \cos \varphi_p$	$\lambda \sin \varphi_p -$ $- \gamma \cos \varphi_p$
		$I_1$	$\lambda_p$	$-\gamma$	$\varphi_p$
	Торцом круга	$I_3$	$\gamma \cos \lambda_p$	$\lambda_p$	$\varphi_p$
Главная задняя	Периферией круга	$I_1$	Произ- вольный	$+\alpha$	$+\varphi_p$
		$I_2$	$\varphi_p$	$-\alpha \sin \varphi_p$	$+\alpha \cos \varphi_p$
	Торцом круга	$I_3$	$90^\circ + \alpha$	0	$\varphi_p$
Вспомо- гательная задняя	Периферией круга	$I_1$	Произ- вольный	$+\alpha_1$	$-\varphi_{1p}$
		$I_2$	$-\varphi_{1p}$	$-\alpha_1 \sin \varphi_{1p}$	$+\alpha_1 \cos \varphi_{1p}$
	Торцом круга	$I_3$	$90^\circ + \alpha_1$	0	$\varphi_{1p}$

Примечания: 1. Справочные данные по тригонометрии:  $\sin(-\varphi) = -\sin \varphi$ ;  $\cos(90^\circ - \varphi) = \sin \varphi$ ;  $\cos(-\varphi) = \cos \varphi$ ;  $\cos(90^\circ + \varphi) = -\sin \varphi$ .

2.  $\varphi_p$ ,  $\varphi_{1p}$ ,  $\lambda_p$  – расчетные углы, выбираемые по табл. 2.35, зависят от типа затачиваемого резца;  $\alpha_1$  – задний угол вспомогательного лезвия в инструментальной системе координат.

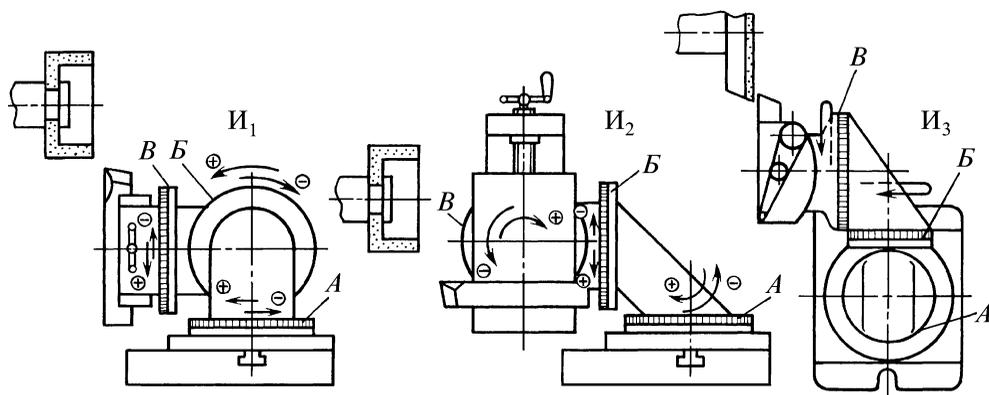


Рис. 2.46. Исходные положения  $I_1, I_2, I_3$  резца при заточке в двухповоротных тисках

2.35. Значения расчетных углов, °

Тип резца	$\varphi_p$	$\varphi_{1p}$	$\lambda_p$
Прходной:			
правый	$\varphi$	$\varphi_1$	$\lambda$
левый	$-\varphi$	$-\varphi_1$	$-\lambda$
Расточный, подрезной, отрезной:			
правый	$90 - \varphi$	$90 + \varphi_1$	$-\lambda$
левый	$-(90 - \varphi)$	$-(90 + \varphi_1)$	$\lambda$

Схемы контроля основных углов резцов представлены на рис. 2.47, а допустимые отклонения углов резца при заточке – в табл. 2.36.

2.36. Отклонение углов резца при заточке, °

Угол резца	Диапазон значений угла	Отклонение угла
Передний $\gamma$	до 12	1
	св. 12	2
Главный задний $\alpha$	6...15	1
Задний вспомогательного лезвия $\alpha_1$	до 2	0,5
	св. 2	1
В плане $\varphi$	30...100	2
Вспомогательной режущей кромки в плане $\varphi_1$	до 2	0,5
	2...5	1
	св. 5	2
Наклона главной режущей кромки $\lambda$	-5...+5	1

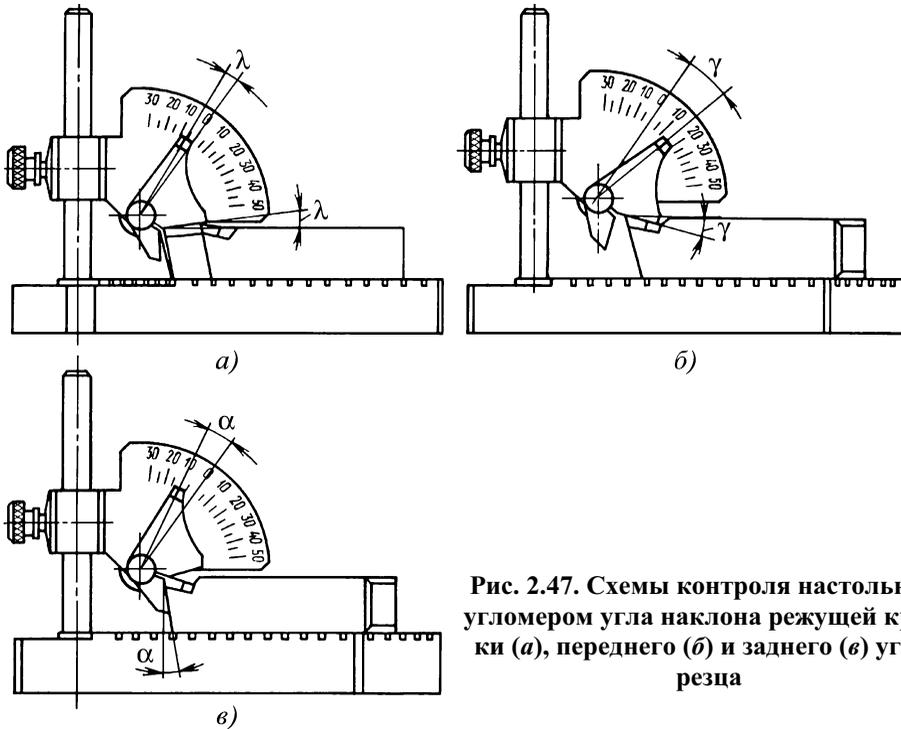


Рис. 2.47. Схемы контроля настольным угломером угла наклона режущей кромки (а), переднего (б) и заднего (в) углов реза

## 2.10. СВЕРЛА

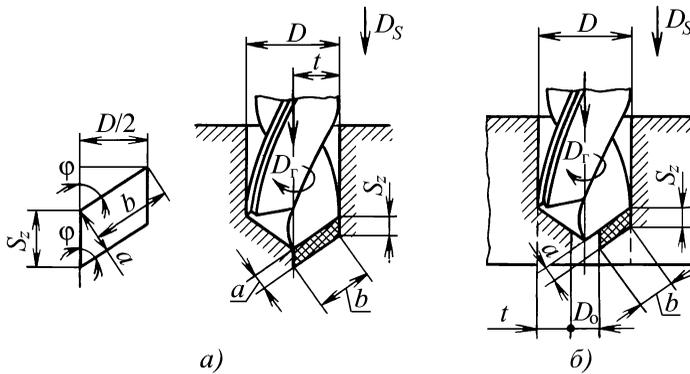
Сверло – осевой режущий инструмент для образования отверстия в сплошном материале и (или) увеличения диаметра имеющегося отверстия (ГОСТ 25751–83 (в ред. 1990 г.)).

Сверление является одним из самых распространенных методов получения отверстий. Основные типы сверл следующие: спиральные (винтовые), перовые, кольцевые (трепанирующие головки), эжекторные, ружейные с наружным или внутренним отводом стружки, одностороннего резания, комбинированные.

*Спиральные сверла* изготавливают с цилиндрическим и коническим хвостовиками. Сверла с коническим хвостовиком диаметром более 6 мм и с цилиндрическим хвостовиком диаметром более 8 мм делают сварными с хвостовой частью из углеродистых сталей.

Конструктивные особенности спиральных сверл обуславливают непостоянство геометрических параметров их заточки. Так, главный задний угол  $\alpha$  стандартного сверла увеличивается по мере приближения его к оси сверла: на периферии сверла  $\alpha = 8...14^\circ$ , а около поперечной режущей кромки  $\alpha = 26...35^\circ$ .

На периферии передний угол  $\gamma = 18...3^\circ$ , около поперечной режущей кромки  $\gamma = 0$  или имеет отрицательно значение. Элементы резания при сверлении и рассверливании показаны на рис. 2.48.



**Рис. 2.48. Элементы резания при сверлении (а) и рассверливании (б) отверстия:**  $a$  и  $b$  – толщина и ширина срезаемого слоя;  $t$  – глубина резания;  $\varphi$  – половина угла при вершине сверла;  $D$  – диаметр основного отверстия;  $D_0$  – диаметр просверленного отверстия;  $S_z$  – подача на зуб

Основные геометрические параметры спиральных сверл из быстрорежущей стали приведены в табл. 2.37.

### 2.37. Рекомендуемые геометрические параметры сверл из быстрорежущей стали для различных обрабатываемых материалов, °

Обрабатываемый материал	$2\varphi$	$\psi$	$\alpha$	$\omega$
Стали:				
конструкционные	118	45...55	12...15	24...32
инструментальные	118...150	45...55	7...15	
Стали и сплавы жаропрочные и коррозионно-стойкие	127	50...55	12...14	31...35
Медь	100...118	45...55	12...15	10...40
Сплавы:				
медные	118...150	50...55	12...15	10...40
алюминиевые	90...140	45...55	12...17	24...50
магниевые	70...118	45...60	12	10...50
титановые	135...140	50...55	12	30
Пластмассы	35...80	45...55	14...16	8...20

Примечание.  $\psi$  – угол наклона перемычки;  $\omega$  – угол наклона винтовой канавки.

Для сверления деталей из чугуна, высокопрочных, термообработанных сталей и труднообрабатываемых материалов и сплавов сверла изготавливают целиком из твердого сплава или оснащают твердосплавными пластинами. Для обеспечения повышенной жесткости твердосплавных сверл их общая длина зачастую меньше, чем длина сверл из быстрорежущей стали.

Сверла, оснащенные напайными пластинами из твердых сплавов, обладают высокой стойкостью, повышают качество обработанной поверхности и в результате снижают затраты на обработку. Геометрические параметры сверл представлены в табл. 2.38. Особенно эффективно применять сверла с пластинами из твердых сплавов при сверлении чугунов. Твердосплавные сверла имеют передний угол  $\gamma = 0 \dots 7^\circ$ , задний угол  $\alpha = 8 \dots 16^\circ$ , угол  $2\varphi = 118 \dots 150^\circ$ .

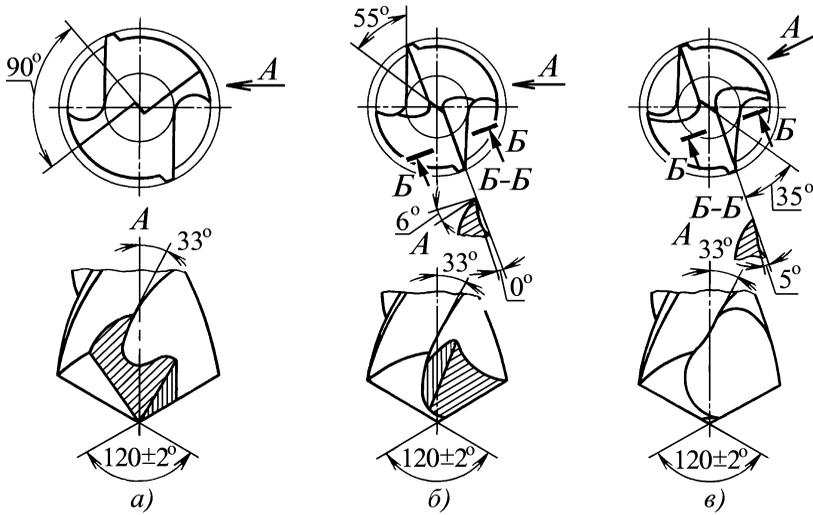
При обработке сталей рекомендуется применять сверла из твердого сплава Т15К6, при обработке чугунов – из сплава ВК8. У сверл с пластинами из твердых сплавов, как и у сверл, изготовленных из быстрорежущей стали, производится подточка перемычки (рис. 2.49).

Большое значение для успешной работы сверла с пластиной из твердого сплава имеет симметричность заточки обеих режущих кромок. Допуск биения по режущим кромкам должен быть не более 0,02 мм, а по ленточкам – не более 0,03 мм.

У сверл, заточенных по методу В.И. Жирова (рис. 2.50), наряду с двойной заточкой и подточкой поперечной кромки (под углом  $\delta = 25 \dots 30^\circ$ ) производится прорезка перемычки. Такая комбинированная заточка облегчает врезание сверла, что позволяет увеличить подачу в 2...3 раза и соответственно уменьшить машинное время.

### 2.38. Рекомендуемые геометрические параметры сверл с твердосплавными напайными пластинами при $\psi = 55^\circ$ для различных обрабатываемых материалов, °

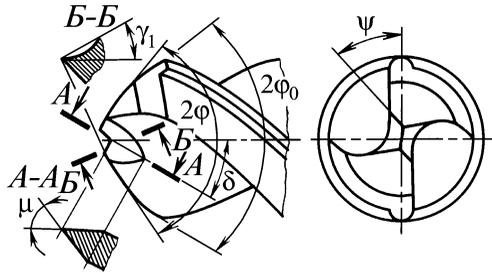
Обрабатываемый материал	$\gamma$	$2\varphi$	$2\varphi_0$
Стали:			
хромоникелевые и коррозионно-стойкие	0	120	–
инструментальные и марганцовистые	$-2 \dots -3$	140	–
Труднообрабатываемые сплавы	$-5 \dots -15$	130...135	65
Бронза	4	130	–
Сплавы:			
медные и алюминиевые	4...6	130...140	–
титановые	0	140	50
Пластмассы	0...2	50...90	–



**Рис. 2.49. Формы подточек перемычек цельных твердосплавных сверл и основные геометрические параметры:**

*а* – крестообразная; *б* – завода "Фрезер"; *в* – винтовая

**Рис. 2.50. Схема заточки сверла по методу В.И. Жирова**



При сверлении на большую глубину сверлом большого диаметра образуется широкая, трудно отводимая по канавкам стружка, которая увеличивает трение и затрудняет подвод охлаждающей жидкости к месту резания. Во избежание этого у сверл делают специальные стружкоразделительные канавки, которые могут быть на передней поверхности сверла (рис. 2.51, *а*) и на задней (рис. 2.51, *б*). Глубина канавки равна примерно  $0,05D$ , ширина –  $0,07D$ . Такие канавки разделяют широкую стружку на несколько узких, облегчают условия работы, уменьшают силы, действующие при резании, и тепловыделение. В табл. 2.39 представлены основные параметры элементов подточки сверл, а в табл. 2.40 – область их применения для различных групп обрабатываемых материалов. После заточки режущие кромки сверла должны быть одинаковой длины и симметрично расположены. Схема контроля углов сверла  $\psi$  и  $2\phi$  показана на рис. 2.52.

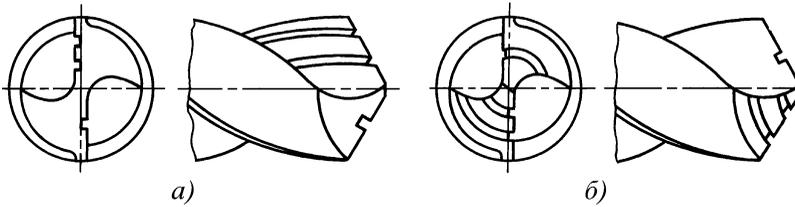


Рис. 2.51. Стружкоразделительные канавки сверла на поверхности: *a* – передней; *б* – задней

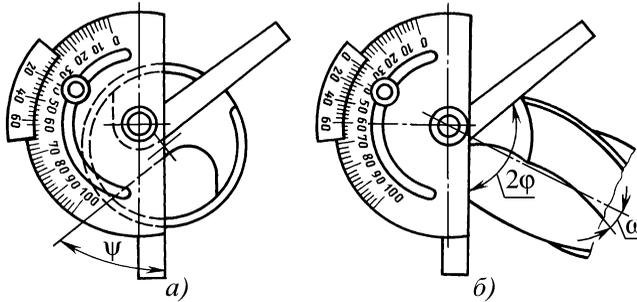


Рис. 2.52. Схема контроля угла наклона перемычки  $\psi$  (*a*) и угла при вершине  $2\varphi$  (*б*) сверла

### 2.39. Основные параметры элементов подточки сверл

Диаметр сверла, мм	Длина подточки, мм (см. эскизы к табл. 2.40)		
	кромки <i>a</i> для всех форм заточки кроме Н	ленточки $l_1$ для форм заточки НПЛ, ДПЛ	второй кромки <i>b</i> для форм заточки ДП, ДПЛ, ДП-2
Св. 8 до 12	1,0	–	–
» 12 » 16	1,5	1,5	2,5
» 16 » 20	2,0	1,5	3,5
» 20 » 25	2,5	2,0	4,5
» 25 » 32	3,0	2,0	5,5
» 32 » 40	3,5	3,0	7,0
» 40 » 50	5,0	3,0	9,0
» 50 » 63	6,0	4,0	11,0

## 2.40. Область применения видов подточки спиральных сверл

Форма подточки	Эскиз	Обозначение формы подточки	Обрабатываемый материал
Нормальная		Н	Сталь, стальные отливки, чугун, легкие сплавы
Нормальная с подточкой поперечного лезвия		НП	Стальные отливки с $\sigma_b < 500 \text{ Н/мм}^2$ с коркой
Нормальная с подточкой поперечного лезвия и ленточки		НПЛ	Сталь и стальные отливки с $\sigma_b < 500 \text{ Н/мм}^2$ без корки
Двойная подточка поперечного лезвия		ДП	Стальные отливки с $\sigma_b > 500 \text{ Н/мм}^2$ с коркой, чугун с коркой
Двойная с подточкой поперечного лезвия и ленточки		ДПЛ	Сталь и стальные отливки с $\sigma_b > 500 \text{ Н/мм}^2$ без корки

Окончание табл. 2.40

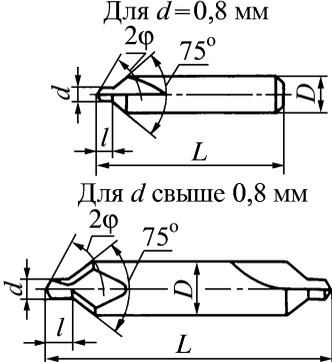
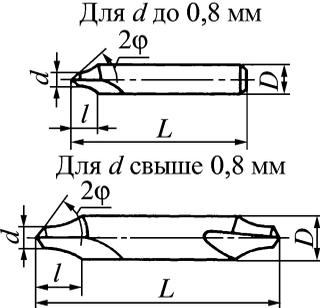
Форма подточки	Эскиз	Обозначение формы подточки	Обрабатываемый материал
Двойная с подточкой и срезанным поперечным лезвием		ДП-2	Чугун без корки

Сверла комбинированные центровочные применяются для комбинированной обработки (сверление и зенкование) центровых отверстий. Основные типы и размеры комбинированных центровочных сверл, выпускаемых промышленностью, приведены в табл. 2.41. Каждый тип сверла предназначен для образования центрового отверстия соответствующей формы и размера. Материалом для сверл обычно служат быстрорежущие стали. Твердость рабочей части инструмента 63...65 HRC.

#### 2.41. Основные типы и размеры комбинированных центровочных сверл (ГОСТ 14952–75 (в ред. 1991 г.))

Тип, основные размеры, мм	Эскиз
Тип А: $D = 3,15 \dots 25,0$ ; $L = 21,0 \dots 103,0$ ; $d = 0,50 \dots 10,0$ ; $l = 1,0 \dots 14,2$ ; $2\varphi = 120^\circ$	
Тип В: $D = 4,0 \dots 31,5$ ; $L = 33,5 \dots 128,0$ ; $d = 0,80 \dots 10,0$ ; $l = 1,5 \dots 14,2$ ; $2\varphi = 120^\circ$	

Окончание табл. 2.41

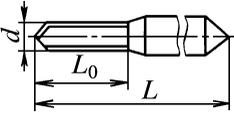
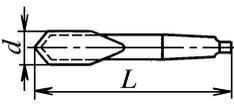
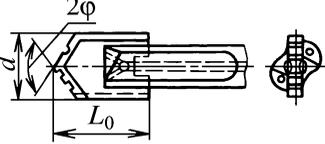
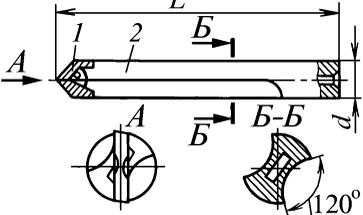
Тип, основные размеры, мм	Эскиз
Тип С: $D = 3,15 \dots 6,3$ ; $L = 21,0 \dots 47,0$ ; $d = 0,8 \dots 2,5$ ; $l = 1,5 \dots 4,1$ ; $2\phi = 120^\circ$	 <p>Для <math>d = 0,8</math> мм</p> <p>Для <math>d</math> свыше <math>0,8</math> мм</p>
Тип R: $D = 3,15 \dots 25,0$ ; $L = 21,0 \dots 103,0$ ; $d = 0,50 \dots 10,0$ ; $l = 2,0 \dots 26,5$ ; $2\phi = 120^\circ$	 <p>Для <math>d</math> до <math>0,8</math> мм</p> <p>Для <math>d</math> свыше <math>0,8</math> мм</p>

Допуск радиального биения вспомогательных кромок сверловочной части относительно оси зажимной части – не более  $0,03 \dots 0,04$  мм. Разность ширин перьев на опорном сверле – не более  $0,07 \dots 0,1$  мм.

*Перовые сверла.* Характерными особенностями перовых сверл являются их плоская рабочая часть и прямые канавки для отвода стружки. Рабочую часть ("перо") таких сверл можно заменять. Отсутствие спиральной части упрощает изготовление перовых сверл, повышает их жесткость в осевом направлении, но затрудняет отвод стружки из зоны резания. Поэтому при работе перовыми сверлами СОТС подают в зону резания по центральному каналу, а на режущей части выполняют стружкоразделительные канавки. Типы перовых сверл, размеры и области их рационального применения приведены в табл. 2.42.

*Ружейные сверла.* Типовая конструкция таких сверл состоит из колоска, который оснащается одной режущей и двумя направляющими пластинами, трубчатого стебля с V-образным каналом для отвода стружки и цилиндрической либо конической втулки – хвостовика для закрепления сверла в шпинделе станка. В ряде случаев колоски целиком выполняют из твердого сплава, а ружейные сверла закрепляют в шпинделе станка непосредственно за цилиндрическую часть трубчатого стебля. Типы ружейных сверл и области их рационального применения приведены в табл. 2.43.

## 2.42. Перовые сверла и область их применения

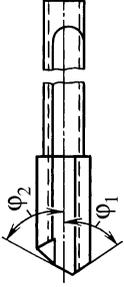
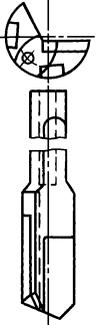
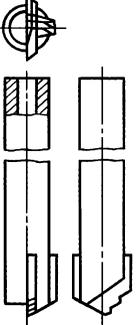
Тип сверла	Эскиз	Основные размеры, мм	Область применения
Малых размеров с цилиндрическим хвостовиком		$d = 0,12 \dots 1,0;$ $L = 15 \dots 30;$ $L_0 = 1,5 \dots 10$	Для сверления отверстий малого диаметра
Средних размеров с коническим хвостовиком		$d = 6 \dots 35;$ $L = 50 \dots 150$	Для сверления отверстий небольшой глубины в отливках, поковках
Сборное пластинчатое*		$d = 35 \dots 100;$ $L_0 = 45 \dots 100$	Для сверления и обработки глубоких отверстий преимущественно на токарных станках
Сборное пластинчатое*	 <p data-bbox="354 1090 643 1150">1 – режущая пластина; 2 – трубчатый стержень</p>	$d = 4 \dots 20;$ $L = 50 \dots 300$	Для сверления и обработки глубоких отверстий преимущественно на токарных станках
Трубчатое с пластинами из твердого сплава**	 <p data-bbox="310 1319 687 1414">1 – режущая пластина; 2 – трубчатый стержень; 3 – выглаживающие пластинки</p>		Для сверления глубоких отверстий на станках, оснащенных системой очистки и подачи СОТС

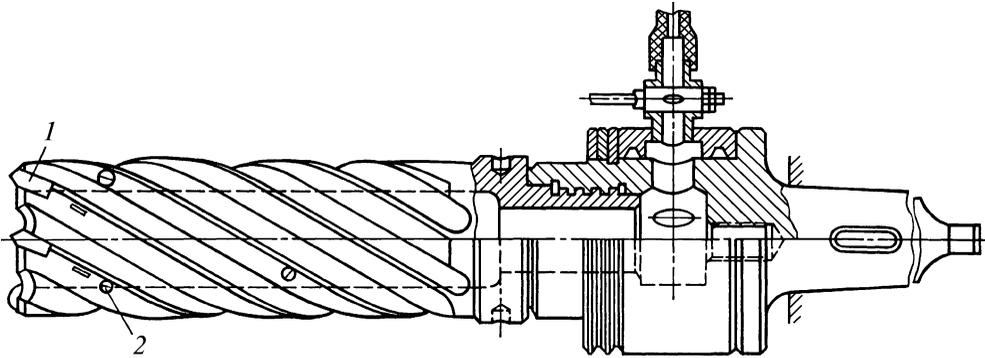
\* Технологические возможности те же, что и у спиральных сверл.

\*\* При обработке достигаются 8–10-й квалитеты,  $Ra = 0,63 \dots 1,25$  мкм, отклонение от прямолинейности оси 0,1 мм на 100 мм длины. Возможно образование отверстий в заготовках из высокопрочных и термообработанных сталей.

Примечание. При работе сборным пластинчатым и трубчатым сверлами СОТС подводится через внутренние каналы инструмента.

## 2.43. Ружейные сверла и область их применения

Тип сверла	Эскиз	Конструктивные особенности	Область применения
С колоском из быстрорежущей стали		Колосок из быстрорежущей стали позволяет предотвратить выкрашивание режущих кромок при образовании отверстий. Угол $\phi_1 < \phi_2$ . Цилиндрическая ленточка, прилегающая к режущей кромке, испытывает минимальное давление	Для сверления глубоких и сверхглубоких отверстий в заготовках из конструкционных сталей
Армированное твердосплавными пластинами		Стебель и колосок, изготовленные из прутковой заготовки путем образования центрального отверстия для подвода СОТС в зону резания, позволяют обеспечить максимальную жесткость инструмента	Для сверления глубоких отверстий в гильзах плунжерных пар, заготовках, изготовленных из высокопрочных сталей, термообработанных до 40 HRC
С внутренним отводом СОТС и стружки		В колоске сделаны два подводящих отверстия для улучшения подвода СОТС в зону резания	Для сверления глубоких и сверхглубоких отверстий в заготовках из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей при высоких требованиях к шероховатости отверстий
С внутренним отводом СОТС и стружки		При отсутствии колоска Т-образная твердосплавная пластина впаивается в трубчатый стебель. На главной режущей кромке выполняются стружколоманые порожки для лучшего отвода и последующего транспортирования стружки из зоны резания	Для сверления глубоких и сверхглубоких отверстий в заготовках из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей при высоких требованиях к шероховатости отверстий



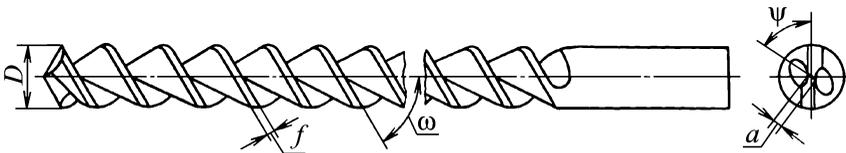
**Рис. 2.53. Сверло для кольцевого сверления:**  
1 – режущая пластина; 2 – винты

Сверла для кольцевого сверления (рис. 2.53) используют при обработке отверстий больших диаметров (свыше 75...80 мм). Эти сверла режущими пластинами, закрепленными в корпусе, выбирают в обрабатываемой заготовке кольцевую канавку. В стенках корпуса между винтовыми канавками под винтами размещены шарики, прижимаемые пружинами к высверливаемому сердечнику и, таким образом, направляющие сверло в отверстии. Корпус сверла соединен с оправкой резьбой. На оправке закреплено кольцо со штуцером и резиновым шлангом для подачи охлаждающей жидкости. Перед сверлением у заготовки, как правило, подрезают торец и получают заходное отверстие диаметром, равным диаметру кольцевого сверла. Сверло поддерживается люнетом или кондуктором.

*Шнековое сверло* для обработки глубоких отверстий имеет винтовые канавки ( $\omega = 50...65^\circ$ ) и измененную форму стружечных канавок (по сравнению со стандартными канавками на спиральных сверлах) (рис. 2.54). Оно хорошо выводит стружку из зоны резания и позволяет осуществлять сверление глубоких отверстий длиной более  $10D$  в заготовках из чугуна, стали, легких сплавов.

При сверлении отверстий (особенно в заготовках из труднообрабатываемых материалов) с глубиной  $(2...4)D$  целесообразно применять сверла, показанные на рис. 2.55. Эти сверла имеют угол  $\omega = 40...45^\circ$  и усиленную сердцевину.

При сверлении необходимо осуществлять подвод охлаждающей жидкости в достаточном количестве в зону резания и отвод стружки.



**Рис. 2.54. Сверло для обработки глубоких отверстий**

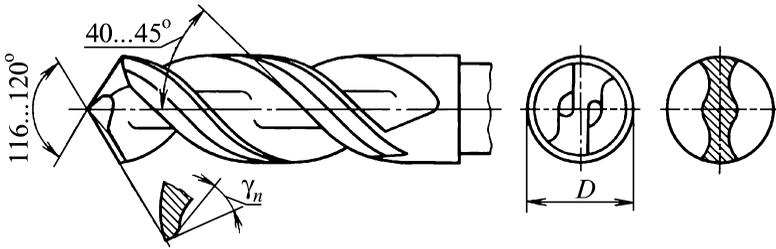


Рис. 2.55. Сверло для обработки труднообрабатываемых материалов

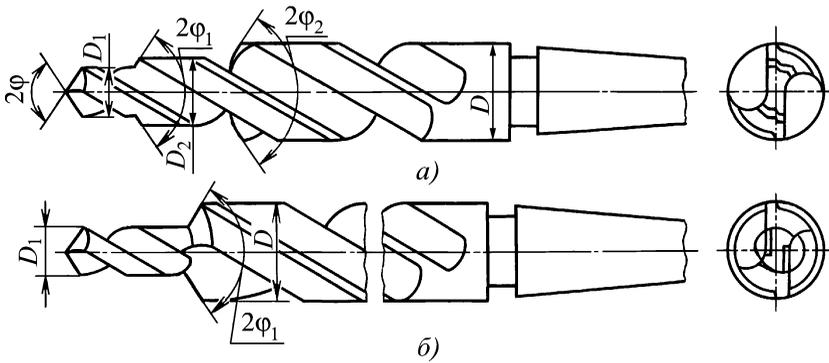


Рис. 2.56. Комбинированные спиральные сверла:  
а – трехступенчатые; б – двухступенчатые

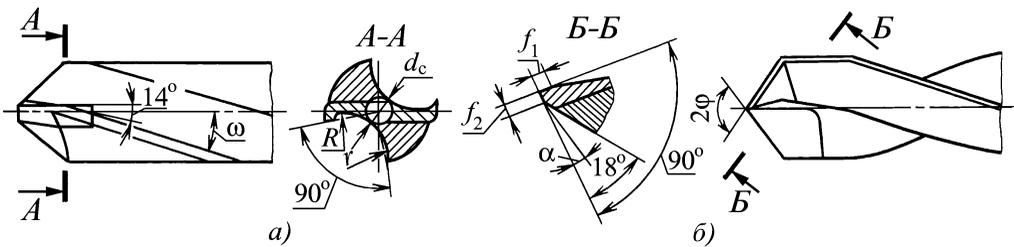
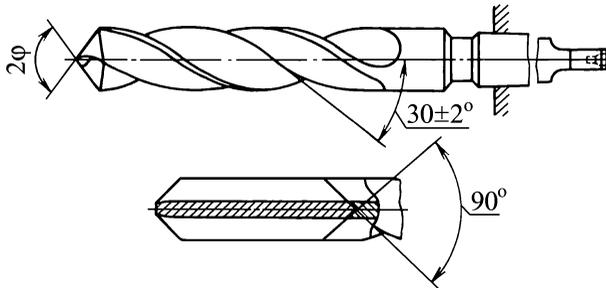


Рис. 2.57. Сверло, оснащенное пластинами из твердого сплава:  
а – конструктивные элементы; б – геометрические параметры

*Комбинированные ступенчатые сверла.* Представленные на рис. 2.56 сверла применяют в случае, когда необходимо получить в заготовках ступенчатые отверстия. Применение таких инструментов особенно эффективно в условиях массового производства.

*Твердосплавные сверла.* При использовании в работе сверл, оснащенных пластинами из твердых сплавов ВК6, ВК8, Т5К10, Т15К6, значительно повышается производительность обработки (по сравнению с производительностью при работе со сверлами из инструментальной быстрорежущей стали).

Конструктивные элементы и геометрические параметры сверла, оснащенного пластиной из твердого сплава и предназначенного для сверления незака-



**Рис. 2.58. Спиральное сверло с коническим хвостовиком, оснащенное твердосплавной монолитной режущей частью**

ленной стали, приведены на рис. 2.57. Угол наклона винтовой канавки рабочей части сверла  $\omega = 20^\circ$ , угол наклона винтовой канавки на пластине  $14^\circ$ . Режущая пластина наклонена к оси на угол  $60^\circ$ ; задний угол  $\alpha$  на периферии пластины равен  $8...10^\circ$ , а на корпусе  $18...20^\circ$ ; угол при вершине  $2\phi = 118...120^\circ$ .

На рис. 2.58 показано спиральное сверло с коническим хвостовиком, оснащенное твердосплавной монолитной режущей частью. Материал рабочей части – твердый сплав марок ВК6, ВК6-М, ВК8 или Т15К6; материал корпуса сверл – сталь 45 или 9ХС. Согласно техническим условиям допуск радиального биения рабочей части сверл по ленточкам относительно хвостовика не должен превышать  $0,08$  мм – для сверл точного исполнения укороченной серии;  $0,12$  мм – для сверл точного исполнения нормальной серии и сверл общего назначения укороченной серии;  $0,16$  мм – для сверл общего назначения нормальной серии.

На длине твердосплавной рабочей части сверла должны иметь равномерную обратную конусность в пределах  $0,02...0,04$  мм на  $100$  мм длины. Допуск радиального биения не должен превышать для сверл точного исполнения  $0,08$  мм, а для сверл общего назначения –  $0,15$  мм.

Цельные твердосплавные сверла эффективно применяются при обработке коррозионно-стойких, закаленных и жаропрочных сталей и сплавов, титановых и маломангнитных сплавов и других труднообрабатываемых материалов. Стойкость цельных твердосплавных сверл превышает стойкость быстрорежущих сверл; при их применении значительно повышается производительность операции (в  $1,5...3$  раза) и уменьшается расход режущего инструмента.

Сверла, оснащенные СРП, отличаются высокой жесткостью, что позволяет вести обработку отверстий диаметром  $18$  мм и более на подачах, в  $3$  раза превышающих подачи, допускаемые обычным инструментом.

При необходимости сверла выполняются с отверстиями для подвода СОТС в зону резания. Режущая часть сверла имеет две твердосплавные трехгранные пластины, одна из которых осуществляет сьем металла, перекрывая центр отверстия, а вторая – у периферийных участков (рис. 2.59). Специальные пластины из твердого сплава к сверлам имеют на передней поверхности стружколомающие канавки.

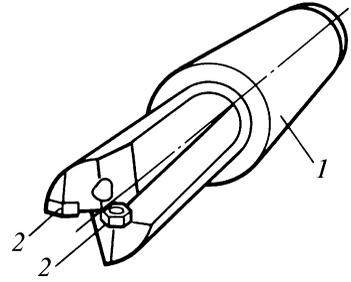
Для повышения прочности цельные твердосплавные спиральные сверла имеют (по сравнению с обычными сверлами) утолщенную сердцевину. Вместе с тем, наличие утолщенной сердцевины приводит к увеличению размера поперечной режущей кромки, что отрицательно сказывается на эксплуатационных качествах и вызывает необходимость подточки перемычки.

Четырехкромочные цельные твердосплавные сверла обеспечивают стабильный процесс сверления отверстий, повышенное качество обработанной поверхности. Эти сверла предназначены для сверления обычных и глубоких отверстий в различных высокопрочных материалах.

Наличие удвоенного числа направляющих ленточек обеспечивает в сочетании с увеличенным диаметром сердцевины лучшее направление сверла в отверстии и повышает жесткость сверла.

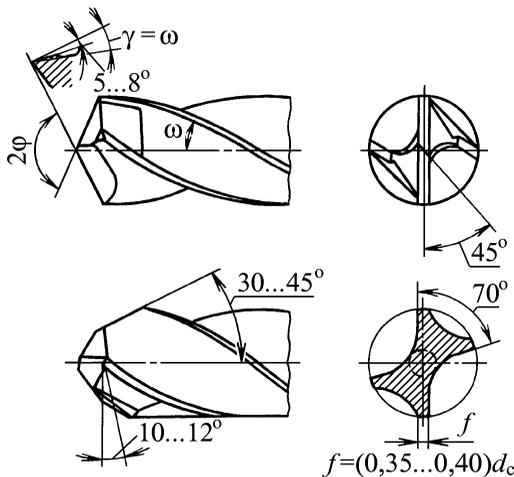
Геометрические параметры четырехкромочного спирального цельного твердосплавного сверла с утолщенной сердцевиной показаны на рис. 2.60. Данные сверла изготавливаются диаметрами до 10 мм.

Сверла изнашиваются по передней и задней поверхностям по ленточке и по поперечной кромке. При обработке хрупких материалов преобладает изнашивание по задней поверхности с образованием уголков, а при обработке вязких материалов – по ленточкам. Средний припуск на переточку составляет для быстрорежущих сверл  $0,1(D + 1)$ , а для твердосплавных  $0,05(D + 1)$ , где  $D$  – диаметр сверла, равный 4 мм и более. Рекомендуемые величины допускаемого износа и стачивания за одну переточку представлены в табл. 2.44.



**Рис. 2.59. Сверло, оснащенное трехгранными твердосплавными режущими пластинами:**

1 – корпус; 2 – режущие пластины



**Рис. 2.60. Геометрические параметры четырехкромочного спирального твердосплавного сверла**

## 2.44. Допускаемый износ сверл и величины стачивания за одну переточку, мм

Инструментальный материал	Обрабатываемый материал	Диаметр инструмента	Допускаемый износ	Стачивание за одну переточку
Быстрорежущая сталь	Легкий сплав	2...6	0,4...0,5	0,6...1,3
		6...15	0,5...0,6	0,7...0,9
		15...30	0,6...0,8	0,9...1,4
	Чугун, бронза	2...6	0,5...0,6	0,9...1,3
		6...15	0,6...0,7	1,0...1,4
		15...30	0,7...0,9	1,2...1,6
Сталь	2...6	0,6...0,7	0,9...1,3	
	6...15	0,8...0,9	1,2...1,5	
	15...30	0,9...1,2	1,5...2,0	
Твердый сплав	Легкий сплав	10...20	0,5...0,7	0,4...0,5
		20...30	0,8...0,9	0,6...0,7
	Чугун	10...20	0,6...0,8	0,5...0,6
		20...30	0,9...1,0	0,7...0,8

Кроме вышеперечисленных конструкций применяются и другие виды сверл. Наибольший интерес представляют сверла фирмы ISCAR, оснащенные твердым сплавом: цельные твердосплавные сверла "SOLIDDRILL" (рис. 2.61), со сменными головками "CHAMDRILL" и внутренней подачей COTC (рис. 2.62), со сменными пластинами "DRDRILLS" (рис. 2.63), цельные твердосплавные сверла "SOLIDDRILL", с внутренним подводом COTC (рис. 2.64).

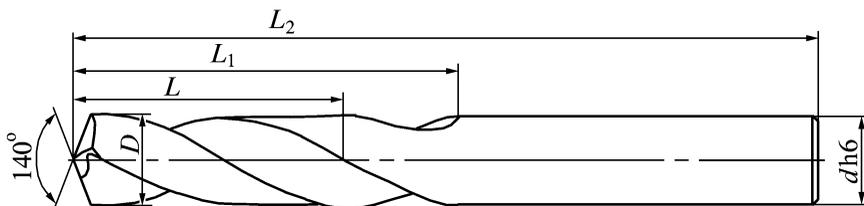


Рис. 2.61. Цельные твердосплавные сверла "SOLIDDRILL"

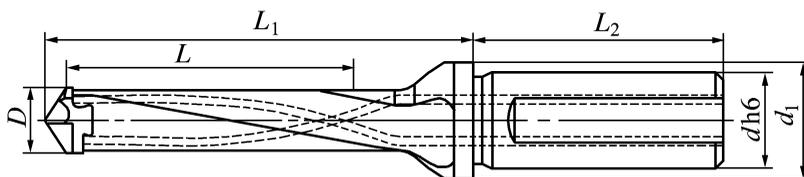


Рис. 2.62. Сверла со сменными головками "CHAMDRILL" и внутренней подачей COTC

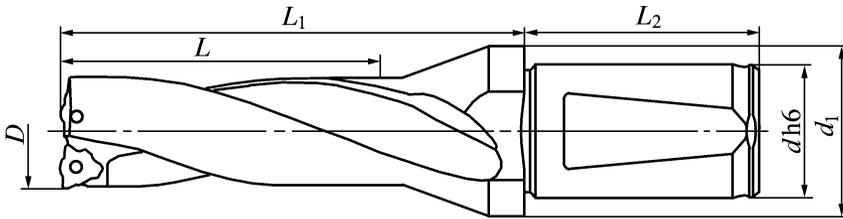


Рис. 2.63. Сверла со сменными пластинами "DRDRILLS"

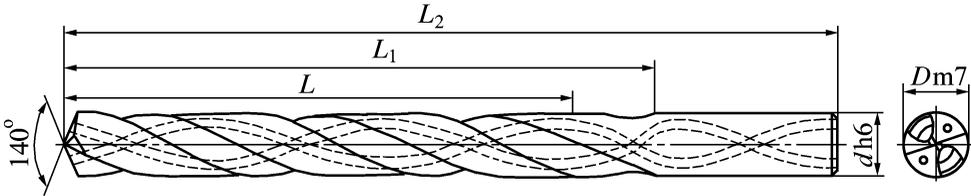


Рис. 2.64. Сверла с внутренним подводом СОТС "SOLIDDRILL"

Применение данных конструкций сверл позволяет значительно повысить производительность и стойкость обработки отверстий.

### 2.11. ЗЕНКЕРЫ И ЗЕНКОВКИ

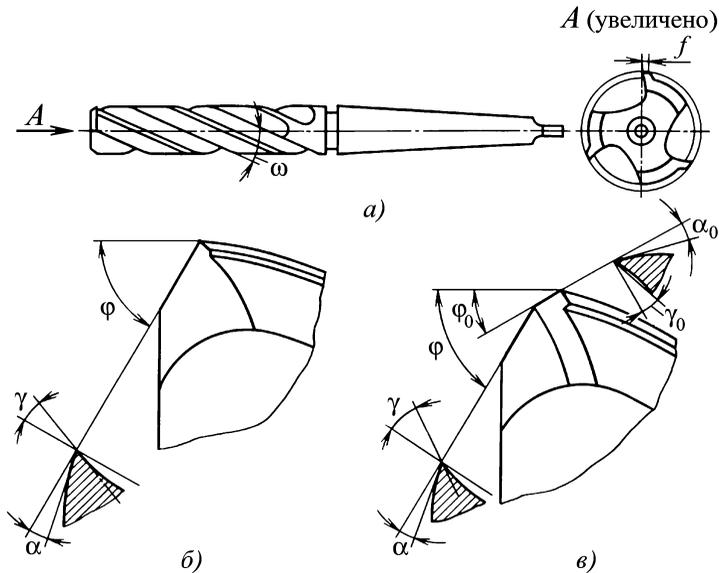
*Зенкер* – осевой режущий инструмент для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра (ГОСТ 25751–83 (в ред. 1990 г.)). *Зенковка* – осевой режущий инструмент; является разновидностью зенкеров, выполняющих обработку конических и торцовых поверхностей.

Зенковки с направляющей цапфой предназначены для обработки цилиндрических углублений и подрезки их глухого торца. Зенкеры с торцовыми зубьями применяются для зачистки торцовых поверхностей.

Основные геометрические параметры и конструктивные элементы зенкера представлены на рис. 2.65.

Режущая часть обеспечивает срез основной массы материала, формирует и направляет стружку, а при обработке глухих отверстий обеспечивает подрезку дна отверстия. Режущая часть характеризуется не только маркой инструментального материала и его твердостью, но и передним  $\gamma$  и задним  $\alpha$  углами режущего клина; углом в плане  $\varphi$ ; углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$ ; формой, размерами и взаимным расположением режущих кромок отдельных зубьев, а также качеством их заточки.

Угол режущей части  $\varphi$  обычно равен  $60^\circ$ . При обработке чугуна его выбирают в пределах  $45...60^\circ$ . При обработке высокопрочных материалов зенкер имеет двойную заточку с  $\varphi = 60^\circ$  на главной кромке и  $\varphi_0 = 30^\circ$  на переходной кромке.



**Рис. 2.65. Конструктивные элементы (а) и геометрические параметры режущей части (б, в) зенкера**

Ленточка на калибрующей части зенкера шириной  $f = 0,8 \dots 2,0$  мм служит для направления зенкера в отверстии. Для повышения стойкости ленточку подтачивают на длине  $1,5 \dots 2,0$  мм.

Задний угол  $\alpha$  в нормальном сочетании на главной и переходной режущих кромках равен  $12 \dots 15^\circ$ .

Для нормальной работы зенкера при его изготовлении и заточке необходимо обеспечить обратную конусность, а допуск биения по ленточкам и кромкам не должен превышать допусковых величин (табл. 2.45).

#### 2.45. Допуск биения ленточки, режущих кромок и обратная конусность зенкеров

Диаметр зенкера, мм	Допуск биения, мм		Обратная конусность, мм, на 100 мм длины
	по ленточкам	по кромкам	
До 18	0,02	0,03...0,05	0,04...0,08
Свыше 18	0,04	0,03...0,05	0,05...0,10

Рекомендуемые геометрические параметры зенкеров для различных обрабатываемых материалов представлены в табл. 2.46.

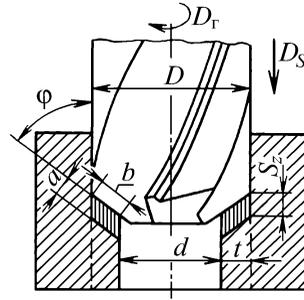
Схема резания зенкером показана на рис. 2.66.

Параметр шероховатости поверхностей калибрующей части не должен превышать  $Rz = 3,2 \dots 6,3$  мкм для зенкеров из быстрорежущей стали и  $Rz = 1,6$  мкм для зенкеров, оснащенных пластинами из твердых сплавов.

2.46. Геометрические параметры зенкеров (см. рис. 2.66)

Обрабатываемый материал	γ режущей части		α	φ	φ <sub>0</sub>	ω	f, мм	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава						
	градусы							
Сталь и отливки из стали с твердостью: До 180 НВ Св. 180 до 225 НВ Св. 225 до 270 НВ Св. 270 НВ	15...20	–	8...10	60	30	25...30	0,8...2,0	
	12...15	0						
	5...10	0...–5						
	–	–10						
Стали коррозионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие	0...3	–	6...15	30...45	15...20	15...20	0,5...1,0	
	–	–15	10	60	15	10...20	0,3...0,5	
Сплавы: жаропрочные с твердостью 52,5 HRC титановые алюминиевые и медные магниевые	10	–	8...10	30	–	20	0,8...2,0	
	4...6	–	9...11	45	–			
	25...30	10...20	10	45...60	60	10...20	20...25	0,5...1,0
					60	20...25		

**Рис. 2.66. Схема резания зенкером и основные параметры схемы:**  
 $a$  и  $b$  – толщина и ширина среза;  
 $t$  – глубина резания;  $S_z$  – подача



Схемы контроля геометрических параметров зенкеров показаны на рис. 2.67.

Основные типы зенкеров для предварительной и окончательной обработки отверстий приведены на рис. 2.68. Основными конструктивными элементами зенкера являются рабочая (режущая и калибрующая) часть и корпус с элементами крепления.

Стружечные канавки зенкеров могут быть прямыми (параллельными оси зенкера), наклонными и винтовыми. Зенкеры с прямыми канавками достаточно универсальны, технологичны в изготовлении и при переточках. Широко применяются эти зенкеры для обработки материалов, дающих стружку надлома. Зенкеры с наклонными канавками, как правило, сборные, с механическим креплением режущих ножей и пластин. Зенкеры с винтовыми стружечными канавками распространены наиболее широко. К ним относятся и зенкеры, оснащенные пластинами из твердого сплава.

Профиль поперечного сечения зенкеров определяет прочность режущего зуба и объем стружечных канавок.

Зенкеры из быстрорежущей стали изнашиваются по задней поверхности, уголкам, ленточке и передней поверхности. Зенкеры, оснащенные пластинами из твердого сплава, изнашиваются в основном по задней поверхности и уголкам. Допускаемый износ зенкера и величина стачивания инструментального материала за одну переточку даны в табл. 2.47.

#### 2.47. Допускаемый износ зенкера и величина стачивания за одну переточку

Материал		Диаметр зенкера	Допускаемый износ	Стачивание за одну переточку
инструмента	обрабатываемый			
Быстрорежущая сталь	Сталь, чугун	3...30	1,2...1,5	1,0...1,3
Твердый сплав		3...30	0,4...0,6	0,8...1,0

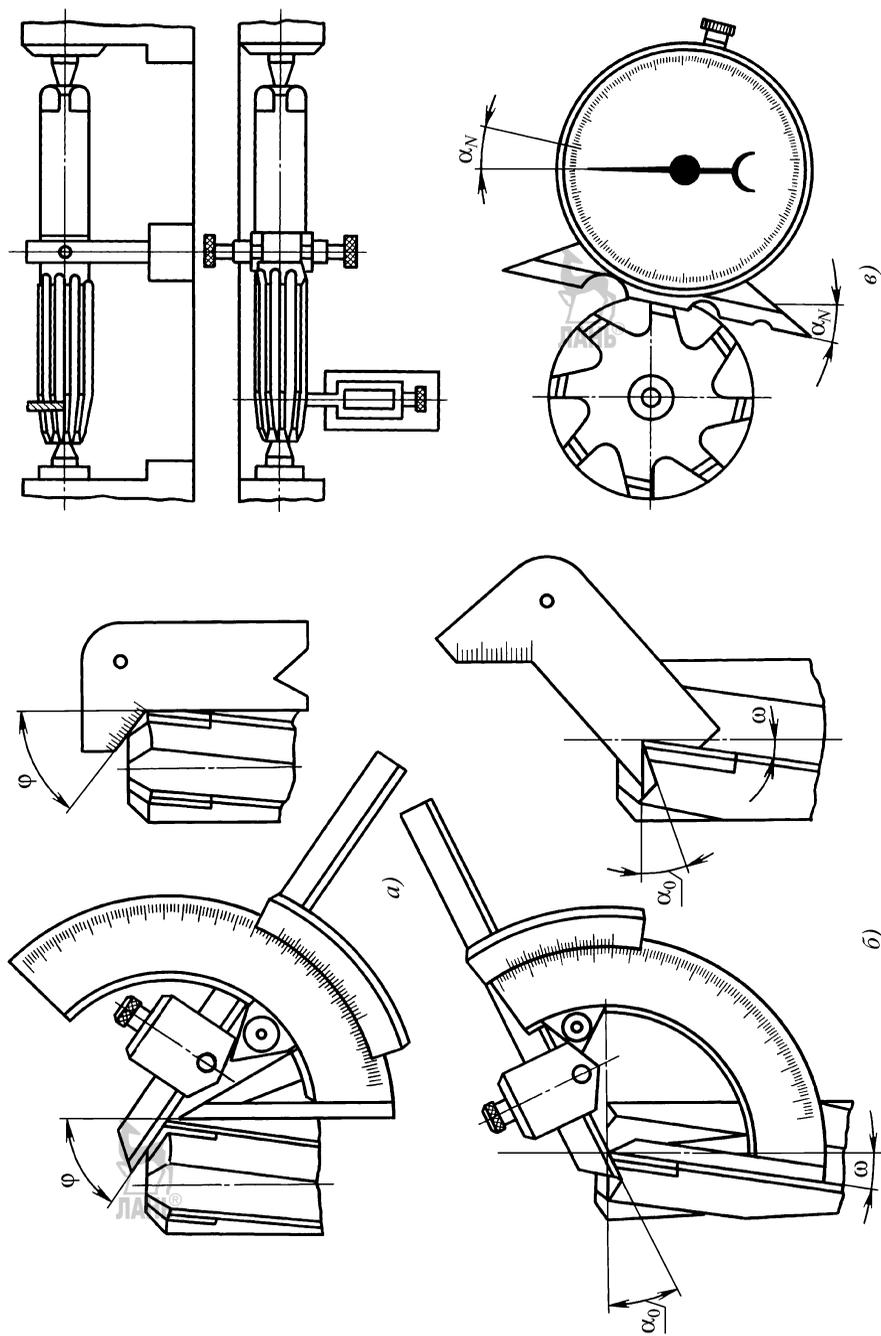
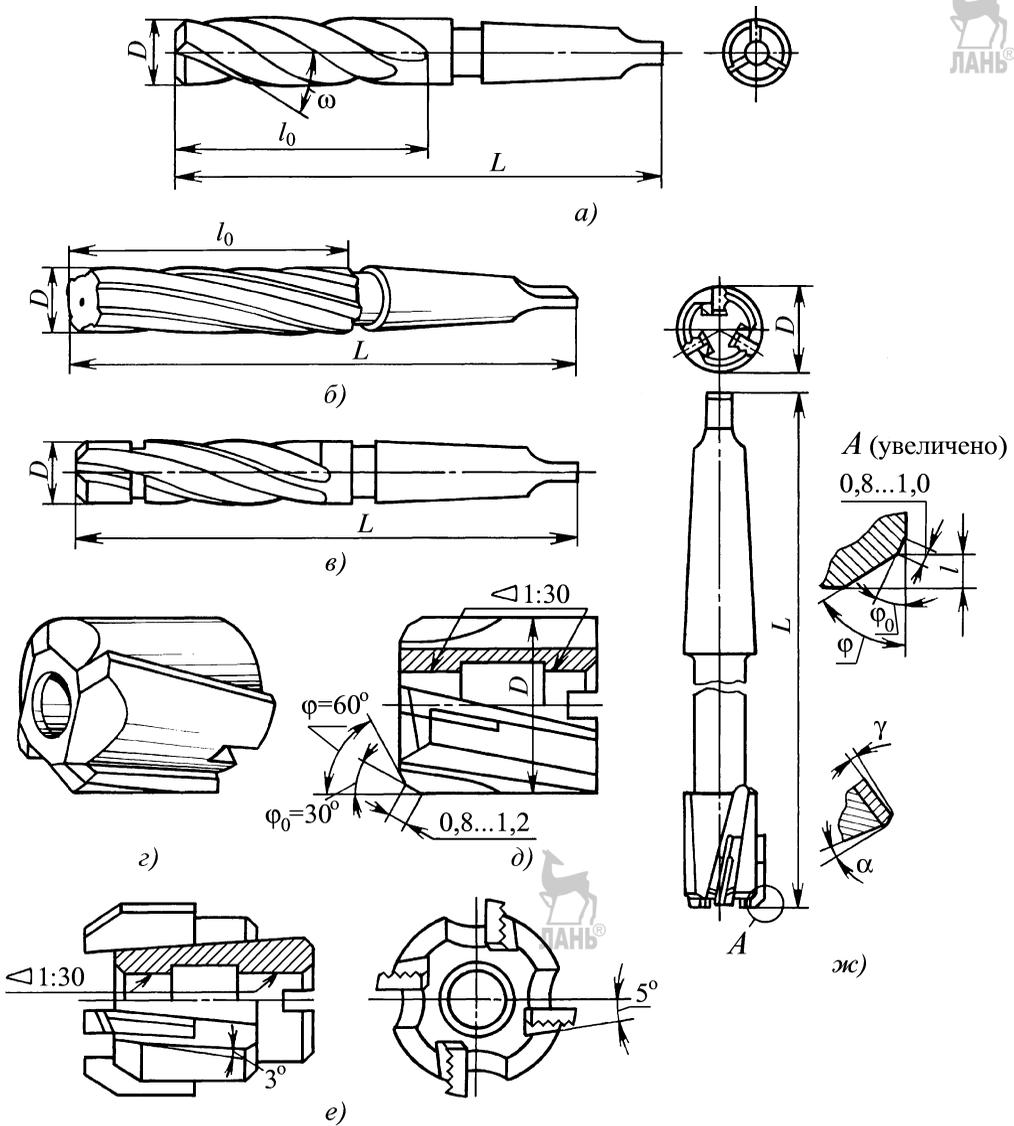


Рис. 2.67. Схемы контроля геометрических параметров зенкеров и разверток:

*a* — угла в плане универсальным угломером и шаблоном; *б* — заднего угла универсальным угломером и шаблоном;

*в* — заднего угла маятниковым угломером



**Рис. 2.68. Типы зенкеров:**

*a* – хвостовой трехперый; *б* – хвостовой четырехперый; *в* – хвостовой с пластинами из твердого сплава; *г* – насадной цельный; *д* – насадной с пластинами из твердого сплава; *е* – насадной со вставными ножами; *жс* – хвостовой с насадными ножами, оснащенный пластинами из твердого сплава;  $D$  – диаметр;  $l_0$  – длина рабочей части;  $L$  – общая длина;  $\omega$  – угол наклона винтовой канавки

Цилиндрические зенковки имеют направляющую цапфу, обеспечивающую соосность обрабатываемой поверхности с отверстием под головку винта. Конструкция зенковок аналогична конструкциям зенкеров, за исключением некоторых элементов. Число зубьев стандартных зенковок всех типов равно 4. Угол

наклона стружечных канавок для зенковок из быстрорежущих сталей составляет  $15^\circ$ , для зенковок, оснащенных пластинами из твердого сплава,  $-10^\circ$ , причем в последнем случае угол врезания пластины совпадает с углом наклона канавки.

Конические зенковки применяются для обработки центровых отверстий.

Передние углы зенковок всех типов равны нулю.

## 2.12. РАЗВЕРТКИ

Развертка – осевой режущий инструмент для повышения точности формы и размеров отверстия и уменьшения шероховатости поверхности (ГОСТ 25751–83 (в ред. 1990 г.)). Канавки между зубьями развертки образуют режущие кромки и предназначены для размещения стружки.

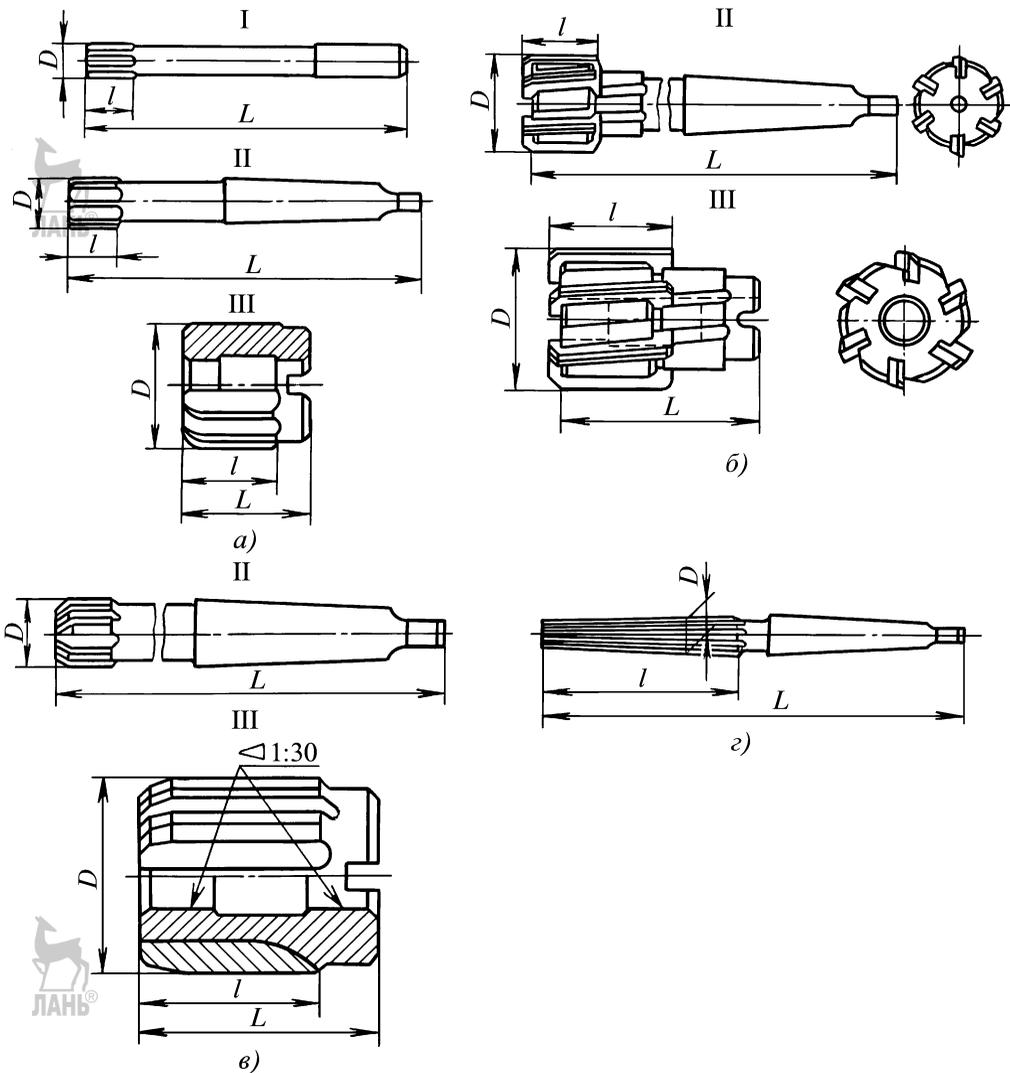
Рабочая часть ручных цельных разверток, выполненных заодно с корпусом, изготавливается из легированной стали 9ХС или из быстрорежущей стали. Рабочую часть машинных цельных разверток и ножи сборных разверток изготавливают из быстрорежущей стали или из твердых сплавов. Материал хвостовой части – сталь 45 и 40Х.

Режущая часть разверток обеспечивает съем основного припуска обрабатываемого отверстия, определяет характер и распределение нагрузки при работе развертки, управляет потоком стружки. Схема контроля геометрических параметров разверток показана на рис. 2.67. Наиболее распространенные типы разверток приведены на рис. 2.69.

Длина режущей части  $l$  разверток определяется припуском на обработку, формой режущей части, углом в плане  $\varphi$ . Угол  $\varphi$  принимается равным  $1^\circ$  у ручных стандартных разверток с прямыми стружечными канавками;  $6^\circ$  – у ручных стандартных разверток с винтовыми стружечными канавками;  $5, 15$  или  $45^\circ$  – у машинных разверток. При заточках и переточках разверток следует иметь в виду, что значение угла в плане следует выбирать в зависимости от обрабатываемого материала и конструкции развертки. При обработке хрупких материалов угол в плане  $\varphi$  принимается равным  $3\dots 5^\circ$ , при обработке вязких материалов –  $15^\circ$ , при обработке глухих отверстий как в хрупких, так и в вязких материалах он может достигать  $60^\circ$ .

Передний угол  $\gamma$  режущей части стандартных разверток обычно равен нулю. Задние углы  $\alpha$  режущей части стандартных разверток находятся в пределах  $6\dots 15^\circ$ . Число зубьев  $z$  разверток влияет на производительность операции развёртывания, качество обрабатываемой поверхности.

Основные конструктивные элементы машинной развертки с коническим хвостовиком показаны на рис. 2.70, а. Рабочая часть длиной  $l$  делится на режущую и калибрующую части. Рабочая часть развертки для сквозных отверстий (рис. 2.70, б) состоит из режущей части  $l_1$  с направляющим конусом  $c$  и калибрующей части  $l_2$ , имеющей вначале цилиндрическую часть  $l_3$ . Рабочая часть развертки для глухих отверстий не имеет направляющего конуса (рис. 2.70, в).



**Рис. 2.69. Типы разверток:**

*а* – машинная цельная; *б* – машинная со вставными ножами; *в* – машинная с пластинами из твердого сплава; *г* – коническая; I – с цилиндрическим хвостовиком; II – с коническим хвостовиком; III – насадные; *D* – диаметр; *L* – общая длина; *l* – длина режущей части

По конструктивным признакам различают развертки: цельные, составные неразъемные со сварными хвостовиками, составные неразъемные с впаивными пластинами, составные разъемные с вставными ножами, разжимные и регулируемые. По методу закрепления на станке развертки бывают с хвостовиком и насадные, по способу применения – ручные и машинные, по форме обрабатываемой поверхности – цилиндрические и конические.

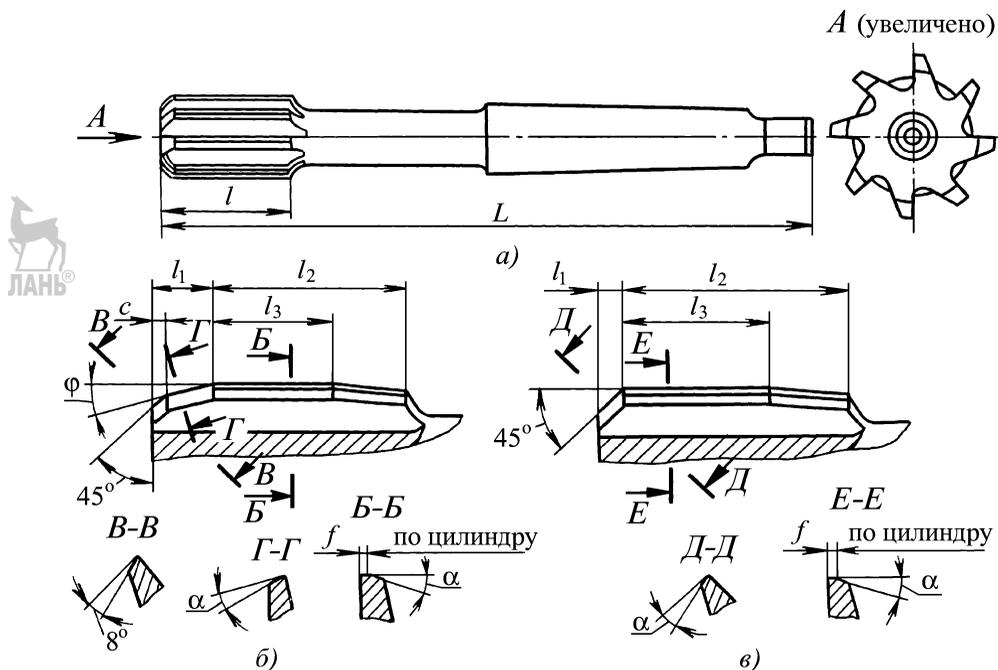


Рис. 2.70. Конструктивные элементы (а) и элементы режущей части развертки (б, в)

На калибрующей части развертки выполняется цилиндрическая ленточка шириной 0,1...0,3 мм, т.е. задний угол на калибрующей части равен нулю. На режущей части развертки задний угол  $\alpha$  не должен превышать  $15^\circ$ . У чистовых разверток задний угол  $\alpha$  уменьшен до  $8...12^\circ$ .

Основные элементы резания при развертывании показаны на рис. 2.71.

Развертки всех типов изготавливают как с прямыми, так и со спиральными (правыми и левыми) канавками; их применяют для обработки различных материалов, в том числе закаленных сталей с твердостью не более 63 HRC, жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов, чугуна, пластмасс и др.

Развертки со спиральными канавками рекомендуется делать с четным числом зубьев, так как их проще и точнее можно проконтролировать. Развертки с прямыми зубьями рекомендуется делать с нечетным числом зубьев; это исключает необходимость делать окружной шаг неравномерным.

Для уменьшения трения между зубьями развертки и поверхностью отверстия калибрующая часть должна иметь обратную конусность в пределах допуска на изготовление. Участок, находящийся за пределами калибрующей части, должен иметь обратный конус, при

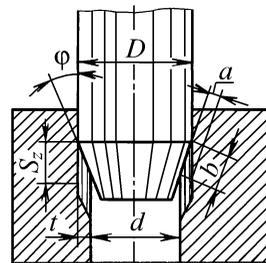
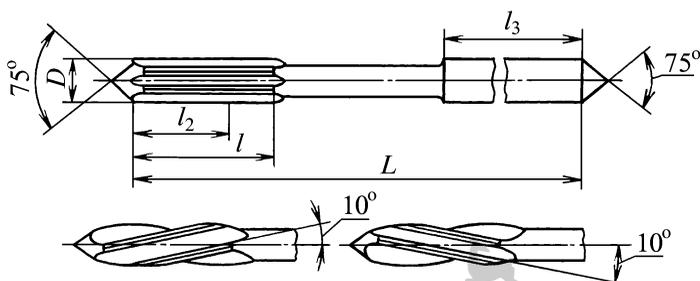


Рис. 2.71. Элементы резания при развертывании:  
а и б – толщина и ширина среза;  $S_z$  – подача;  
t – глубина резания

котором диаметр развертки по направлению к хвостовику уменьшается. Обратная конусность обычно принимается равной 0,01...0,02 мм для разверток диаметром 1...3 мм, 0,03...0,05 мм для разверток диаметром 3...6 мм и 0,05...0,08 мм для разверток диаметром 6...12 мм.

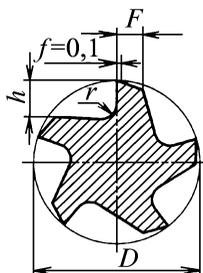
Твердосплавные развертки диаметром 1,0...5,5 мм короткой серии изготовляют целиком из твердого сплава. Основные размеры твердосплавных разверток приведены в табл. 2.48, а размеры сечения рабочей части разверток – в табл. 2.49.

### 2.48. Основные размеры, мм, машинных твердосплавных разверток



$D$	$L$	$l$	$l_2$	$l_3$
1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0	40	10	7,0	16
2,2; 2,5; 2,8	45	12	9,0	18
3,0; 3,2	50			20
3,4; 3,5; 3,6; 3,8	55	14	11,0	
4,0; 4,2	60	16	13,0	22
4,5; 4,8; 5,0; 5,2; 5,5				

### 2.49. Размеры, мм, сечения рабочей части твердосплавных разверток

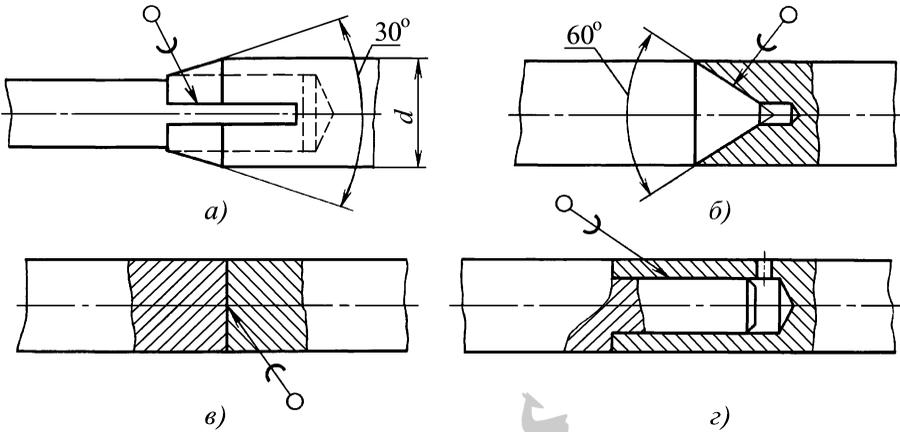


Окончание табл. 2.49

$D$	$F$ при $z$			$h$ при $z$			$r$
	4	6	5	4	6	5	
3,0	0,59	0,42	0,45	0,66	0,63	0,66	0,18
3,2	0,63	0,45	0,48	0,70	0,68	0,70	0,19
3,4	0,67	0,48	0,51	0,75	0,71	0,75	0,20
3,5	0,69	0,49	0,52	0,77	0,73	0,77	0,21
3,6	0,71	0,50	0,54	0,79	0,76	0,79	0,22
3,8	0,76	0,53	0,57	0,84	0,80	0,84	0,23
4,0	0,79	0,56	0,60	0,88	0,84	0,88	0,24
4,2	0,83	0,59	0,63	0,92	0,88	0,92	0,25
4,5	0,89	0,63	0,67	0,99	0,94	0,99	0,27
4,8	0,95	0,67	0,72	1,06	1,01	1,06	0,29
5,0	0,99	0,70	0,75	1,1	1,05	1,10	0,30
5,2	1,03	0,73	0,78	1,14	1,09	1,14	0,31
5,5	1,09	0,77	0,82	1,21	1,15	1,21	0,33
6,0	1,19	0,84	0,90	1,32	1,26	1,32	0,36
6,3	1,25	0,88	0,94	1,39	1,32	1,39	0,40
6,5	1,28	0,91	0,97	1,43	1,36	1,43	0,42
7,0	1,39	0,98	1,05	1,54	1,47	1,54	0,48
7,5	1,48	1,05	1,12	1,65	1,57	1,65	0,54
8,0	1,58	1,12	1,20	1,76	1,68	1,75	0,60
8,5	1,68	1,19	1,27	1,87	1,78	1,87	0,66
9,0	1,78	1,26	1,35	1,98	1,89	1,98	0,72
9,5	1,88	1,33	1,42	2,09	2,00	2,09	0,78
10,0	1,98	1,40	1,50	2,2	2,10	2,20	0,84
10,5	2,08	1,47	1,57	2,31	2,20	2,31	0,90
11,0	2,18	1,54	1,65	2,42	2,31	2,42	0,96
11,5	2,28	1,61	1,72	2,53	2,41	2,53	1,02
12,0	2,38	1,68	1,80	2,64	2,52	2,64	1,08

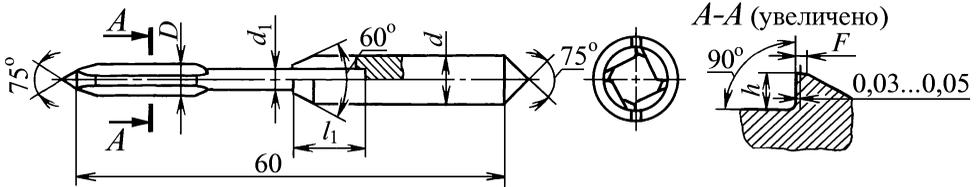
Твердосплавные машинные развертки диаметром 1,0...2,8 мм изготавливают с насадным утолщенным хвостовиком (табл. 2.50). В хвостовике делают отверстие длиной  $l_1$ , куда вставляют рабочую часть и припаивают. Для лучшего схватывания припоя в хвостовике делают продольный разрез вдоль отверстия (рис. 2.72, а).

Виды соединения рабочей части развертки с хвостовиком пайкой и склеиванием в зависимости от диаметра развертки показаны на рис. 2.72.



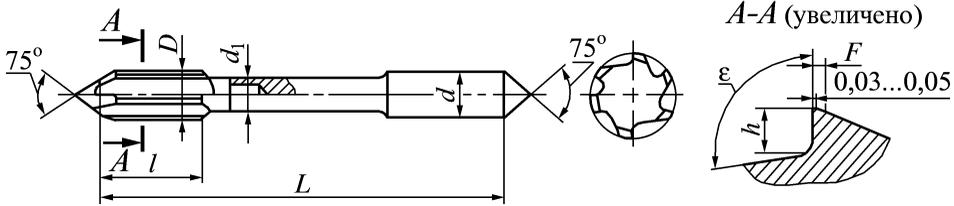
**Рис. 2.72. Виды соединения рабочей части развертки с хвостовиком:**  
*а, б, в* – пайкой для разверток соответственно диаметром 1...3, 6...12 и 4...20 мм;  
*г* – склеиванием для разверток диаметром 3...12 мм

### 2.50. Основные размеры, мм, твердосплавных машинных разверток с утолщенным хвостовиком



$D$	$d$	$F$	$h$	$l_1$	$d_1$
1,0	3,0	0,10	0,3	4,0	1,5
1,1					1,6
1,2					1,7
1,4	4,0	0,15	0,4	5,0	1,9
1,5					2,0
1,6					2,1
1,8	5,0	0,20	0,5	6,0	2,3
2,0					2,5
2,2					2,7
2,5	5,0	0,30	0,6	6,0	3,3
2,8					3,6
		0,25	0,6		2,7
		0,35	0,7		3,6

### 2.51. Основные размеры, мм, твердосплавных разверток

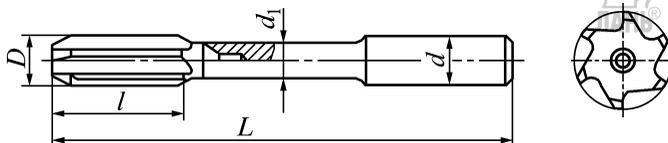


D	L	l	d	d <sub>1</sub>	h при ε, °		F при z	
					100	80	4	6
3,0	60	12	3,0	1,8	0,76	0,60	0,3	0,2
3,2					0,83	0,64		
3,4					0,88	0,68		
3,5	70	14	3,5	2,2	0,91	0,70		
3,6					0,94	0,72		
3,8					0,99	0,76		
4,0	80	16	4,0	2,5	1,04	0,80	0,4	0,3
4,2					1,09	0,84		
4,5					1,17	0,90		
4,8	80	16	4,5	2,8	1,25	0,96		
5,0					1,30	1,00		
5,2					1,35	1,04		
5,5	80	16	5,0	3,2	1,43	1,10	0,4	0,4

В сборных твердосплавных развертках диаметром 3,0...5,5 мм рабочую часть выполняют с утонченным хвостовиком (табл. 2.51).

Развертки диаметром 6...10 мм с цилиндрическим хвостовиком делают сборными с конусным присоединением. Основные размеры разверток даны в табл. 2.52. Развертки диаметром 6,5...12 мм по ГОСТ 16087-70 (в ред. 1981 г.) выполняют с конусным хвостовиком.

### 2.52. Основные размеры, мм, машинных твердосплавных разверток



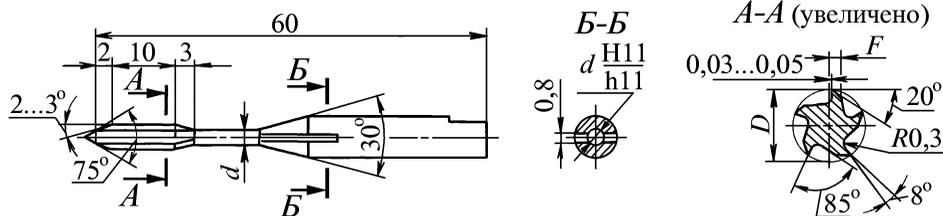
Окончание табл. 2.52

$D$	$d$	$d_1$	$L$	$l$
6,0	6,0	5,5	90	18
6,3	7,0			
6,5		6,0		
7,0; 7,5	8,0	6,5	100	12
8,0; 8,5		7,5		
9,0; 9,5; 10	9,0	8,5		

Основные размеры разверток с утолщенным насадным стальным хвостовиком диаметром 6 мм приведены в табл. 2.53. Для зажима таких разверток требуется только одна втулка диаметром 6 мм с эксцентрично посаженной шпилькой (для исключения проворота). Такая втулка позволяет очень быстро и точно зажимать развертку. Допуск радиального биения зубьев относительно хвостовика не должен превышать 0,004 мм.

Для отверстий с полем допуска по Н7 диаметр развертки изготавливается с точностью h6, k6, для отверстий с полем допуска по Н8 – h7; для отверстий с полем допуска по Н9 – h8, h9. Центровые отверстия должны быть тщательно обработаны и не должны иметь забоин и разработанных мест. На калибрующей (цилиндрической) части разверток допускается обратная конусность, не превышающая допуска на изготовление развертки.

**2.53. Основные размеры, мм, твердосплавных разверток с утолщенным хвостовиком**



$D$	$F$	$d$
1,5	0,25	1,5
1,8		2,0
2,0	0,30	2,5
2,5		3,0
2,8	0,35	3,5
3,5		4,0
3,8		

**2.54. Допуск радиального биения зубьев относительно оси разверток**

Диаметр разверток, мм	Биение, мкм, доведенных разверток для отверстий с полями допусков по			
	H7, H8		H9	
	в начале калибрующей части		режущей части	
До 6	6	8	10	12
Св. 6 до 10	8	10	12	16
» 10 » 12	10	12	16	20

Шероховатость различных поверхностей разверток должна быть следующей: ленточки на калибрующей части, передней и задней поверхностях  $Ra \leq 0,32$  мкм; задней поверхности по калибрующей части  $Ra \leq 1,25$  мкм; поверхности хвостовой цилиндрической и конической частей  $Ra \leq 0,63$  мкм. Допуск радиального биения хвостовика развертки относительно его оси (при проверке в центрах) не должен превышать 0,01 мм. Значения допуска радиального биения зубьев относительно оси развертки приведены в табл. 2.54.

Передний угол  $\gamma$  выбирают в зависимости от обрабатываемого материала. Для высокопрочных закаленных сталей  $\gamma = -5^\circ$ , для коррозионно-стойких и жаропрочных сталей  $\gamma = 5^\circ$ , для серого чугуна с 180...220 НВ и пластмасс с абразивным наполнителем  $\gamma = 0^\circ$ . Для некоторых обрабатываемых материалов значения углов разверток  $\gamma$ ,  $\alpha$  и  $\alpha_1$  приведены в табл. 2.55.

**2.55. Рекомендуемые геометрические параметры разверток, °**

Обрабатываемый материал	Угол			Угол наклона спинки зуба
	передний $\gamma$	задний $\alpha$		
	Материал режущей части			
	Твердый сплав	Быстроре- жущая сталь	Твердый сплав	
Стали:				
незакаленные	0...5	6...12	6...8	10...20
закаленные до 51,5 HRC	10...15	—	6	10...15
коррозионно-стойкие, жаропрочные и жаро- стойкие	—	5...8	—	
Жаропрочный сплав	—	6...10	—	
Титановый сплав	0	8...10	10	15...20
Алюминиевые, магни- евые и медные сплавы	—	10...12	—	

Примечание. Передний угол  $\gamma$  у разверток из быстрорежущей стали равен нулю.

### 2.56. Допускаемый износ и величина стачивания за одну переточку для разверток диаметром 3...30 мм

Инструментальный материал	Обрабатываемый материал	Допускаемый износ, мм	Величина стачивания за одну переточку, мм
Быстрорежущая сталь	Сталь	0,4...0,7	0,5...0,8
	Чугун	0,5...0,8	0,6...0,9
Твердый сплав	Легкие сплавы	0,4...0,7	0,5...0,8
	Чугун	0,5...0,8	0,6...0,9

Диаметр развертки определяет диаметр обрабатываемого отверстия, поэтому величина допускаемого износа разверток (табл. 2.56) регламентируется уменьшением точности размеров отверстия.

### 2.13. РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

*Классификация резьб.* На токарных станках резьбу различных профилей (рис. 2.73) получают двумя методами: нарезанием режущими инструментами и методом пластических деформаций (накатыванием). Классификация резьб по конструктивным признакам представлена в табл. 2.57. Цилиндрические резьбы классифицируют также по точности в соответствии с ГОСТ 16093–2004 и ГОСТ 4608–81 (в ред. 1989 г.).

Достижимая точность резьб в значительной степени зависит от выбранного метода ее нарезания, качества передней поверхности инструмента (табл. 2.58).

*Резцы резьбонарезные.* Для обработки наружных и внутренних резьб применяют однониточные резьбовые резцы (рис. 2.74) и резцы-гребенки (рис. 2.75), метчики и плашки. Резьбовые резцы представляют собой фасонный инструмент, работающий с продольной подачей, равной шагу нарезаемой резьбы.

Число переходов устанавливается в зависимости от обрабатываемого материала и размера вырезаемой впадины или высоты изготавливаемой резьбы.

### 2.57. Классификация резьб по конструктивным признакам, мм

Классификация		
по диаметру	по длине	по шагу
Малых диаметров ( $d < 6$ )	Короткие ( $l \leq 2,24Pd^{0,2}$ )	Мелкие ( $P < 1$ )
Средних диаметров ( $6 \leq d < 60$ )	Нормальные ( $2,24Pd^{0,2} < l \leq 6,7Pd^{0,2}$ )	Средние ( $1 \leq P < 3$ )
Больших диаметров ( $d \geq 60$ )	Длинные ( $l > 6,7Pd^{0,2}$ )	Крупные ( $P \geq 3$ )

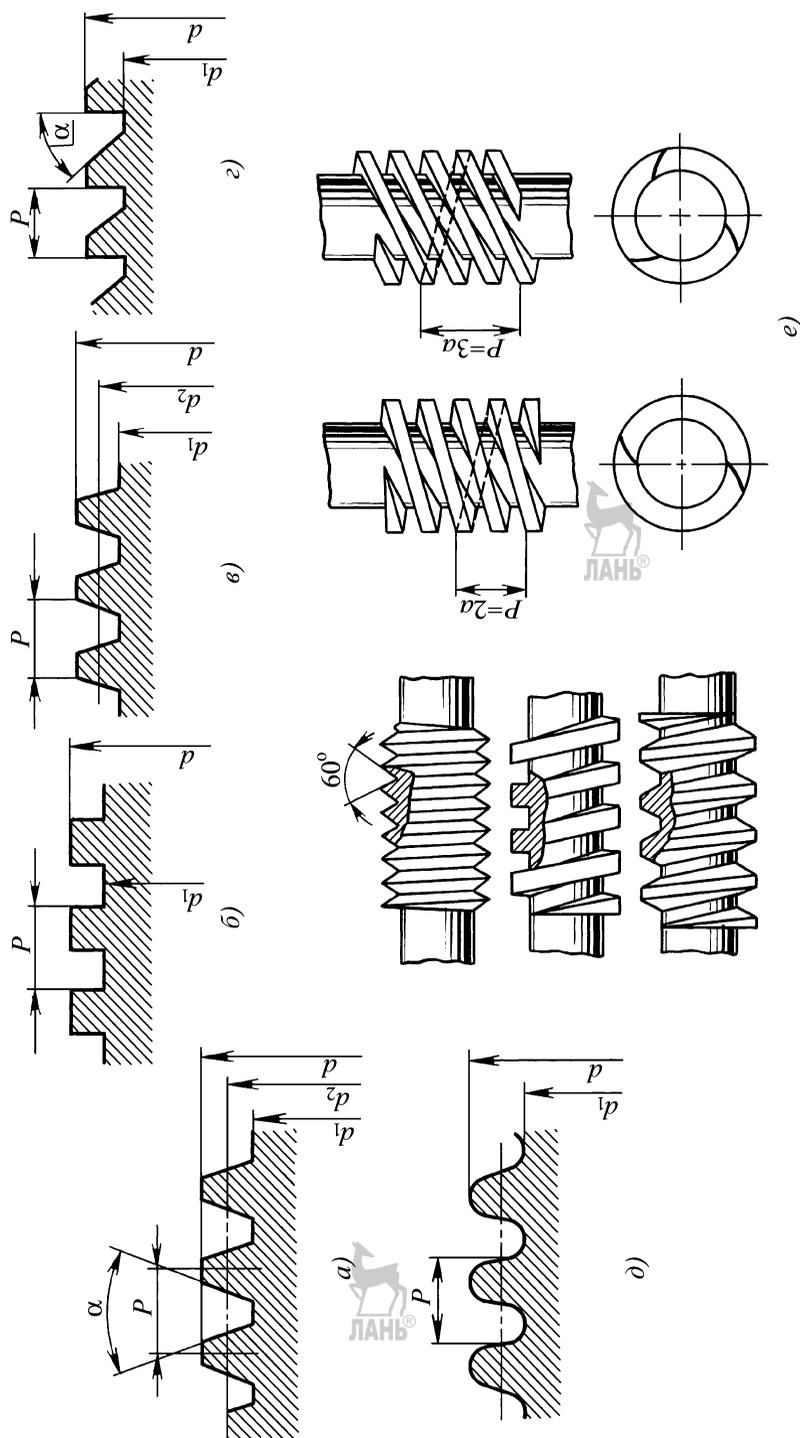
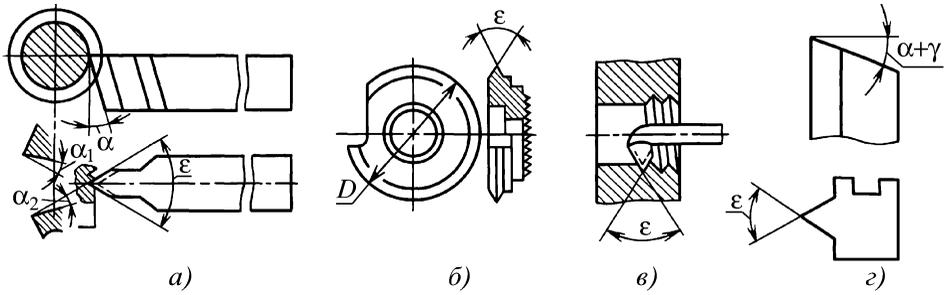
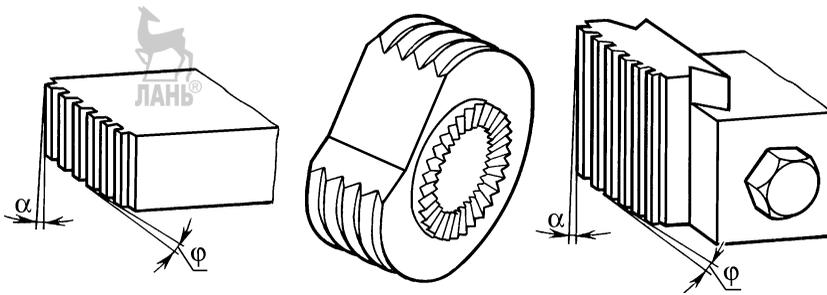


Рис. 2.73. Резьбы различного профиля: а – треугольная; б – трапециевидная; в – упорная; г – упорная; д – трапециевидная; е – двух- и трехзаходная



**Рис. 2.74. Резьбонарезные резцы односторонние:**

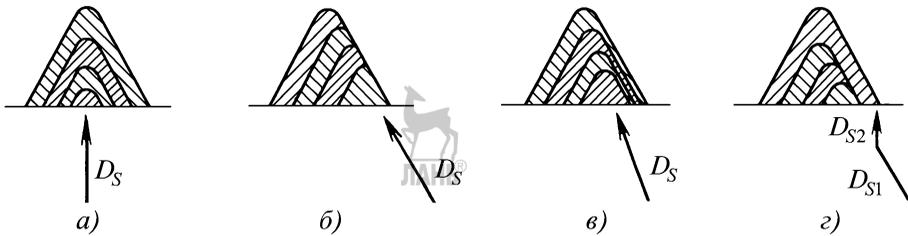
*a* – прямой стержневой; *б* – круглый; *в* – изогнутый для внутренних резьб; *г* – призматический



**Рис. 2.75. Многосторонние резцы-гребенки**

**2.58. Точность резьбы в зависимости от метода нарезания**

Метод нарезания резьб	Состояние передней поверхности инструмента	Поля допусков		Шероховатость поверхности, мкм
		болтов	гаек	
Резцом	Шлифованная	6h, 6g, 6e, 6d 8h, 8g	5H6H, 6H 6G, 7H, 7G	<i>Ra</i> 0,65... <i>Ra</i> 2,5 <i>Ra</i> 1,25... <i>Rz</i> 20
	Доведенная	4h, 6h, 6g 6e, 6d	4H5H 5H6H, 6H, 6G	<i>Ra</i> 2,5... <i>Rz</i> 20 <i>Rz</i> 20... <i>Rz</i> 40
Плашкой	Шлифованная	8h, 8g	7H, 7G	<i>Rz</i> 20... <i>Rz</i> 40
	Доведенная	6h, 6g, 6e, 6d	5H6H, 6H, 6G	<i>Ra</i> 2,5... <i>Rz</i> 20
Метчиком	Шлифованная	8h, 8g 6h, 6g, 6e, 6d	5H6H, 6H 6G, 7H, 7G	<i>Rz</i> 20... <i>Rz</i> 40
	Доведенная	4h, 6h, 6g 6e, 6d	4H5H 5H6H, 6H, 6G	<i>Ra</i> 1,25... <i>Rz</i> 20



**Рис. 2.76. Схемы резания при нарезании резьбы:**

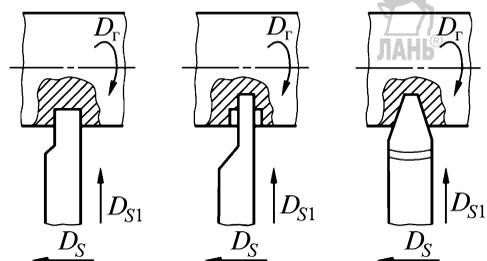
*a* – профильная; *b* – генераторная; *в, г* – с комбинированной подачей

При профильной схеме резания (рис. 2.76, *a*) в работе участвуют одновременно правая и левая режущая кромки и вершина резца. Это затрудняет процесс стружкообразования, требует больших сил резания и вызывает интенсивное изнашивание вершины резца.

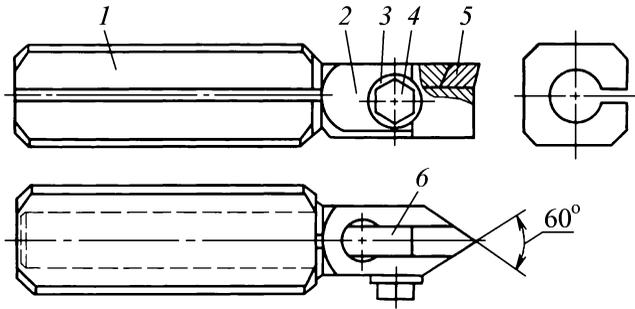
При генераторной схеме резания (рис. 2.76, *b*) угловая подача выполняется вдоль одной из сторон профиля, и резание осуществляется только одной режущей кромкой и вершиной резца. Это создает более благоприятные условия резания. Однако в этом случае понижается точность профиля, поэтому угловая подача применяется при черновых переходах.

Комбинированная подача (рис. 2.76, *в*) обладает преимуществами как радиальной, так и угловой подачи. При комбинированной подаче трудно осуществить автоматизацию процесса. При нарезании резьб с крупным шагом, имеющих большой угол подъема витков, резец поворачивают перпендикулярно винтовой линии резьбы, чтобы выровнять силы резания на левой и правой кромках резца. Такой прием установки создает отклонение формы прорезанной канавки, что допустимо лишь для черновой обработки. Для устранения этого недостатка используют еще один вид комбинированной подачи: вначале под углом, затем радиальную, представленную на рис. 2.76, *г*.

При нарезании резьбы с профилем, отличным от треугольного, значительное повышение производительности достигается при последовательном многопереходном точении несколькими резцами различных профилей, причем полный профиль нарезаемой резьбы имеет только последний чистовой резец (рис. 2.77).



**Рис. 2.77. Нарезание резьбы специального профиля**

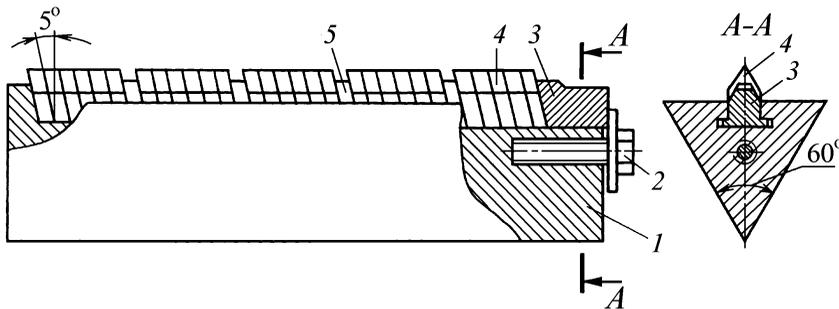


**Рис. 2.78. Сборный резьбовой резец:**

1 – разрезная державка; 2 – стержень; 3 – шайба; 4 – винт; 5 – пластина;  
6 – компенсирующая планка

На рис. 2.78 изображен сборный резьбовой резец с цилиндрическим хвостовиком и боковым прижимом режущей пластины из твердого сплава. При помощи винта 4 цилиндрический хвостовик стержня устанавливается в отверстии державки 1 с прорезью, а державка, в свою очередь, закрепляется в пазу резцедержателя. Вследствие эластичности державки при закручивании винтов резцедержателя одновременно закрепляется и резец. Цилиндрическая форма хвостовика державки позволяет поворачивать резец на необходимый угол в зависимости от угла подъема нарезаемой резьбы. После каждой переточки режущая пластина становится короче, для компенсации ее укорачивания служит стальная планка 6, укладываемая в гнездо режущей пластины 5 за ее нерабочей поверхностью. Таких компенсирующих планок должно быть несколько в комплекте к резцу.

Заточка пластин из твердого сплава для сборных резьбовых резцов выполняется в специальной кассете (рис. 2.79), в которую укладывается партия пластин. Боковые поверхности корпуса кассеты параллельны боковым поверхностям пластин. Кассета устанавливается на магнитный стол плоскошлифовального станка. В таком положении шлифуются боковые поверхности пластин с одной стороны. Затем кассета поворачивается, и шлифуются боковые поверхности пластин с другой стороны. Задние углы на боковых поверхностях пластин получаются автоматически, так как пластины устанавливаются в кассете под углом  $5^\circ$ .



**Рис. 2.79. Кассета для затачивания резьбовых пластин:**

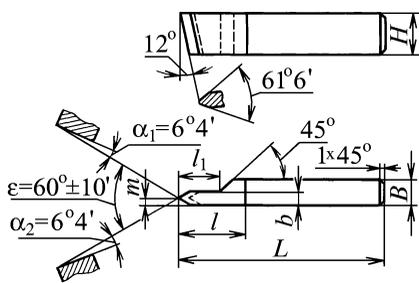
1 – корпус; 2 – прижимной винт; 3 – ползушка; 4 – пластины из твердого сплава;  
5 – промежуточные пластины

Размеры резьбовых резцов из быстрорежущих сталей для нарезания наружной метрической резьбы представлены в табл. 2.59.

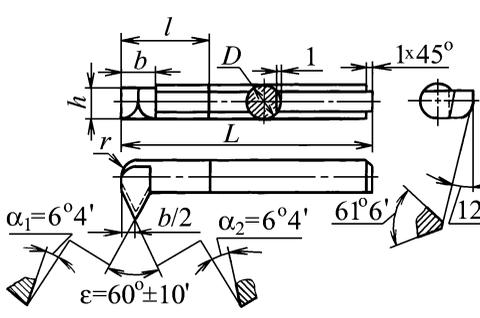
Размеры резьбовых резцов из быстрорежущих сталей для нарезания внутренней метрической резьбы представлены в табл. 2.60.

Размеры резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания наружной метрической резьбы представлены в табл. 2.61.

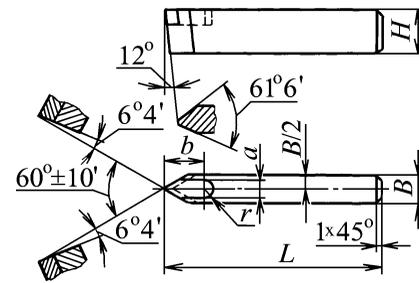
### 2.59. Размеры, мм, резьбовых резцов для нарезания наружной резьбы

	Наибольший шаг резьбы	$B \times H$	$L$	$l$	$l_1$	$b$	$m$
	2	10 × 16	125	25	15	6	1,5
3	12 × 20	30		20	8	2,0	
4	16 × 25	150	35	25	10	2,5	

### 2.60. Размеры, мм, резьбовых резцов для нарезания внутренней резьбы

	$D$	$L$	$l$	$b$	$h$	$r$
	8	140	20	5	6,5	4
10	8					
12	150	6	8	5		
15	220	25	9	10	8	
20	250	30	14	15	12	
25	280	35	18	20	15	
30	300			25		

### 2.61. Размеры, мм, резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания наружной резьбы

	Державка		Пластина		
	$B \times H$	$L$	$a$	$b$	$r$
10 × 16	125	6	14	3	
12 × 20		8	18	4	
16 × 25	150	10	20	5	
20 × 30		12		6	

Размеры резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания внутренней метрической резьбы представлены в табл. 2.62.

Призматические резцы используются для нарезания наружной резьбы, круглые и стержневые – для обработки как наружных, так и внутренних резьб.

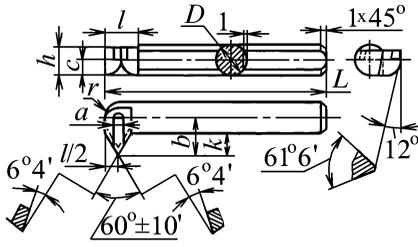
Дисковые резьбовые резцы устанавливают выше оси заготовки на величину  $h$  для образования заднего угла  $\alpha$  (табл. 2.63).

*Метчик* – осевой многолезвийный инструмент, применяемый для образования и обработки внутренней резьбы (ГОСТ 25751–83). Метчики делятся на машинные (станочные), машинно-ручные, ручные (слесарные) и гаечные (с удлиненным хвостовиком) для получения цилиндрической или конической резьбы.

Наиболее распространенные виды резьб, для которых выпускаются централизованно метчики, следующие: метрическая по ГОСТ 9150–2002, трубная цилиндрическая по ГОСТ 6357–81 и дюймовая по ОСТ НКТП 1260. Допуски на резьбы устанавливаются ГОСТ 7250–60 (в ред. 1981 г.) и ГОСТ 19090–93, а исполнительные размеры резьбы метчиков – ГОСТ 17039–71 (в ред. 1991 г.).

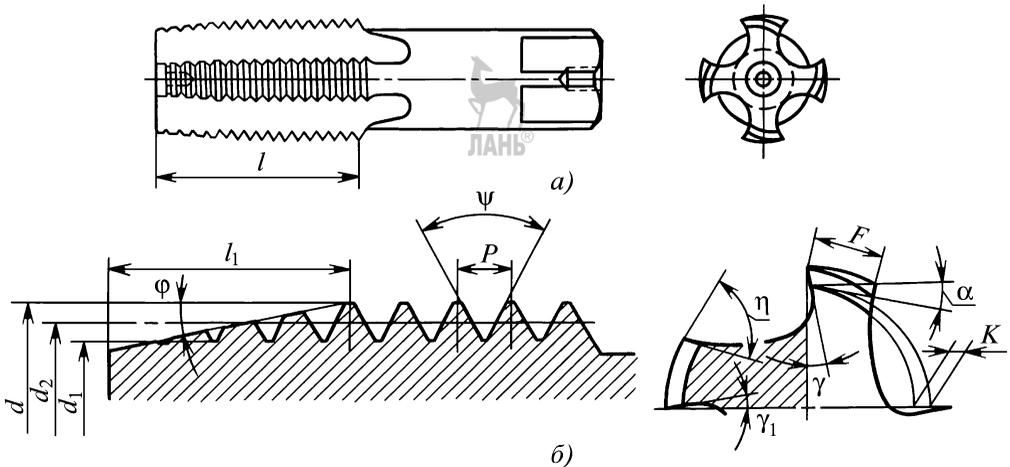
К конструктивным элементам метчика (рис. 2.80) относятся канавки для размещения стружки, режущие перья, сердцевина (внутренняя часть тела метчика); к геометрическим – передний угол  $\gamma$ , задний угол  $\alpha$ , получаемый затылованием метчика, угол наклона конуса заборной части  $\phi$  и угол наклона винтовых канавок  $\omega$ .

**2.62. Размеры, мм, резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания внутренней резьбы**

	Державка					Пластина			
	$D$	$L$	$l$	$h$	$k$	$a$	$b$	$c$	$r$
10	150	6	8	4	4	10	2,5	2	
12		7	5	6	14	3,5	3		
15	220	9	10	8	8	18	5	4	
20	250	14	15	12	10	20	6	5	
25	280	18	20	15	12	20	7	6	
30	300	20	25	15	12	20	7	6	

**2.63. Величина смещения  $h$  центра дисковых резьбовых резцов при установке**

Задний угол резца $\alpha$ , °	$h$ , мм, при диаметре резца, мм						
	20	25	30	35	40	45	50
10	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5	3,9	4,4
12	2,0	2,6	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2



**Рис. 2.80. Конструктивные элементы (а), профиль резьбы (б) и геометрические параметры метчиков:**

$d$ ,  $d_2$ ,  $d_1$  – наружный, средний и внутренний диаметры резьбы;  $P$  – шаг резьбы;

$K$  – величина затылования;  $l$  – рабочая часть метчика;  $l_1$  – заборная часть метчика;

$\eta$  – внешний угол;  $\varphi$  – угол наклона заборной части;  $\gamma$  – передний угол заборной части;

$\gamma_1$  – передний угол калибрующей части;  $\alpha$  – задний угол;  $F$  – ширина зуба метчика;

$\psi$  – угол профиля резьбы

Рабочая часть метчиков выполняется из инструментальных углеродистых (У10А и У12А) или быстрорежущих сталей, а также из твердых сплавов группы ВК. Метчики с рабочей частью из быстрорежущей стали диаметром свыше 6 мм выполняются сварными; рабочая часть из быстрорежущей стали приваривается к стальному корпусу (хвостовику). Метчики, оснащенные твердым сплавом, делятся на метчики цельные твердосплавные (диаметром до 8 мм) с цельнотвердосплавной рабочей частью (диаметром 8...12 мм), припаянной или приклеенной к стальному корпусу, и метчики, оснащенные режущей частью в виде пластин из твердого сплава группы ВК. Корпуса сварных быстрорежущих и напайных твердосплавных метчиков, а также корпуса метчиков, оснащенных пластинами из твердого сплава, выполняются из конструкционных (45 и 40Х), инструментальных легированных (9ХС, ХВГ) или малолегированных быстрорежущих сталей.

Рабочая часть метчика делится на заборную и калибрующую.

Заборная или режущая часть выполняет основную работу резания в процессе формообразования резьбы. Увеличенная длина заборной части метчика облегчает процесс резания (когда длина режущей части больше длины нарезаемой резьбы) и корректирует направление метчика в момент входа его в отверстие.

Калибрующая часть окончательно формирует резьбу, обеспечивая необходимую точность размеров и шероховатость поверхности.

Для снижения трения и уменьшения величины разбивки отверстия калибрующая часть имеет обратную конусность на 100 мм длины:

Профиль резьбы:		Конусность, мм
шлифованный .....		0,05...1,0
нешлифованный .....		0,08...0,12

Длина калибрующей части метчиков оказывает влияние на ресурс времени его работы, силу трения и точность нарезания резьбы. Рекомендуемая длина калибрующей части обычно равна 6...12 шагам резьбы. Для стандартных метчиков длина калибрующей части с учетом требований унификации может увеличиваться до 20...40 шагов резьбы (у метчиков с мелкими шагами резьбы).

На калибрующей части и боковых сторонах пера задний угол чаще равен нулю, и лишь у метчиков со шлифованной резьбой его получают затылованием на резьбошлифовальном станке; величина затылования  $K$  незначительна (0,2...0,3 мм по ширине пера), однако и это приводит к резкому уменьшению трения и облегчению работы.

Ширина пера для метчиков с тремя, четырьмя и шестью зубьями принимается соответственно равной  $0,3d$ ;  $0,2d$  и  $0,16d$ .

Размеры, профиль и шероховатость резьбы калибрующей части выбирают в зависимости от профиля, размеров и точности нарезаемого отверстия.

Точность элементов резьбы, нарезанной метчиками, должна соответствовать указанной в табл. 2.64.

Стружечные канавки образуют переднюю поверхность и служат для размещения стружки. Рекомендуемое число стружечных канавок у машинных и ручных метчиков для обработки различных материалов представлено в табл. 2.65.

#### 2.64. Точность элементов резьбы

Точность метчиков	Поле допуска или класс точности нарезаемой резьбы не грубее	
	нормальной	повышенной
Для метрической резьбы классов:		
1	5H	4H
2	6H	5H
3	7H	6H
Для трубной резьбы классов:		
A2, A3		B
B1		A
Для дюймовой резьбы степеней:		
C, D	3	2

### 2.65. Число стружечных канавок у машинных и ручных метчиков

Обрабатываемый материал	Диаметр, мм					
	Св. 1 до 2	Св. 2 до 5	Св. 6 до 16	Св. 1 до 2	Св. 2 до 5	Св. 6 до 16
	Сквозные отверстия			Глухие отверстия		
Стали:						
конструкционные	2	2	3	2	3	3
жаропрочные	–	3	3	–	3	3
Легкие сплавы	2	2	3	2	2	3

### 2.66. Передний угол $\gamma$ для метчиков из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	$\gamma, ^\circ$
Чугун, бронза, высокопрочные стали, титановые и молибденовые сплавы	0...5
Стали средней твердости, латуни	8...10
Вязкая сталь, латунь, медь, магниевые сплавы	12...15
Легкие сплавы	16...25
Коррозионно-стойкие и жаропрочные сплавы	5

Поверхности канавок метчиков должны быть полированы или гидрополированы. Иногда при обработке алюминиевых сплавов рабочая часть метчика, в том числе и канавки, хромируется.

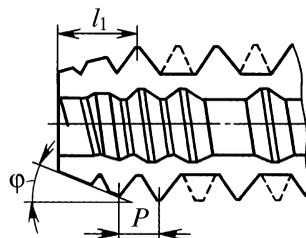
Рекомендуемые значения переднего угла для машинных и ручных метчиков из быстрорежущей стали (ГОСТ 3449–84 (в ред. 1992 г.)) представлены в табл. 2.66.

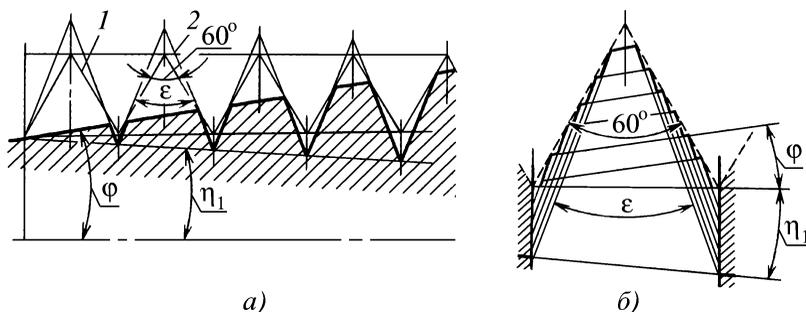
Для метчиков из твердых сплавов передние углы уменьшаются.

При нарезании длинных резьб в труднообрабатываемых материалах, особенно в глухих отверстиях, применяют комплект метчиков, который может состоять из двух, трех и большего числа метчиков.

Для снижения нагрузок и трения при нарезании сквозной резьбы в вязких материалах на режущей части метчиков в шахматном порядке удаляются отдельные участки (рис. 2.81).

Рис. 2.81. Схема шахматного расположения зубьев в метчике





**Рис. 2.82. Построение профиля корригированного метчика (а) и схема его резания (б):**  
 1 – профиль резьбы детали; 2 – профиль резьбы метчика

Для нарезания резьбы в жаропрочных труднообрабатываемых сталях применяют корригированные метчики. Сущность корригирования состоит в том, что угол профиля режущих зубьев метчика  $\varepsilon$  выполняется на  $1...5^\circ$  меньше угла профиля нарезаемой резьбы, а шлифование резьбы на метчике производится с обратной конусностью под угол  $\eta_1$ . Так как  $\operatorname{tg}\eta_1 \approx 0,09 \operatorname{tg}\varphi$ , то между обрабатываемым материалом и боковыми кромками зуба метчика образуется зазор (рис. 2.82).

Применение корригированных метчиков устраняет налипание стружки на боковых поверхностях зубьев и снижает суммарный крутящий момент на 30 %. При больших углах  $\varphi$  после обработки корригированным метчиком желательно проводить калибрование резьбы некорригированными метчиками.

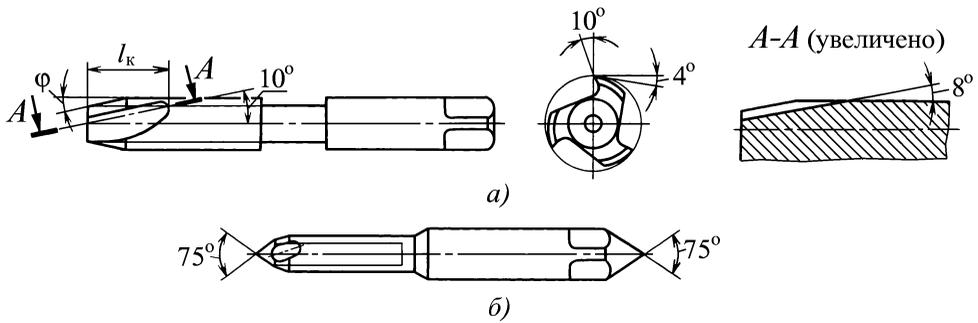
Корригированные метчики можно применять при нарезании резьбы в глухих отверстиях при условии использования комплектных метчиков.

Метчики с прямыми канавками по ГОСТ 3266–81 (в ред. 1999 г.) (табл. 2.67) со шлифованным профилем резьбы предназначены для универсального применения. Их изготавливают как одинарными, так и комплектными. Одинарные метчики имеют исполнение для сквозных отверстий ( $l_1 = 3P$  для резьб диаметром до 3,5 мм и  $l_1 = 6P$  для резьб диаметром свыше 3,5 мм), для глухих отверстий ( $l_1 = 2P$  для резьб до 3,5 мм и  $l_1 = 3P$  для резьб свыше 3,5 мм).

Комплектные метчики имеют черновой метчик с  $l_1 = 3P$  и чистовой с  $l_1 = 3P$  для резьб диаметром до 3,5 мм, для резьб диаметром свыше 3,5 мм в комплект входит только один метчик с  $l_1 = 6P$ .

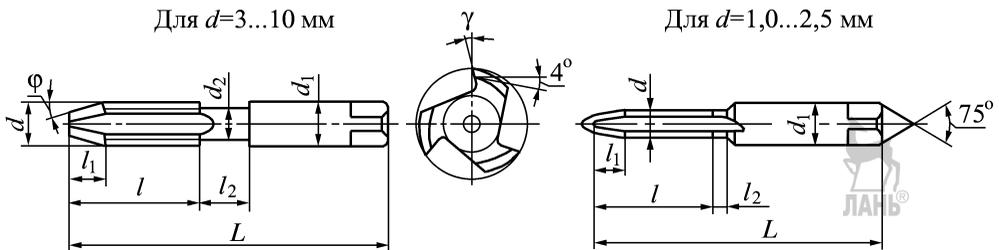
Число и размеры стружечных канавок приведены в приложении к ГОСТ 3266–81 (в ред. 1999 г.).

Метчики с укороченными канавками по ГОСТ 17931–72 (в ред. 1990 г.) применяются для обработки сквозных недлинных резьб (рис. 2.83). Размеры канавок приведены в табл. 2.68. Метчики этого вида имеют большую прочность, чем метчики с канавками по ГОСТ 3266–81 (в ред. 1999 г.), более точно направляются в отверстия и менее трудоемки в изготовлении. Наличие наклона канавок влево способствует выталкиванию стружки вперед, что значительно облегчает



**Рис. 2.83. Метчики с укороченными канавками:**  
 а – диаметром 3...10 мм; б – диаметром 1...4,5 мм

### 2.67. Машинные метчики с прямыми канавками (ГОСТ 3226–81), мм



Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$	$L$ (h16)	$l$ , не более	$d_1$ (h9)	$l_2$	$l_1$	$\varphi, ^\circ$	$d_2$ , не менее	
1,0; 1,2	0,25	38,5	5,5	2,5	4,5	0,5; 0,75	14; 22	—	
1,6	0,35	41,0	8,0		5,0	0,7; 1,0			
2,0	0,40			5,5	0,8; 1,2				
2,5	0,45	44,5	9,5	2,8	6,0	0,9; 1,4			
3,0	0,5	48,0	11,0	3,15	7,0	1,0; 1,5			2,12
3,5	0,6	50,0		3,55		1,2; 1,8			2,50
4,0	0,7	53,0	13,0	4,0	8,0	1,4...4,2	6...18	2,80	
4,5	0,75			4,5		1,0...3,0	6,5...19	3,15	
5,0	0,8	58,0	16,0	5,0	9,0	1,6...4,8	6,5...18	3,55	
6,0	1,0	66,0	19,0	6,3	11,0	2,0...6,0	6...18	4,50	
8,0	1,25	72,0	22,0	8,0	13,0	2,5...7,5		6,0	
10,0	1,5	80,0	24,0	10,0	15,0	3,0...9,0	6...17,5	7,5	

Примечание. Приведены типоразмеры метчиков для крупного шага резьбы.

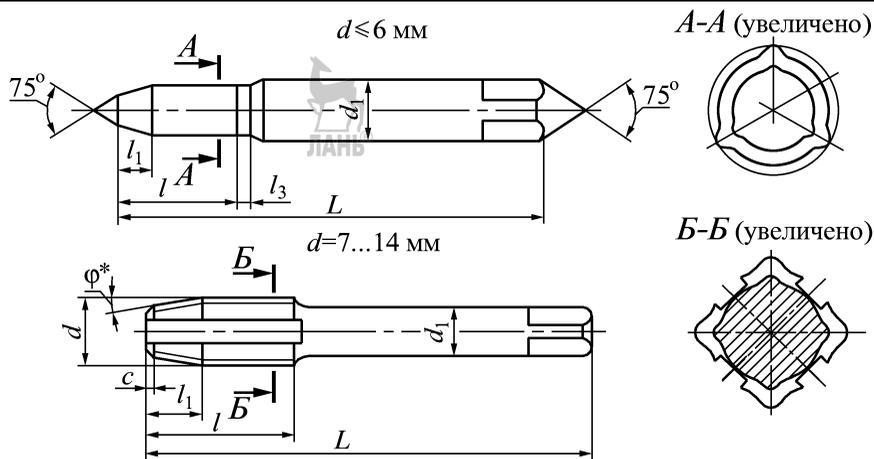
## 2.68. Длина укороченных канавок метчиков (ГОСТ 17931–72), мм

Шаг резьбы $P$	Длина стружечных канавок $l_k$	Шаг резьбы $P$	Длина стружечных канавок $l_k$	Шаг резьбы $P$	Длина стружечных канавок $l_k$
0,2	2,4	0,45	5,4	0,8	9,6
0,25	3,0	0,5	6,0	1,0	12,0
0,3	3,6	0,6	7,2	1,25	15,0
0,35	4,2	0,7	8,4	1,5	18,0
0,4	4,8	0,75	9,0	1,75	21,0

работу метчика. Длина заборного конуса  $l_1 = 6P$ . Длину стружечных канавок  $l_k$  и угол заборного конуса  $\phi$  метчиков с укороченными канавками выбирают по ГОСТ 17931–72 (в ред. 1990 г.). Размеры профиля инструмента для обработки стружечных канавок метчиков приведены в приложении к ГОСТ 17930–72 (в ред. 1990 г.).

Бесстружечные метчики (ГОСТ 18839–73 (в ред. 1987 г.)) применяют в производстве приборов и машин при обработке вязких материалов (табл. 2.69). Бесстружечные метчики не имеют режущих элементов. Их рабочая часть вместо стружечных канавок имеет многогранник. На заборном корпусе резьба сошлифована на конус, затылование отсутствует. Такие метчики не нарезают резьбу, а выдавливают, и в процессе эксплуатации не перетачиваются, а работают до полного изнашивания. Исполнительные размеры метчиков приведены в ГОСТ 18842–73 (в ред. 1987 г.).

## 2.69. Размеры, мм, машинно-ручных бесстружечных метчиков (ГОСТ 18839–73)



\* Угол  $\phi$  равен:  $3^{\circ}30'$  – для сквозных отверстий;  $1^{\circ}$  – для сквозных отверстий в коррозионно-стойких сталях;  $6^{\circ}30'$  – для глухих отверстий.

Окончание табл. 2.69

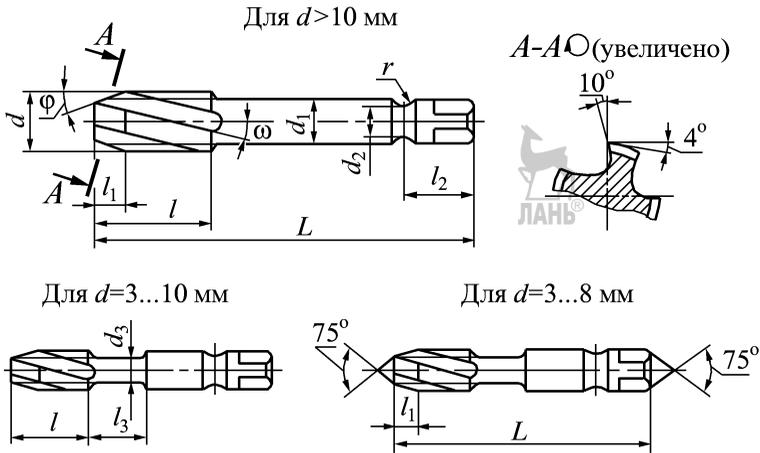
Резьба		$L$	$l$	$l_1$ для отверстий		$d_1$	$c$	$l_3$	$K$
Номинальный диаметр $d$	Шаг $P$			сквозных	глухих				
1,0	0,25	36	6	2,0	1,0	2,24	-	4,5	0,060
1,1									0,070
1,2									0,072
1,4	0,30	40	7	2,4	1,2	2,5	-	5,0	0,08
1,6									0,09
1,8	0,35	40	8	2,3	1,4	2,5	-	5,5	0,10
2,0									0,12
2,2	0,45	45	10	3,6	1,8	2,8	-	6,0	0,13
2,5									0,15
3,0	0,50	48	12	4,0	2,0	3,15	-	7,0	0,18
3,5									0,21
4,0	0,60	50	12	4,8	2,4	3,55	-	8,0	0,24
4,5									0,27
5,0	0,70	52	10	5,6	2,8	4,00	-	9,0	0,30
6,0									0,36
6,0	1,00	65	12	8,0	4,0	6,30	-	11	0,36
	0,75								
8,0	1,25	70	15	10,0	5,0	8,00	0,6	13	0,48
	1,00								
10,0	1,50	80	18	12,0	6,0	10,0	0,8	15	0,40
	1,25								
12,0	1,75	90	20	14,0	7,0	9,0	0,9	-	0,48
	1,50								
14,0	2,0	95	24	16,0	8,0	11,2	1,0	-	0,56
	1,5								

Примечание. ГОСТ 18839–73 предусматривает и другие размеры метчиков с  $d = 15...34$  мм.

Машинные метчики с винтовыми правыми канавками (ГОСТ 17933–72 (в ред. 1990 г.)) служат для обработки глухих и глубоких ( $L > 1,5d$ ) сквозных отверстий и обработки легких сплавов (табл. 2.70). При работе этими метчиками стружка не накапливается в канавках, а непрерывно продвигается вверх, что улучшает условия подвода СОТС, облегчает работу метчика и тем самым повышает его стойкость.

У метчиков для обработки труднообрабатываемых сталей (ГОСТ 19727–72 (в ред. 1990 г.)) делают увеличенный угол заборного конуса  $\varphi$  и срезают часть резьбовых ниток (табл. 2.71).

### 2.70. Размеры, мм, машинных метчиков для нарезания резьбы в заготовках из легких сплавов (ГОСТ 17933–72)



Резьба		L	l	l <sub>1</sub> для отверстий		φ, °	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>
Номинальный диаметр d	Шаг P			сквозных	глухих						
3,0	0,5	48	11	3,0	—	6	2,24	—	2,12	—	7
				—	1,5	14					
3,5	0,6	50	13	3,6	—	6	2,5	—	2,5	—	8
				—	1,8	14					
4,0	0,7	53	16	4,2	—	6	3,15	—	2,8	—	9
				—	2,1	12					
5,0	0,8	58	19	4,8	—	6°30'	4,0	4,5	3,55	—	11
				—	2,4	14					
6,0	1,0	66	19	6,0	—	6	4,5	5,5	4,50	—	13
	—			3,0	12						
8,0	0,75	69	19	4,5	—	6	6,3	7,0	6,0	16	13
	—			2,2	12°30'						

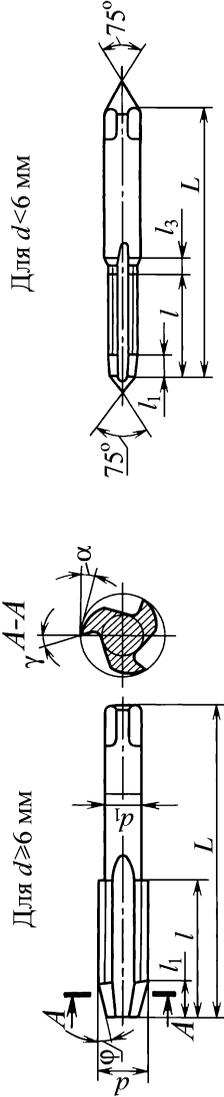
Примечания: 1. ГОСТ 17933–72 предусматривает и другие размеры метчиков с  $d = 10 \dots 30$  мм.

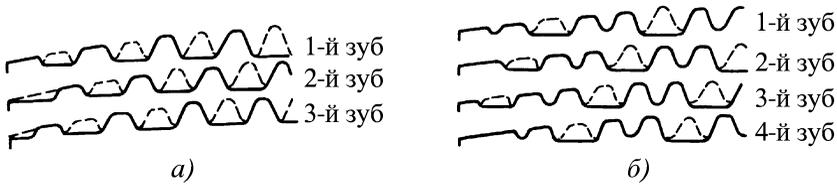
2. Для резьб диаметром 3 и 3,5 мм  $r = 3,5$  мм; для резьб диаметром свыше 3,5 мм  $r = 4,5$  мм.

2.71. Размеры, мм, машинно-ручных метчиков для нарезания резьбы в заготовках из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей (ГОСТ 17927-72)

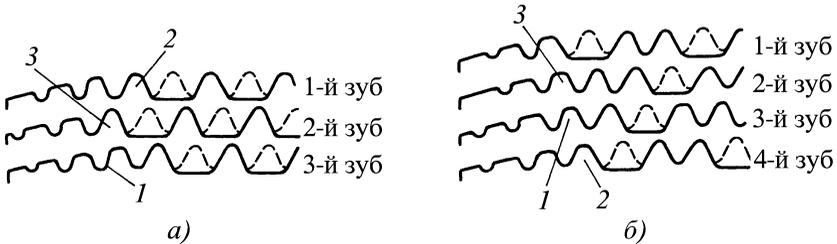
Резьба		L	I для отверстий		I <sub>1</sub> для отверстий			d <sub>1</sub>	l <sub>3</sub>	φ, °	
			сквоз- ных	глу- хих	сквоз- ных	Чистой метчик	Черновой метчик			Черновой метчик	Чистой метчик
2,0	0,40	41	12	8	4,8	0,8	1,2	3,15	5,0	22	14
	0,45	44,5	9,5	9,5	5,4	0,9	1,4		6,0		
3,0	0,50	48	14	11	6,0	1,0	1,5	4,00	7,0	12	6
	0,70	53	18	13	8,4	2,1	4,2		8,0		
4,0	0,50	58	20	16	6,0	1,5	3,0	5,00	9,0	13	6°30'
	0,80		14		9,6	2,4	4,8				
5,0	0,50	66	20	19	6,0	1,5	3,0	6,30	11,0	12	6
	1,00		12,0		3,0	6,0	12				
6,0	0,75	80	25	22	9,0	2,2	4,5	6,30	11,0	12°30'	6
	0,50		6,0		1,5	3,0	13				
8,0	1,25	65	18	19	15,0	3,8	7,5	6,30	-	12	6
	1,00		12,0		3,0	6,0	12°30'				
8,0	0,75	65	18	19	9,0	2,2	4,5	6,30	-	12°30'	6
	0,50		6,0		1,5	3,0	13				

Примечание. В таблице приведены значения φ для глухих отверстий; для сквозных отверстий φ = 3°.





**Рис. 2.84. Схема вырезания ниток у метчиков для сквозных отверстий:**  
 а – число зубьев  $z = 3$  (нити срезаны на всей длине рабочей части через одну);  
 б – число зубьев  $z = 4$  (нити срезаны на всей длине рабочей части через две)



**Рис. 2.85. Схема вырезания ниток у метчиков для глухих отверстий:**  
 а – число зубьев  $z = 3$  (нити вырезаны только на калибрующей части, начиная с третьей полной нитки, через одну); б – число зубьев  $z = 4$  (нити вырезаны только на калибрующей части, начиная с третьей полной нитки, через две нитки); 1, 2 – первые и вторые нитки калибрующей части; 3 – последняя нитка заборной части

У метчиков для обработки сквозных отверстий нитки вырезают на всей длине рабочей части (рис. 2.84), а у метчиков для обработки глухих отверстий нитки вырезаются только на калибрующей части (рис. 2.85).

Метчики имеют уменьшенные задний и передний углы:  $\alpha = 4^\circ$  и  $\gamma = 5^\circ$ ; они также имеют подточку под углом  $4^\circ$  на длине  $5P$  по канавкам на заборном конусе.

Машинно-ручные метчики для нарезания резьбы в заготовках из мягких и вязких сталей, а также легких сплавов (табл. 2.72) выпускают с шахматным расположением зубьев диаметром 2...36 мм по ГОСТ 17928–72 (в ред. 1990 г.); с укороченными канавками диаметром 1...18 мм по ГОСТ 17930–72 (в ред. 1990 г.); с винтовыми канавками диаметром 3...30 мм по ГОСТ 17932–72 (в ред. 1990 г.). Задние и передние углы у этих метчиков увеличены:  $\alpha = 7^\circ$  и  $\gamma = 16^\circ$ . Форма и размеры стружечных канавок для глухих отверстий установлены в приложении к ГОСТ 17927–72 (в ред. 1990 г.), а число зубьев и размеры профиля канавок – ГОСТ 3266–81 (в ред. 1990 г.).

Метчики с укороченными канавками предназначены для нарезания резьб в легких сплавах. Геометрические параметры режущей части метчика и размеры профиля инструмента для стружечных канавок даны в ГОСТ 17930–72 (в ред. 1990 г.).

У метчиков с винтовыми канавками угол наклона стружечных канавок равен:  $10^\circ$  – для глухих и сквозных отверстий диаметром 3...6 мм;  $30^\circ$  – для глухих отверстий диаметром свыше 6 мм. Число зубьев метчиков и профиль инструмента для обработки стружечных канавок метчиков рекомендуется принимать по ГОСТ 17933–72 (в ред. 1990 г.).

**2.72. Размеры, мм, машинно-ручных метчиков для обработки сквозных и глухих отверстий в легких сплавах**  
(см. эскиз к табл. 2.71)

Резьба		L	l	l <sub>1</sub> для отверстий			d <sub>1</sub>	l <sub>3</sub>	φ, °, для отверстий		
				сквозных	Чистовой метчик	глухих			сквозных	Чистовой метчик	глухих
d	P			сквозных	Чистовой метчик	Черновой метчик		сквозных	Чистовой метчик	Черновой метчик	
2,0	0,40	41	8	1,2	0,8	1,2	3,15	5,0	14	22	14
	0,45	44,5	9,5	1,4	0,9	1,4		6,0			
3,0	0,50	48	11	1,5	1,0	1,5	4,00	7,0	6	12	6
	0,70	53	13	4,2	2,1	4,2	8,0				
4,0	0,50	58	16	3,0	1,5	2,3	5,00	9,0	6°30'	14	6°30'
	0,80			4,8	2,4	4,8					
5,0	0,50	66	19	3,0	1,5	3,0	6,30	11,0	6	12	6
	1,00			6,0	3,0	6,0					
6,0	0,75	72	22	4,5	2,0	4,5	6,30	11,0	6	12°30'	6
	0,50			3,0	1,5	3,0					
8,0	1,25	80	24	7,5	3,8	7,5	6,30	11,0	6°30'	13	6°30'
	1,00			6,0	3,0	6,0					
10,0	0,75	80	24	4,5	2,2	4,5	6,30	11,0	6	12°30'	6
	0,50			3,0	1,5	3,0					
10,0	1,5	76	20	9,0	4,5	9,0	8,0	11,0	6	12	6
	1,0			6,0	3,0	6,0					
0,5	69	19	19	3,0	1,5	3,0			13	6°30'	6°30'

Метчики следует изготавливать с обратной конусностью по наружному, среднему и внутреннему диаметрам в пределах 0,10...0,15 мм на 100 мм длины.

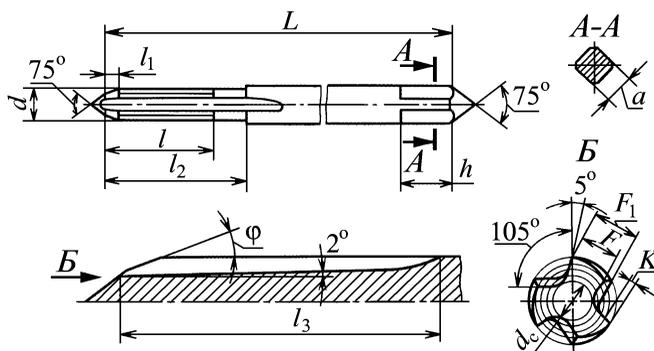
Размеры метчиков должны иметь следующие предельные отклонения: общая длина и длина рабочей части машинно-ручных комплектных метчиков –  $h16$ ; длина заборной части для сквозных отверстий  $\pm 0,5P$ , для глухих отверстий при шаге: 0,2...0,5 мм  $\pm 0,5P$ , свыше 0,5 мм –  $(-0,5P)$ ; диаметр хвостовика  $h9$ .

Метчики со шлифованным профилем должны быть затылованными по профилю на всей длине рабочей части. У метчиков диаметром 1...3 мм допускается не производить затылование по профилю, заменив ее обратной конусностью 0,16...0,2 мм на 100 мм длины.

*Твердосплавные метчики.* Применяют при обработке сталей и сплавов, имеющих прочность  $\sigma_b = 1800...2100 \text{ Н/мм}^2$  и твердость 49,3...54,2 HRC, а также чугуна и алюминиевых сплавов с повышенным содержанием кремния и некоторых неметаллических материалов. Основные типы твердосплавных метчиков приведены на рис. 2.86.

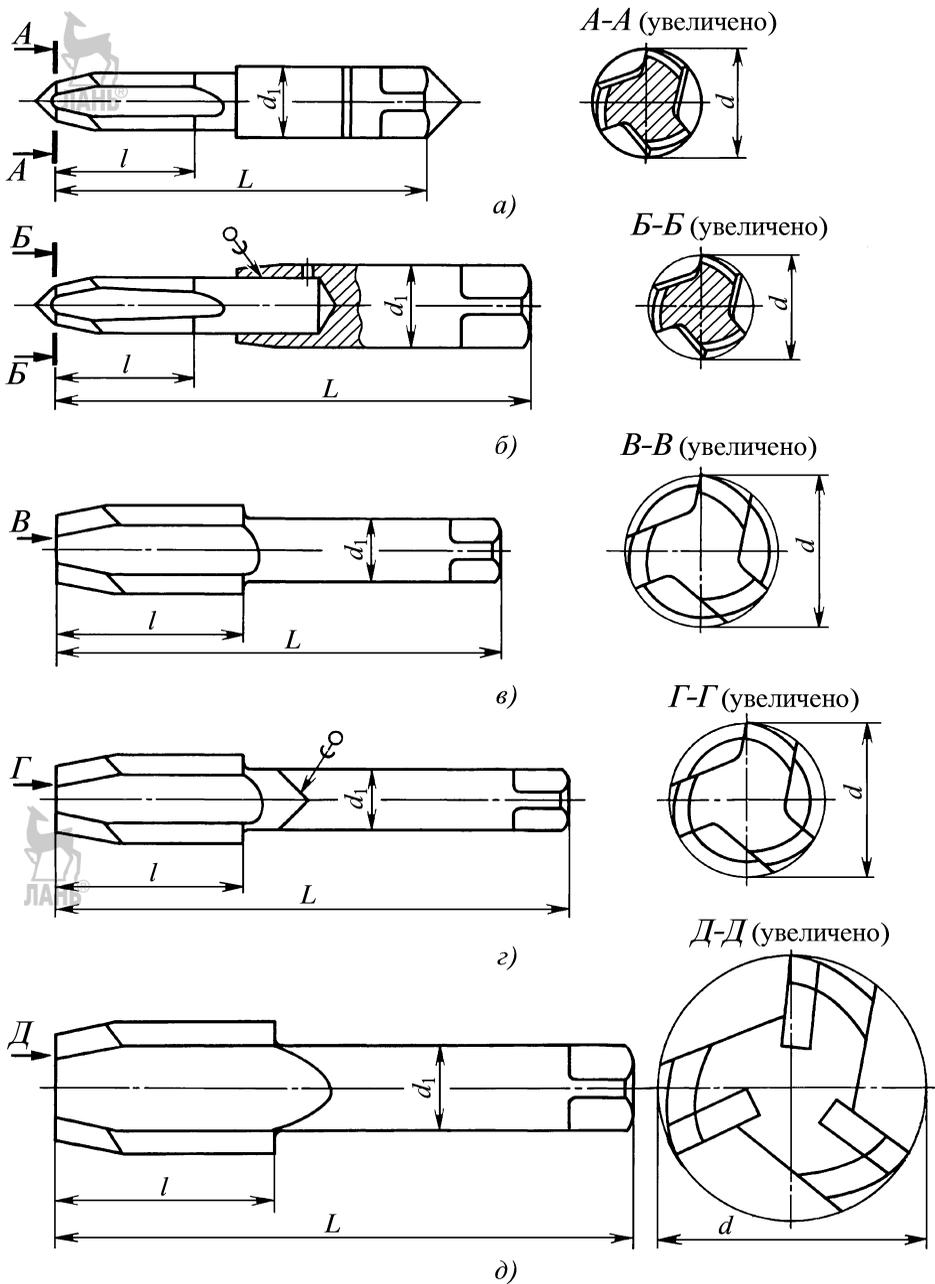
Размеры цельных твердосплавных метчиков представлены в табл. 2.73, сборных диаметром 2...6 мм – в табл. 2.74, диаметром 6...12 мм – в табл. 2.75.

### 2.73. Размеры, мм, машинно-ручных цельных твердосплавных метчиков



$d$	$L$	$l$	$l_2$	$l_3$	$K$	$F$	$F_1$	$d_c$	$h$	$a$
2,0	36	8	11	12	0,22	$0,8 \pm 0,04$	1,02	1,0	5	2,0
2,2				13	0,24	$0,9 \pm 0,04$	1,10	1,1		
2,5			16	0,27	$1,0 \pm 0,05$	1,20	1,25			
3,0	40	10	13	17	0,32	$1,2 \pm 0,06$	1,48	1,5	6	2,4
3,5	19			0,38	$1,4 \pm 0,07$	1,68	1,75			
4,0	45	12	15	20	0,43	$1,6 \pm 0,08$	1,94	2,0	7	3,0
5,0			14	18	24	0,54	$2,0 \pm 0,10$	2,39		

Примечание. Значение  $l_1$  следует выбирать из ГОСТ 3266–81 (в ред. 1999 г.), так как она зависит от номинального диаметра и шага резьбы, а также от конструктивных особенностей метчика.

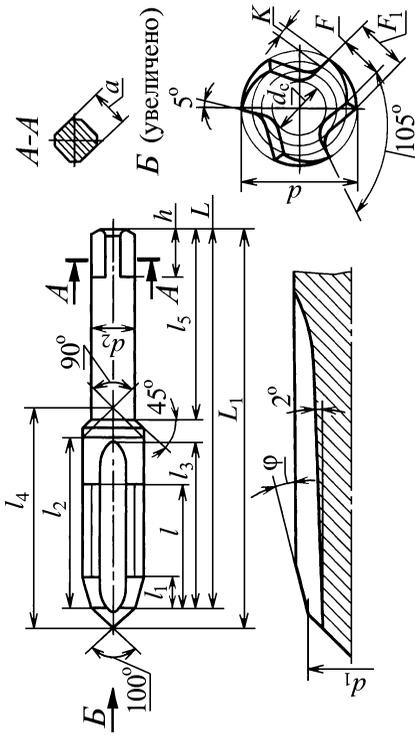


**Рис. 2.86. Типы твердосплавных метчиков:**

*a* – цельные для резб диаметром от 2 до 5 мм; *б, г* – сборные; *в* – цельные для резб диаметром от 6 до 12 мм; *д* – с припаянными твердосплавными пластинами для резб диаметром свыше 12 мм;  $d$  – диаметр рабочей части;  $d_1$  – диаметр хвостовика;  $L$  – общая длина метчика;  $l$  – длина рабочей части



2.75. Размеры, мм, машинно-ручных твердосплавных метчиков



$d$	$P$	$L_{-1,0}$	$L_1$	$l$	$l_2 = l_3 \pm 1,0$	$l_4$	$l_5$	$d_1$	$d_2 \begin{matrix} 0 \\ -0,03 \end{matrix}$	$d_c$	$F$	$F_1$	$K$	$a$	$h$	
6,0	1,0	65	66,8	12	28	32,8		4,4	6,0	3,0	2,4	3,0	0,66	5	5	
7,0			67,3			33,8		5,4	7,0	3,5	2,8	3,5	0,77			
8,0	1,25	70	72,5	20	30	36,5	—	6,0	8,0	4,0	3,2	4,0	0,88	7	6	
9,0			72,9				37,4		7,0	9,0	4,5	3,6	4,5			0,99
10,0	1,5	75	78,1	22	32	40,1		7,6	10,0	5,0	4,0	5,0	1,09	8	7	
11,0			78,6				41,1	40		8,6	5,5	4,4	5,5			1,21
12,0			83,8	25	35			44,8		42	9,2	6,0	4,8			6,0

Примечание. Радиус  $R = (0,05 \dots 0,15) d$ ; допуск на  $F$  равен  $\pm 0,03$ ;  $l_1$  следует выбирать из ГОСТ 3266–81 (в ред. 1999 г.), так как он зависит от номинального диаметра и шага резьбы, а также от конструктивных особенностей метчика.

Величина спада затылка по ширине зуба приведена в табл. 2.76.

Изнашивание метчиков осуществляется по передней и задней поверхностям. Допускаемая величина стачивания за одну переточку в зависимости от диаметра и допускаемого износа приведена в табл. 2.77.

В табл. 2.78 представлены диаметры отверстий, получаемых сверлением, под нарезание метрической резьбы метчиками.

При обработке внутренней резьбы с крупным шагом, в том числе и многозаходной в сквозных отверстиях, применяется специальный метчик-протяжка, работающий по схеме вращающейся протяжки. Рекомендуемый диапазон диаметров нарезаемых резьб 8...75 мм. Протягивание внутренней резьбы на токарном станке может осуществляться двумя методами: с вращающейся заготовкой или с вращающимся инструментом (рис. 2.87). При обработке по первому способу заготовку с протяжкой закрепляют в патроне токарного станка, а направляющую часть протяжки – в суппорте.

При обработке по второму способу обрабатываемую заготовку закрепляют на суппорте токарного станка, свободный конец инструмента зажимают в патроне, а протяжку пропускают через отверстие заготовки.

При обработке длинных заготовок второй способ может быть модифицирован: заготовку закрепляют на суппорте, а режущий инструмент устанавливают в центрах, и на оба конца инструмента передают вращение от дополнительного устройства во избежание скручивания протяжки.

### 2.76. Величина спада затылка по ширине зуба

Диаметр метчика, мм	Величина спада, мм, по диаметру	
	среднему и внутреннему	наружному
2...4	0,015	0,04
4,5...6	0,020	0,05
7...12	0,025	0,08

### 2.77. Допускаемый износ и величина стачивания за одну переточку

Инструмент	Обрабатываемый материал	Диаметр резьбы, мм	Допускаемый износ, мм	Стачивание, мм, за одну переточку по поверхности	
				передней	задней
Метчики машинно-ручные	Сталь и чугун	3...6	0,1...0,2	0,2...0,3	0,9...1,1
		8...10	0,2...0,3	0,3...0,4	1,4...1,6
		12...24	0,4...0,6	0,5...0,6	1,8...2,5
		27...36	0,5...0,6	0,6...0,7	3,0...3,5
		42...52	0,6...0,7	0,7...0,8	4,0...4,5

2.78. Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы метчиками, мм

Диаметр крепежных изделий	Шаг резьбы	Диаметр сверла												
1,0	0,25	0,75	0,2	0,8										
1,4	0,3	1,1	0,2	1,2										
2,0	0,4	1,6	0,25	1,75										
3,0	0,5	2,5	0,35	2,65										
4,0	0,7	3,3	0,5	3,5										
5,0	0,8	4,2	0,5	4,5										
6,0	1,0	5,0	0,75	5,2	0,5	5,5								
7,0	1,0	6,0	0,75	6,2	0,5	6,5								
8,0	1,25	6,7	1,0	7,0	0,75	7,2	0,5	7,5						
10	1,5	8,5	1,25	8,7	1	9	0,75	9,2	0,5	9,5				
12	1,75	10,2	1,5	10,5	1,25	10,7	1	11	0,75	11,2	0,5	11,5		
14	2	12	1,5	12,5	1,25	12,7	1	13	0,75	13,2	0,5	13,5		
16	2	14	1,5	14,5	1	15	0,75	15,25	0,5	15,5	0,5	15,5		
18	2,5	15,4	2	16	1,5	16,5	1	17	0,75	17,25	0,5	17,5		
20	2,5	17,4	2	18	1,5	18,5	1	19	0,75	19,25	0,5	19,5		
22	2,5	19,4	2	20	1,5	20,5	1	21	0,75	21,25	0,5	21,5		
24	3	20,9	2	22	1,5	22,5	1	23	0,75	23,25	0,75	23,25		
27	3	23,9	2	25	1,5	25,5	1	26	0,75	26,25	0,75	26,25		
30	3,5	26,4	3	26,9	2	28	1,5	28,5	1	29	0,75	29,25		
33	3,5	29,4	3	29,9	2	31	1,5	31,5	1	32	0,75	32,2		
36	4	31,9	3	32,9	2	34	1,5	34,5	1	35	0,75	35,2		
42	4,5	37,4	4	37,9	3	38,9	2	40	1,5	40,5	1	41		
48	5	42,8	4	43,9	3	44,9	2	46	1,5	46,5	1	47		
52	5	45,8	4	47,9	3	48,9	2	50	1,5	50,5	1	51		

Примечания: 1. Допуск на отверстие Н12; Н13.

2. Для хрупких материалов размер сверла принимается на 0,1 мм меньше табличного значения.

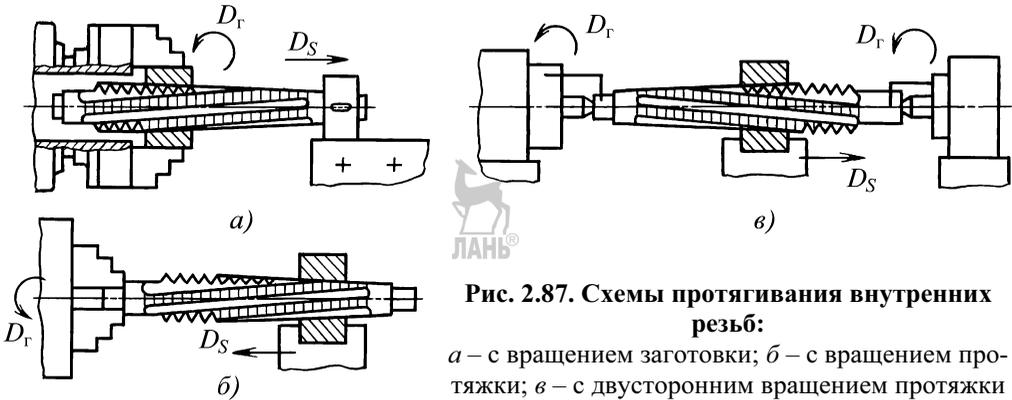


Рис. 2.87. Схемы протягивания внутренних резьб:

а – с вращением заготовки; б – с вращением протяжки; в – с двусторонним вращением протяжки

*Плашки* – осевой многолезвийный инструмент для образования и обработки наружной резьбы. Плашки получили широкое распространение при нарезании наружных резьб в единичном и мелкосерийном производстве.

Важнейшими конструктивными элементами круглых плашек (рис. 2.88) являются: режущая и калибрующая части, корпус с крепежной частью и стружечными отверстиями. Плашки изготовляют из сталей 9ХС, ХВСГФ или быстрорежущих. Твердость плашек, измеренная у режущих кромок, должна быть 59...63 HRC для плашек из сталей 9ХС и ХВСГФ и 62...64 HRC – из быстрорежущих сталей.

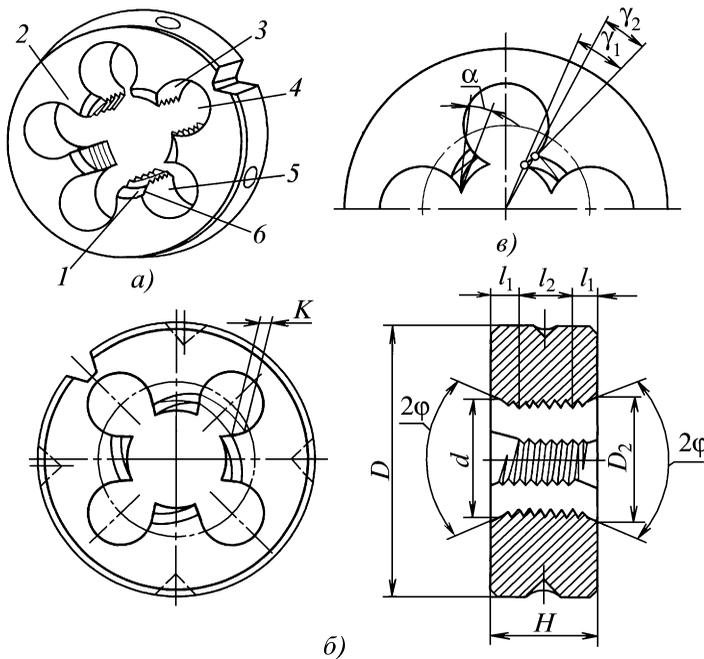
Диаметры обтачивания стержней под нарезание метрических резьб плашками представлены в табл. 2.79.

### 2.79. Диаметры обтачивания стержней под нарезание метрической резьбы плашками, мм

Диаметр резьбы, мм	Диаметр стержня	Допуск	Диаметр стержня	Допуск
	Резьба с крупным шагом		Резьба с мелким шагом	
1	0,94	-0,06	0,97	-0,06
2	1,94		1,97	
3	2,94	-0,08	2,97	-0,08
4	3,92		3,96	
5	4,92		4,96	
6	5,92		5,96	
8	7,9	-0,1	7,95	-0,1
9	8,9		8,95	
10	9,8		9,95	
11	10,88	-0,12	10,94	-0,12
12	11,88		11,94	
14	13,88		13,94	
16	15,88		15,94	
18	17,88		17,94	

Окончание табл. 2.79

Диаметр резьбы, мм	Диаметр стержня	Допуск	Диаметр стержня	Допуск
	Резьба с крупным шагом		Резьба с мелким шагом	
20	19,86	-0,14	19,93	-0,14
22	21,86		21,93	
24	23,86		23,93	
27	26,86		26,93	
30	29,86		29,93	
33	32,83	-0,33	32,92	-0,17
36	35,83		35,92	
42	41,83		41,92	
45	44,83		44,92	
48	47,83		47,92	
52	51,8	-0,40	51,9	-0,20



**Рис. 2.88. Конструктивные элементы (а), основные части (б) и формы стружечных отверстий (в) круглой плашки:**

1 – задняя поверхность; 2 – зуб плашки; 3 – спинка зуба;  
4 – стружечное отверстие; 5 – передняя поверхность; 6 – режущая кромка



**2.80. Допускаемый износ и величина стачивания за одну переточку, мм**

Обрабатываемый материал	Диаметр резьбы	Допускаемый износ	Стачивание за одну переточку по передней поверхности
Сталь и чугун	3...6	0,1...0,2	0,2...0,3
	8...24	0,2...0,3	0,3...0,4
	27...36	0,3...0,4	0,4...0,6
	42...52	0,5...0,6	0,6...0,8

Допускаемый износ плашек и величина стачивания за одну переточку в зависимости от обрабатываемого материала даны в табл. 2.80.

Режущая часть плашек осуществляет сьем металла резьбы, отделяет и формирует стружку, определяет нагрузку на плашку и ее распределение, участвует в перемещении плашки при работе самозатягиванием. Обычно плашки имеют две режущие части, расположенные с каждого ее торца, что обеспечивает увеличение срока службы инструмента за счет его переворота после затупления одной стороны. Выпускаются также централизованные плашки одностороннего резания.

Режущая часть характеризуется углом в плане  $\varphi$ , длиной  $l_1$ , формой передней и задней поверхностей, передним  $\gamma$  и задним  $\alpha$  углами, углом наклона режущей кромки  $\lambda$ , размерами и формой резьбовых участков, числом и взаимным расположением режущих кромок.

Диаметр заготовки под нарезание резьбы плашками зависит от способа изготовления резьбы и обрабатываемого материала. При нарезании резьбы метчиками и плашками материал заготовок несколько выдавливается, поэтому размер заготовки выбирается меньшим, чем при нарезании резьбы резцом. Ориентировочно диаметр отверстия под резьбу должен быть равен 75 % теоретического профиля резьбы.



## Глава 3

### РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представленные в главе обрабатываемые материалы разделены на группы по прочности (табл. 3.1). Стали и сплавы, относящиеся к одной группе, имеют сходную обрабатываемость, примерно одинаковый химический состав и механические свойства. Это позволяет обоснованно выбирать из таблиц режимы резания для каждой группы обрабатываемых материалов, марку инструментального материала с учетом конкретных условий выполнения операции.

#### 3.1. Классификация обрабатываемых материалов по прочности

Группа обрабатываемого материала	Материал	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>
I	Теплостойкие хромистые, хромоникелевые и хромомолибденовые стали перлитного и мартенситного классов:	
	34ХН3М	600
	34ХН3МФ, 20Х3МВФ	$\geq 900$
	Х6СМ	$\geq 650$
II	Коррозионно-стойкие, хромистые и сложнолегированные стали ферритного, мартенситного и мартенситно-ферритного классов:	
	12Х13	$\geq 600$
	25Х13Н2	700...1000
	13Х11Н2В2МФ	900
	20Х13	$\geq 700$
	30Х13	$\geq 850$
	40Х13	$\geq 950$
	14Х17Н2	1100
	09Х16Н4Б	$> 1300$
	07Х16Н6	$\geq 1100$
	23Х13НВМФЛ	$> 1550$
ЭП 311	1750	

Продолжение табл. 3.1

Группа обрабатываемого материала	Материал	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>
III	Коррозионно-стойкие, жаростойкие хромоникелевые стали аустенитного и переходного аустенитно-мартенситного классов, кислотостойкие: 12X18H10T 20X23H18, X15H5Д2Т 12X21H5T X15H9Ю X17H5M3	> 550 1000 > 700 850...1100 1000
IV	Жаропрочные, жаростойкие, кислотостойкие, хромоникелевые, хромоникелемарганцовистые сложнoleгированные стали аустенитного класса: 45X14H14B2M, 08X15H24B4TP 07X21Г7АН5 12X25H16Г7AP 37X12H8Г8МФБ, 10X11H20Т3Р6, 10X11H23Т3MP 10X18H12C4ТЮ	> 700 1000 > 800 > 900 700...750
V	Жаропрочные деформируемые сплавы на железоникелевой и никелевой основе: 36НХТЮ ХН60В ХН77ТЮ, ХН77ТЮР ХН35ВТЮ ЭП 99 ХН56ВМТЮ ХН67МВТЮ, ХН75МВЮ ХН72МВКЮ ХН60МВТЮ ХН82ТЮМБ	1200 800 1000 > 950 1130...1150 900 > 1000 1250 1150 1350
VI	Окалиностойкие и жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе: ВЖ36-Л2 АНВ-300 ЖС6К, ЖС3ДК ХН67ВМТЮЛ	800 850 1000 750

Продолжение табл. 3.1

Группа обрабатываемого материала	Материал 	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>		
VII	Сплавы на титановой основе: BT1-0, BT1-2 BT3-1 OT4-1 OT4 BT5, BT5-1 BT6, BT6с BT8, BT9, BT14 BT20, BT22	390...700 930...1180 600...750 700...900 700...950 900...1000 1000...1300 1300...1500		
	VIII	Высокопрочные стали: 30ХГСА 30ХГСНА 28Х3СНМВФА, 30Х2ГСН2ВМ 33Х3СНМВФА, 38Х3СНМВФА 42Х2ГСНМ 38Х5МСФА 43ХСНМВФА ВКС210	1100...1300 1400...1600 $\geq 1600$ 1700 1900 1950 2100 2100...2200	
		IX	Алюминиевые сплавы деформируемые: АМц АМг2, АМг3 АМг5 АМг6 Д16 В95 Д1 АК4 АК6 АК8  литейные: АК12, АК9ч АК7ч АК7 АМг5К АМг10	 110 175 255 315 420 600 375 337 390 450  147 157 127 147 314

Окончание табл. 3.1

Группа обрабатываемого материала	Материал	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>
X	Медь и медные сплавы: М2, М3, Л63, ЛС59-1, ЛЦ16К4 БрА9Ж3Л БрА10Ж4Н4Л	290...340 390...400 587
XI	Сталь: углеродистая качественная конструкционная: Ст3, 08кп, У8А, 10, У10А, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60 нелегированная (отливки) конструкционная: 30Л, 35Л, 45Л легированная конструкционная: 20Х, 20ХН, 40Х, 40ХН, 9ХС, 38ХС, 30ХРА, ХВГ, 12ХН3А, 18Х2Н4ВА, 38ХМЮА шарико- и роликоподшипниковая: ШХ15	321...676 600; 700; 800 600; 700; 800; 900; 1100; 1200; 1400; 1600 700...1600
XII	Чугуны: СЧ 15 СЧ 18 СЧ 21	241* 170...229* 170...241*

\* Приведены значения твердости, НВ.

Рекомендуемые подачи при *точении* в зависимости от сечения применяемой державки и диаметра обрабатываемой поверхности приведены в табл. 3.2, а поправочные коэффициенты, учитывающие вылет и высоту державки резца при растачивании, в табл. 3.3.

Выбор подачи в зависимости от заданных параметров шероховатости обрабатываемой поверхности, радиуса при вершине резца и диапазоне применяемых скоростей резания для всех групп обрабатываемых материалов осуществляется по табл. 3.4.

## 3.2. Подача, мм/об, при точении на токарных и карусельных станках

Группа обрабатываемого материала	Сечение державки резца, мм	Диаметр обрабатываемой заготовки, мм	Глубина резания $t$ , мм, до			
			2	5	10	> 10
I, II, III с $\sigma_B < 900$ Н/мм <sup>2</sup>	20×16;	20	0,20...0,30	—	—	—
	25×20	50	0,30...0,40	0,20...0,30	—	—
		100	0,40...0,50	0,30...0,40	0,20...0,30	—
		200	0,50...0,60	0,40...0,50	0,30...0,40	—
		100	0,50...0,60	0,40...0,50	0,30...0,40	—
		200	0,55...0,65	0,50...0,60	0,40...0,50	—
		500	0,65...0,75	0,60...0,70	0,50...0,60	0,50...0,60
		100	0,60...0,80	0,50...0,60	0,40...0,50	—
		200	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,50...0,60
		500	1,20...1,50	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80
V, VI, IV и II с $\sigma_B = 900 \dots 1300$ Н/мм <sup>2</sup>	60×40	>500	—	1,50...2,00	1,50...1,80	1,20...1,50
		20	0,15...0,25	—	—	—
	20×16;	50	0,20...0,30	0,15...0,25	—	—
	25×20	100	0,30...0,40	0,20...0,30	—	—
		200	0,35...0,45	0,30...0,40	—	—
		100	0,30...0,40	0,20...0,30	—	—
		200	0,40...0,50	0,30...0,40	—	—
		500	0,50...0,60	0,40...0,50	—	—
		100	0,40...0,50	0,30...0,40	—	—
		200	0,50...0,60	0,40...0,50	0,30...0,40	—
	500	0,60...0,70	0,50...0,60	0,40...0,50	—	
	60×40	>500	0,60...0,80	0,50...0,60	0,40...0,50	—



Продолжение табл. 3.2

Группа обрабатываемого материала	Сечение державки резца, мм	Диаметр обрабатываемой заготовки, мм	Глубина резания $t$ , мм, до			
			2	5	10	> 10
VII	20×16; 25×20	20	0,20...0,30	—	—	—
		50	0,30...0,40	0,20...0,30	—	—
		100	0,40...0,50	0,30...0,40	0,20...0,30	—
		200	0,50...0,60	0,40...0,50	0,30...0,40	—
	32×25	100	0,50...0,60	0,40...0,50	0,40...0,50	—
		200	0,60...0,70	0,50...0,60	0,50...0,60	—
		500	0,70...0,80	0,60...0,70	0,50...0,60	0,50...0,60
		100	0,60...0,80	0,50...0,60	0,40...0,50	—
	40×40; 50×40	200	0,80...1,00	0,60...0,80	0,50...0,70	0,50...0,60
		500	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,60...0,80
		>500	—	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80
		20	0,30...0,40	—	—	—
IX	20×16; 25×20	50	0,50...0,70	0,30...0,40	—	—
		100	0,60...0,80	0,40...0,50	0,30...0,50	—
		200	1,00...1,20	0,60...0,80	0,40...0,50	0,40...0,50
		100	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,50...0,60
	32×25	200	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,60...0,80
		500	1,20...1,50	1,00...1,20	0,60...0,80	0,60...0,80
		100	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,50...0,60
		200	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,60...0,80

Окончание табл. 3.2

Группа обрабатываемого материала	Сечение державки реза, мм	Диаметр обрабатываемой заготовки, мм	Глубина резания $t$ , мм, до			
			2	5	10	> 10
X	20×16; 25×20	20	0,30...0,40	—	—	—
		50	0,60...0,70	0,50...0,60	0,40...0,50	—
		100	0,80...1,00	0,60...0,80	0,50...0,60	0,40...0,50
		200	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,50...0,60
XI	20×16; 25×20	100	1,00...1,20	0,80...1,00	0,60...0,80	0,50...0,60
		200	1,20...1,40	1,00...1,20	0,60...0,80	0,60...0,80
		500	1,30...1,50	1,20...1,40	1,00...1,20	0,60...0,80
		20	0,20...0,30	0,20...0,30	—	—
XII	32×25	50	0,30...0,40	0,30...0,40	—	—
		100	0,40...0,50	0,40...0,50	0,20...0,30	—
		200	0,50...0,60	0,40...0,50	0,30...0,40	—
		500	0,50...0,60	0,40...0,50	0,30...0,40	—
XII	20×16; 25×20	100	0,50...0,60	0,40...0,50	0,30...0,40	—
		200	0,55...0,65	0,50...0,60	0,40...0,50	—
		500	0,65...0,75	0,60...0,80	0,50...0,70	—
		20	0,40...0,50	—	—	—
XII	32 × 25	50	0,60...0,80	0,50...0,80	—	—
		100	0,80...1,20	0,70...1,00	0,50...0,70	—
		200	1,00...1,40	1,00...1,20	0,60...0,80	—
		500	0,60...0,90	0,50...0,80	—	—
XII	32 × 25	200	0,90...1,30	0,80...1,20	0,50...0,80	—
		500	1,20...1,80	1,20...1,60	0,90...1,10	0,70...0,90

Примечание. При растачивании значение подачи следует умножить на коэффициент 0,8.

### 3.3. Поправочный коэффициент на подачу в зависимости от отношения длины вылета $l$ к высоте державки резца $h$ при растачивании

$l/h$	1	1,5	2	2,5	3
$K$	0,7	0,6	0,4	0,3	0,24

Необходимое для обработки сочетание технологических параметров выбирается в соответствующих таблицах. В зависимости от конкретных условий обработки выбранное табличное значение скорости резания  $v$  при точении (табл. 3.5–3.8) необходимо умножить на поправочные коэффициенты, характеризующие:  $K_{v1}$  – группу обрабатываемого материала (табл. 3.9);  $K_{v2}$  – состояние обрабатываемой поверхности (табл. 3.10);  $K_{v3}$  – угол в плане (табл. 3.11);  $K_{v4}$  – стойкость режущего инструмента (табл. 3.12);  $K_{v5}$  – диаметр растачиваемого отверстия (табл. 3.13);  $K_{v6}$  – отношение меньшего диаметра  $d$  к большему диаметру  $D$  при поперечном точении, отрезке и точении кольцевых канавок (табл. 3.14).

### 3.4. Поддачи, мм/об, при точении и растачивании для различных групп материалов в зависимости от параметров шероховатости

Параметр шероховатости, мкм		Радиус при вершине резца, мм	Группа обрабатываемого материала											
			I – VIII					IX	X		XI	XII		
$Ra$ $Rz$			Скорость резания, м/мин											
			3	5	10	15	>20	<100	>100	< 60	> 60	< 40	> 40	Весь диапазон
–	20; 40	До 0,5	0,16					0,15	0,20	0,15	0,20	0,20	0,30	0,40
–	10; 20		–			0,08	–	0,12	0,12	0,12	0,10	0,15	0,25	
1,25; 2,5	–		–			0,04	–	0,08	–	0,08	0,05	0,10	0,15	
–	10; 20		0,16		0,20			0,12	0,20	0,18	0,22	0,15	0,22	0,25
1,25; 2,5	–	Св. 0,5 до 1,0	–	0,1	0,12		–	0,12	–	0,12	0,10	0,15	0,15	
0,63; 1,25	–		–		0,10		–	0,10	–	0,10	–	0,10	–	
1,25; 2,5	–	Св. 1,0 до 2,0	0,14	0,28	–		0,15	0,18	0,15	0,20	0,16	0,22	0,20	
0,63; 1,25	–		–		0,12		–	0,12	–	0,12	–	0,12	–	
1,25; 2,5	–	Св. 2,0 до 2,5	0,28				0,20	0,30	0,25	0,30	0,16	0,28	0,35	
0,63; 1,25	–		0,20		0,25		–	0,15	0,20	0,18	0,10	0,25	–	

## 3.5. Режимы резания при черновом точении

Группа обрабатываемого материала	$S_{0,0}$ , мм/об	$v_s$ , м/мин	$P_{z, H}$	$N_p$ , кВт	$v_s$ , м/мин	$P_{z, H}$	$N_p$ , кВт	$t = 12$ мм			$t = 16$ мм			$t = 24$ мм			$v_s$ , м/мин	$P_{z, H}$	$N_p$ , кВт	Марка инструмента						
								$t = 8$ мм			$t = 10$ мм			$t = 12$ мм							$t = 16$ мм			$t = 24$ мм		
								$S_{0,0}$	$v_s$	$P_{z, H}$	$S_{0,0}$	$v_s$	$P_{z, H}$	$S_{0,0}$	$v_s$	$P_{z, H}$					$S_{0,0}$	$v_s$	$P_{z, H}$	$S_{0,0}$	$v_s$	$P_{z, H}$
I	0,6	54	14 700	13,0	52	16 400	16,5	49	28 800	23,1	47	35 850	27,5	T5K10												
	0,8	47	18 600	14,3	45	24 600	18,0	43	36 450	25,6	41	45 350	30,5													
	1,0	43	22 300	15,6	41	29 500	20,0	39	43 700	28,0	37	54 500	33,0													
II	0,6	49	15 100	12,1	46	20 000	15,1	44	29 700	21,3	42	36 900	25,3	BK8												
	0,8	43	19 100	13,4	41	25 300	17,0	38	37 600	23,4	37	46 700	28,2													
	1,0	39	29 950	14,6	37	30 400	18,8	35	45 000	25,8	34	55 900	31,1													
III	0,8	25	18 100	7,7	24	24 850	9,8	22	37 050	13,3	21	46 100	15,8	BK8-B												
	1,0	22	22 000	8,1	21	30 000	10,3	20	44 400	12,9	19	55 350	17,2													
	1,2	21	26 200	9,0	20	34 650	11,3	19	51 350	15,9	18	63 950	18,8													
IV	1,5	19	31 400	9,8	18	41 600	12,2	17	61 700	17,1	16	76 950	20,1	BK8												
	0,4	29	9360	4,51	27	14 150	6,24	26	18 690	7,94	-	-	-													
	0,5	26	11 200	4,86	24	17 020	6,67	23	22 510	8,45	-	-	-													
V	0,6	24	13 270	5,20	22	19 760	7,13	22	25 980	9,33	-	-	-	BK8												
	0,8	21	16 810	5,76	20	24 880	8,13	19	32 960	10,23	-	-	-													
	0,4	16	7300	1,90	15	10 990	2,47	14	13 430	3,07	-	-	-													
VII	0,6	31	6290	3,2	29	7730	3,7	28	9150	4,2	-	-	-	BK8												
	0,8	27	7910	3,5	26	9700	4,1	25	11 480	4,7	-	-	-													
	1,0	25	9420	3,8	24	11 560	4,5	23	13 680	5,1	-	-	-													



Окончание табл. 3.5

Группа обрабатываемого материала	$S_0$ , мм/об	$t = 8$ мм				$t = 10$ мм				$t = 16$ мм				Марка инструмента
		$v_s$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$P_z$ , Н	$N_p$ , кВт	$v_s$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$P_z$ , Н	$N_p$ , кВт	$v_s$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$P_z$ , Н	$N_p$ , кВт	
		$P_z$ , Н	$v_s$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$P_z$ , Н	$v_s$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$P_z$ , Н	$v_s$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$P_z$ , Н	$v_s$ , м/мин	$N_p$ , кВт	
IX	0,6	330	1190	6,4	320	1460	7,6	310	1720	8,7	—	—	—	BK8
	0,8	305	1420	7,0	300	1730	8,5	290	2040	9,6	—	—	—	
	1,0	290	1620	7,6	280	1980	9,0	270	2400	10,5	—	—	—	
	1,2	280	1810	8,3	270	2210	9,7	260	2600	11,0	—	—	—	
	1,5	260	2070	8,7	260	2520	10,8	240	2800	11,0	—	—	—	
X	0,5	260	1150	4,8	240	1800	7,0	235	2190	8,4	230	2550	9,6	BK8
	0,6	250	1300	5,3	230	2000	7,5	220	2450	8,8	220	2800	10,0	
	0,8	235	1550	5,9	220	2350	8,4	210	2900	9,9	200	3450	11,0	
	1,0	220	1900	6,8	210	2700	9,2	200	3300	10,7	195	3900	12,0	
	1,2	210	2100	7,2	200	3000	9,8	195	3700	11,8	190	4300	13,0	
1,5	200	2280	7,4	190	3450	10,7	185	4200	12,7	185	5000	15,0		
XI	0,5	105	5200	8,8	95	6630	10,2	90	10 950	16,0	—	—	—	T5K10
	0,6	95	6020	9,3	85	8290	11,5	82	12 550	16,7	—	—	—	
	0,7	85	6980	9,7	80	10 210	13,3	75	14 050	17,0	—	—	—	
	0,8	80	8100	10,6	75	11 820	14,4	70	15 650	17,8	—	—	—	
XII	0,6	85	2540	3,5	77	3880	4,8	75	4740	5,8	72	5590	6,6	BK8
	0,8	80	3190	4,1	73	4890	5,8	71	5970	6,9	68	7050	7,8	
	1,0	76	3830	4,7	70	5850	6,7	67	7140	7,8	65	8410	8,9	
	1,2	74	4430	5,3	68	6760	7,5	65	8260	8,6	63	9730	10,0	
	1,5	70	5290	8,0	64	8110	8,5	62	9880	9,9	60	11 640	11,4	

Примечание. Обозначения во всех таблицах по режимам резания следующие:  $S_0$  – подача;  $v$  – скорость резания;  $P_z$  – радиальная составляющая силы резания;  $t$  – глубина резания;  $N_p$  – эффективная мощность.

3.6. Режимы резания при полуступовом точении

Группа обра- батываемого материала	$S_{об}$ , мм/об	$t = 5$ мм					$t = 8$ мм					$t = 10$ мм					$v$ , м/мин	$P_{2z}$ , Н	$N_p$ , кВт	Марка ин- струмента
		$v$ , м/мин	$P_{2z}$ , Н	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$P_{2z}$ , Н	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$P_{2z}$ , Н	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$P_{2z}$ , Н	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$P_{2z}$ , Н	$N_p$ , кВт				
		$t = 3$ мм					$t = 5$ мм					$t = 8$ мм								
I	0,3	139	3300	7,5	129	5520	11,0	125	6480	13,2	121	7740	15,3	Т15К6	—	—	—			
	0,5	110	5020	9,0	103	7910	13,2	99	9840	15,7	97	11 740	18,5							
	0,8	89	7360	10,6	83	11 600	15,7	80	14 450	18,8	78	17 260	22,0							
II	0,3	76	3650	4,5	70	5800	6,6	68	7200	8,0	66	8600	9,3	ВК8	—	—	—			
	0,5	60	5550	5,5	56	8880	8,0	54	10 900	9,6	—	—	—							
	0,8	49	8150	6,5	45	1290	9,0	44	16 000	11,5	—	—	—							
III	0,3	58	3460	3,30	54	5460	4,80	53	6780	5,80	51	8100	6,75	ВК8	—	—	—			
	0,4	51	4380	3,60	48	6900	5,40	46	8580	6,45	45	10 240	7,50							
	0,5	46	5100	3,95	43	8280	5,80	42	10 280	7,05	41	12 270	8,20							
III $c \sigma_B = 850, \dots$ 1100 Н/мм <sup>2</sup>	0,8	37	7720	4,65	35	12 160	6,95	34	15 100	8,40	33	18 100	9,70	ВК8	—	—	—			
	1,0	34	9250	5,15	32	14 570	7,60	30	18 150	9,05	30	22 000	10,60							
	0,3	65	4350	4,62	61	6860	6,84	59	8530	8,22	57	10 190	9,50							
IV	0,5	52	6600	5,61	49	10 400	8,32	47	12 940	9,93	46	15 440	11,61	ВК6-М	—	—	—			
	0,8	42	9690	6,65	39	15 310	9,76	38	19 000	11,80	37	22 690	13,71							
	0,2	56	2020	1,84	52	3320	2,82	49	5230	4,18	—	—	—							
V	0,3	47	2810	2,15	44	4610	3,31	41	7280	4,87	—	—	—	ВК6-М	—	—	—			
	0,4	41	3560	2,38	38	5850	3,63	36	9360	5,42	—	—	—							
	0,5	37	4270	2,58	35	7000	4,00	32	11200	5,80	—	—	—							
VI	0,3	27	2500	1,13	25	3560	1,45	23	5570	2,09	—	—	—	ВК6-М	—	—	—			
	0,5	21	3800	1,30	20	5400	1,76	18	8480	2,50	—	—	—							
	0,2	12	1670	0,38	11	2390	0,43	11	3690	0,66	—	—	—							
VI	0,3	9	2360	0,35	9	3340	0,49	8	5240	0,68	—	—	—	ВК6-М	—	—	—			
	0,2	9	2360	0,35	9	3340	0,49	8	5240	0,68	—	—	—							

Окончание табл. 3.6

Группа обрабатываемого материала	$S_b$ , мм/об	$V$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_b$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_b$ , кВт	$t = 2$ мм		$t = 3$ мм		$t = 5$ мм		$t = 8$ мм		$N_b$ , кВт	$P_z$ , Н	$N_b$ , кВт	Марка инструмента
								$V$ , м/мин	$P_z$ , Н										
VI	0,4	8	2990	0,39	8	4220	0,55	7	6640	0,76	7	9900	1,13	BK6-M					
	0,5	8	3530	0,46	7	5080	0,58	7	7850	0,90	6	11 980	1,17						
	0,8	6	5240	0,50	6	7400	0,74	6	11 430	1,12	5	17 510	1,43						
VII	0,3	49	1480	1,2	44	2360	1,7	40	3640	2,4	39	4460	2,8	BK8					
	0,5	40	2200	1,4	36	3510	2,0	33	5450	2,9	31	6640	3,4						
	0,2	530	180	1,5	500	250	2,0	460	410	3,0	430	620	4,3						
IX	0,3	480	230	1,8	450	320	2,3	420	520	3,5	390	790	5,0	BK6-M					
	0,4	450	270	2,0	420	390	2,7	390	610	3,9	360	930	5,4						
	0,5	420	310	2,0	395	440	2,8	370	700	4,2	340	1070	6,0						
0,6	400	340	2,2	380	490	3,0	350	780	4,4	330	1190	6,4							
X	0,2	360	300	1,8	335	430	2,3	310	680	3,4	310	870	4,1	BK8					
	0,3	330	380	2,0	310	550	2,8	290	870	4,4	270	1000	4,4						
	0,4	310	450	2,3	290	650	3,1	270	1000	4,8	260	1150	4,8						
XI	0,2	220	690	2,5	200	1050	3,4	190	1690	5,0	190	2000	5,5	T15K6					
	0,25	200	830	2,8	190	1240	3,8	170	2000	6,0	160	2350	6,0						
	0,3	185	960	3,1	170	1400	4,2	160	2970	7,0	140	3570	7,5						
0,4	160	1200	3,4	150	1800	4,6	140	2970	7,5	130	3570	7,5							
0,5	150	1460	3,6	140	2170	5,0	130	3570	7,5	130	3570	7,5							
XII	0,3	115	640	1,2	105	920	1,6	97	1460	2,3	97	1460	2,3	BK6-M					
	0,4	110	800	1,4	100	1150	1,8	92	1840	2,7	92	1840	2,7						
	0,5	105	960	1,6	95	1400	2,1	88	2190	3,1	88	2190	3,1						
0,6	100	1120	1,8	92	1600	2,4	85	2540	3,5	85	2540	3,5							

3.7. Режимы резания при чистовом и получистовом точении

Группа обрабатываемого материала	$S_{0,}$ мм/об	$t = 0,5$ мм				$t = 1,0$ мм				$t = 3,0$ мм				$t = 5,0$ мм				Марка инструмента
		$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт		
		$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт	$v,$ м/мин	$P_{2,}$ Н	$N_{2,}$ кВт		
I	0,08	271	120	0,56	244	240	0,97	207	710	2,40	192	1170	3,60					
	0,10	262	150	0,63	236	290	1,12	200	840	2,80	185	1390	4,20					
	0,15	246	200	0,80	222	400	1,45	188	1160	3,50	175	1900	5,40					
	0,20	236	250	0,97	213	500	1,70	180	1440	4,25	167	2360	6,40					
	0,08	290	120	0,60	261	240	1,00	222	710	2,60	205	1180	3,90					
	0,10	280	150	0,70	253	300	1,20	214	850	3,00	199	1400	4,50					
II с $\sigma_{B,}$ Н/мм <sup>2</sup> : 600...1200	0,15	264	200	0,90	238	400	1,60	202	1150	3,80	187	1900	5,80					
	0,20	253	250	1,00	228	500	1,90	193	1450	4,60	179	2380	7,00					
	0,30	210	350	1,20	191	700	2,20	162	2000	5,30	150	3300	8,10					
1300...500	0,08	135	230	0,51	121	450	1,89	109	890	1,58	103	1320	2,22					
	0,10	130	280	0,58	118	540	1,04	106	1060	1,83	100	1570	2,57					
	0,15	123	380	0,76	111	740	1,33	99	1450	2,34	94	2150	3,30					
	0,30	98	650	1,05	89	1280	1,86	80	2520	3,30	75	3720	4,56					
III с $\sigma_{B,}$ Н/мм <sup>2</sup> : 600...800	0,08	224	120	0,40	202	230	0,80	214	280	0,98	183	450	1,35					
	0,10	217	140	0,50	195	270	0,90	208	400	1,36	176	540	1,50					
	0,12	211	160	0,55	190	316	0,98	202	460	1,50	170	620	1,70					
	0,15	204	190	0,60	184	380	1,10	195	550	1,75	166	740	2,00					
	0,20	195	240	0,80	176	470	1,40	186	680	2,00	157	920	2,30					
>1000	0,20	111	500	0,9	100	920	1,6	94	1400	2,3	87	2400	3,4					
	0,25	101	600	1,0	91	1180	1,7	85	1750	2,4	79	2900	3,7					
	0,30	93	700	1,1	84	1370	1,9	79	2030	2,7	73	3340	4,0					

Т15К6

ВК6-М

Продолжение табл. 3.7

Группа обрабатываемого материала	$S_{0p}$ , мм/об	$v_s$ , м/мин	$P_{z, H}$	$N_p$ , кВт	$v_s$ , м/мин	$P_{z, H}$	$N_p$ , кВт	$v_s$ , м/мин	$P_{z, H}$	$N_p$ , кВт	$v_s$ , м/мин	$P_{z, H}$	$N_p$ , кВт	Марка инструмента		
															$t = 1,0$ мм	$t = 2,0$ мм
III с $\sigma_{в, H/mm^2}$ : >1000	0,40	81	880	1,2	73	1740	2,1	69	2570	2,9	64	4230	4,4	BK6-M		
		0,50	74	1060	1,3	66	2080	2,3	62	3090	3,1	58	5100		4,8	
	850...1100	0,08	126	164	0,34	113	322	0,60	107	477	0,83	102	632	1,05	BK8	
			0,10	122	195	0,39	110	382	0,70	103	567	0,95	99	750		1,21
		0,12	118	225	0,43	107	440	0,77	100	653	1,07	96	864	1,36		
		0,15	115	266	0,50	103	523	0,88	97	776	1,23	93	1027	1,56		
		0,20	110	318	0,57	99	653	1,06	93	969	1,47	89	1280	1,86		
		0,08	172	160	0,45	155	310	0,78	146	460	1,10	140	600	1,37		T15K6
		0,10	167	190	0,52	150	360	0,88	142	540	1,25	136	720	1,60		
		0,15	157	250	0,64	142	500	1,16	133	740	1,60	128	980	2,05		
0,20	131	320	0,68	136	620	1,37	128	920	1,92	122	1220	2,43				
IV	0,08	84	170	0,23	76	340	0,42	68	670	0,74	64	1000	1,04	BK6-M		
		0,10	81	210	0,28	73	410	0,50	66	1000	1,07	62	1180		1,19	
	0,15	76	280	0,35	69	560	0,63	62	1090	1,10	58	1620	1,53			
	0,20	73	350	0,41	66	690	0,74	59	1360	1,30	56	2020	1,80			
	0,25	67	420	0,46	60	830	0,81	54	1630	1,43	51	2420	2,01		BK6-M	
		0,30	62	490	0,50	56	960	0,87	50	1890	1,54	47	2810			2,15

Продолжение табл. 3.7

Группа обра- батываемого материала	$S_{01}$ , мм/об	$t = 0,5$ мм				$t = 1,0$ мм				$t = 2,0$ мм				$t = 3,0$ мм				Марка ин- струмента
		$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт		
		$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_{21}$ , Н	$N_{21}$ , кВт		
V 	0,08	44	260	0,19	40	500	0,31	36	890	0,52	34	1260	0,70	BK3-M и BK6-M				
	0,10	43	310	0,22	39	570	0,36	35	1050	0,60	33	1500	0,81					
	0,15	41	430	0,29	37	790	0,48	33	1440	0,78	31	2050	1,03					
	0,20	39	540	0,34	35	980	0,56	32	1800	0,94	30	2560	1,25					
	0,25	36	640	0,38	32	1180	0,62	29	2150	1,02	27	3070	1,35					
	0,30	33	750	0,40	30	1360	0,67	27	2500	1,10	25	3560	1,45					
	0,08	17	250	0,07	15	480	0,11	13	830	0,18	13	1170	0,25					
	0,10	16	290	0,09	14	540	0,12	13	980	0,20	12	1400	0,27					
	0,15	15	440	0,10	13,5	730	0,16	12	1350	0,26	12	1900	0,37					
	0,20	14	500	0,12	13	910	0,19	12	1670	0,33	11	2390	0,43					
0,25	13	610	0,13	12	1100	0,20	11	2000	0,35	10	2870	0,47						
0,30	12	715	0,14	11	1270	0,23	9	2360	0,35	9	3340	0,50						
VII	0,08	132	100	0,21	115	190	0,36	100	350	0,57	92	510	0,76	BK6-M				
	0,10	120	120	0,24	105	220	0,38	91	420	0,62	84	610	0,83					
	0,15	102	160	0,27	89	310	0,45	78	580	0,74	72	850	1,00					
	0,20	91	200	0,30	79	390	0,50	69	730	0,82	64	1060	1,09					
	0,30	78	280	0,36	68	530	0,58	59	1010	0,97	54	1480	1,28					
0,40	69	350	0,39	60	670	0,66	52	1270	1,08	48	1850	1,44						
0,50	63	420	0,43	55	800	0,71	48	1510	1,18	44	2200	1,57						
VIII	0,08	$t = 0,5$ мм				$t = 1,0$ мм				$t = 1,5$ мм				$t = 2,0$ мм				
		40	243	0,16	35	451	0,25	32	626	0,33	30	804	0,40	BK6-M и BK3-M				
		37	291	0,16	32	529	0,28	30	746	0,37	28	959	0,44					
29	509	0,24	25	810	0,33	23	1313	0,50	22	1674	0,60							

Окончание табл. 3.7

Группа обрабатываемого материала	$S_0$ , мм/об	$t = 0,5$ мм			$t = 1,0$ мм			$t = 1,5$ мм			$t = 2,0$ мм			Марка инструмента
		$v$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_3$ , кВт	
IX	0,05	920	60	0,8	830	50	0,6	—	—	—	750	95	1,1	BK6-M
	0,1	775	70	0,9	700	60	0,7	—	—	—	630	120	1,2	
	0,2	650	80	0,9	600	90	0,9	—	—	—	530	180	1,5	
X	0,05	580	40	0,4	520	70	0,6	—	—	—	470	13	1,0	BK8
	0,1	505	60	0,5	460	100	0,7	—	—	—	410	19	1,3	
	0,2	440	90	0,6	400	160	1,0	—	—	—	360	30	1,8	
XI	0,05	330	60	0,3	300	120	0,6	—	—	—	270	240	1,0	T15K6
	0,07	315	80	0,4	285	160	0,7	—	—	—	255	300	1,3	
	0,10	300	100	0,5	270	210	0,9	—	—	—	240	400	1,6	
	0,15	280	140	0,6	250	280	1,0	—	—	—	230	560	2,0	
	0,20	270	180	0,8	240	350	1,4	—	—	—	220	690	2,5	
	0,25	—	—	—	220	420	1,5	—	—	—	200	830	3,0	
XII	0,05	210	40	0,1	185	80	0,3	—	—	—	165	150	0,4	BK6-M
	0,1	180	70	0,2	160	140	0,4	—	—	—	145	270	0,6	
	0,2	160	110	0,3	140	250	0,6	—	—	—	125	460	0,9	
	0,3	147	260	0,4	130	340	0,7	—	—	—	115	640	1,2	



Окончание табл. 3.8

Группа обрабатываемого материала	$S_0$ , мм/об	$t = 0,2$ мм			$t = 0,3$ мм			$t = 0,5$ мм			$t = 1,0$ мм		
		$V$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_s$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_s$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_s$ , кВт	$V$ , м/мин	$P_z$ , Н	$N_s$ , кВт
		IV	60	60	0,06	58	80	0,08	54	122	0,10	50	206
V	0,03	55	70	0,06	52	100	0,09	50	157	0,12	46	261	0,19
	0,04	52	80	0,07	50	120	0,09	47	174	0,13	43	285	0,20
	0,06	48	100	0,08	46	140	0,11	43	223	0,15	40	304	0,22
VI	0,02	58	69	0,07	56	95	0,09	52	145	0,13	48	255	0,20
	0,04	50	100	0,08	48	144	0,11	46	215	0,16	42	386	0,26
	0,06	47	131	0,10	45	181	0,13	42	278	0,19	39	484	0,30
VII	0,02	27	65	0,02	26	90	0,04	24	137	0,05	22	241	0,08
	0,04	24	96	0,04	23	134	0,05	21	204	0,07	20	357	0,12
	0,06	21	122	0,04	20	169	0,06	19	258	0,08	18	450	0,13
VIII	0,02	193	19	0,06	148	26	0,07	160	39	0,10	140	70	0,16
	0,04	136	30	0,07	126	42	0,09	113	64	0,12	99	113	0,18
	0,06	111	40	0,07	103	56	0,09	93	85	0,13	81	150	0,20
VIII	0,02	38	43	0,03	32	63	0,04	26	100	1,05	20	190	0,07
	0,04	25	80	0,04	21	116	0,05	18	184	0,06	13	350	0,09
	0,06	20	113	0,04	17	165	0,05	14	262	0,07	11	497	0,10

### 3.9. Поправочные коэффициенты на скорость резания при точении и растачивании в зависимости от группы обрабатываемого материала

Группа обрабатываемого материала	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$K_{v1}$	
I	600	1,5	
	900	1,0	
II	600	1,16	
	850	1,00	
	1000	0,84	
	1200	0,60	
	1300	1,00	
	1400	0,84	
III	1500	0,70	
	600	1,00	
	800	0,84	
	850	1,00	
IV* <sup>1</sup> :	1100	0,84	
	45X14H14B2M	>700	1,30
	08X15H24B4TP, ЭИ 395, 07X21Г7АН5, 12X25H16Г7AP, 37X12H8Г8МФБ	>800	1,00
	10X11H23T3MP, 15X18H12C4TЮ	700...900	0,75
V:	36HXTЮ	1200	1,00
	XH77TЮ, XH77TЮP, XH35BTЮ, ЭП 99	1000...1150	0,75
	XH56BMТЮ, XH67BMТЮ, XH75MBЮ	900...1000	0,63
	XH62MBKЮ, XH60MBTЮ, XH82TЮMB	1250...1350	0,50
VI	800...1000	1,00	
VII:	BT1-0, BT1-2	390...750	1,50
	OT4, OT4-1, BT5, BT5-1	700...950	1,00
	BT6, BT6c	900...1000	0,80
	BT3, BT3-1, BT14	950...1200	0,70
	BT14 после закалки и старения	1300...1400	0,52
VIII	1700	1,50	
	1800	1,35	
	2000	1,10	
	2200	1,00	

Окончание таблицы 3.9

Группа обрабатываемого материала	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$K_{v1}$
IX:		
АМг3, АМг5, АМг6, Д1, Д16, АК4, АК6, АК8, АМг2, АМц	100...450	1,0
В95	600	0,6
АК12, АК9ч, АК7ч (модифицированные)	147...157	0,8
АК7, АМг5К, АМг10 (немодифицированные)	127...314	0,5
X:		
М2, М3, Л63, ЛС59-1, ЛЦ16К4	290...340	2,0
БрА9Ж3Л	390...400	1,2
БрА10Ж4Н4Л	587	1,0
XI:		
Ст3, 08кп, У8А, У10А, 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60	600	1,30
	700	1,15
	800	1,00
	900	0,80
	1100	0,70
	1200	0,60
30Л, 35Л, 45Л	600	0,90
	700	0,80
	800	0,70
20Х, 20ХН, 40Х, 40ХН, 9ХС, 38ХС, 30ХРА, ХВГ, 12ХН3А, 18Х2Н4ВА, 38ХМЮА	600	1,20
	700	1,10
	800	0,80
	900	0,70
	1100	0,60
	1200	0,50
	1400	0,40
1600	0,35	
ШХ15	700	0,80
	800	0,70
	900	0,60
	1100	0,50
	1200	0,40
	1400	0,35
1600	0,30	
XII		
	170...241 <sup>*2</sup>	1,0

<sup>\*1</sup> Для материалов IV и V групп коэффициент  $K_{v1}$  выбирают в зависимости от марки материала.

<sup>\*2</sup> Дано значение твердости НВ.

### 3.10. Поправочные коэффициенты $K_{v2}$ на скорость резания в зависимости от состояния обрабатываемой поверхности

Состояние поверхности	Группа обрабатываемого материала							
	I–V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Без литейной корки	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–	1,0	1,0
С литейной коркой	0,75	0,7	0,5	0,65	0,6	–	0,8	–
С коркой ковальной	–	–	–	–	–	0,9	–	–
С коркой литейной:								
загрязненной	–	–	–	–	–	0,7	–	0,5...0,6
очищенной	–	–	–	–	–	–	–	0,8...0,85
Прокат	–	–	–	–	–	1,0	–	–

### 3.11. Поправочные коэффициенты $K_{v3}$ на скорость резания в зависимости от угла в плане $\varphi$ для всех групп обрабатываемых материалов

$\varphi, ^\circ$	$K_{v3}$	$\varphi, ^\circ$	$K_{v3}$	$\varphi, ^\circ$	$K_{v3}$
45	1,00	60	0,92	90	0,81

### 3.12. Поправочные коэффициенты $K_{v4}$ на скорость резания в зависимости от стойкости режущего инструмента

Стойкость инструмента, мин	30	60	90	120	150	180
$K_{v4}$	1,15	1,00	0,92	0,87	0,83	0,80

### 3.13. Поправочные коэффициенты $K_{v5}$ на скорость резания в зависимости от диаметра $D_p$ растачиваемого отверстия

$D_p$	До 75	От 75 до 200	Более 200
$K_{v5}$	0,8	0,9	1,0

### 3.14. Поправочные коэффициенты $K_{v6}$ на скорость резания в зависимости от вида обработки и отношения меньшего диаметра $d$ к большему диаметру $D$

$d/D$	Значение $K_{v6}$ при	
	поперечном точении	отрезке и точении кольцевых канавок
До 0,4	1,25	1,3
От 0,4 до 0,7	1,20	1,2
» 0,7 » 0,9	1,05	1,0

Примечание. При точении торцовых канавок скорость резания необходимо умножить на коэффициент  $K_{v6} = 0,5$ .

Режимы резания при *сверлении* представлены в табл. 3.15, а поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от группы обрабатываемого материала  $K_{v1}$  и от марки материала режущей части сверла  $K_{v2}$  — соответственно в табл. 3.16 и 3.17.

ЛАНЬ®

### 3.15. Режимы резания при сверлении

Группа обрабатываемого материала	$d_{отв}$ , мм	$S_o$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_o$ , Н	$M_{кр}$ , Н · м	$N_z$ , кВт
I с $\sigma_B = 600 \dots 900$ Н/мм <sup>2</sup>	2	0,02	36	5730	140	8	0,05
		0,03	26	4130	190	12	0,06
	3	0,03	32	3220	280	24	0,08
		0,07	16	1680	500	54	0,09
	5	0,05	29	1830	680	99	0,18
		0,08	20	1280	940	137	
	8	0,07	27	1090	1370	319	0,36
		0,09	23	920	1630	400	0,37
		0,12	17	690	2000	525	
	12	0,09	29	760	2440	835	0,66
		0,15	19	500	3500	1341	0,69
	15	0,10	32	670	3290	1369	0,95
		0,15	22	460	4370	2005	0,96
		0,18	19	400	4960	2370	
	20	0,12	32	500	4980	2735	1,4
		0,20	20	320	7130	4404	1,5
	24	0,15	27	360	7000	4728	1,8
		0,20	22	290	8560	6160	
II, III с $\sigma_B \leq 1200$ Н/мм <sup>2</sup>	2	0,02	27	4380	140	8	0,036
		0,03	20	3150	190	12	0,048
	3	0,03	24	2570	280	24	0,064
		0,07	12	1280	500	54	0,070
	5	0,05	22	1400	680	99	0,140
		0,08	15	980	940	137	
	8	0,07	21	830	1370	319	0,27
		0,09	18	700	1630	400	0,28
		0,12	13	530	2000	525	
	10	0,09	20	630	2040	600	0,27
		0,12	16	530	2500	776	0,42
	0,15	13	420	2920	960		
	12	0,09	22	580	2450	835	0,50
		0,12	18	470	2930	1087	0,52
		0,15	14	380	3500	1341	0,53

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_o$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_o$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н · м	$N_3$ , кВт	
II, III с $\sigma_B \leq 1200$ Н/мм <sup>2</sup>	15	0,10	24	510	3290	1369	0,72	
		0,15	16	350	4370	2005		
		0,18	14	300	4960	2370		
	18	0,12	22	390	4480	2272	0,91	
		0,15	19	330	5240	2783	0,94	
		0,18	15	270	5960	3315	0,92	
		0,20	14	250	6420	3647	0,94	
	20	0,12	24	380	4980	2735	1,07	
		0,15	20	320	5830	3370	1,08	
		0,18	18	280	6620	3968	1,14	
		0,20	15	250	7130	4404	1,11	
	24	0,15	21	280	7000	4728	1,34	
		0,18	19	250	7950	5560	1,42	
		0,20	16	220	8550	6165	1,39	
		0,22	15	200	9140	6722	1,40	
	II с $\sigma_B = 1200 \dots 1500$ Н/мм <sup>2</sup>	2	0,01	24	3820	160	6	0,02
			0,02	13	2070	250	14	0,03
		3	0,02	16	1700	390	30	0,06
0,03			12	1280	510	44		
5		0,03	18	1150	860	112	0,13	
		0,05	11	700	1220	178		
8		0,05	14	560	1960	419	0,25	
		0,07	11	340	2480	570	0,26	
		0,09	8,8	350	2960	721		
12		0,07	13	340	3730	1199	0,43	
		0,09	11	290	4440	1506	0,45	
		0,10	10	270	4780	1664		
18		0,10	13	230	7180	3440	0,82	
		0,12	11	290	8160	4100	0,81	
		0,15	8,8	160	9540	5060		
24		0,12	13	170	10 870	6840	1,23	
		0,15	11	150	12 720	8400	1,26	
		0,18	8,8	120	14 450	10 050	1,20	

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_o$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_o$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н · м	$N_s$ , кВт
II* с $\sigma_b > 1200 \text{ Н/мм}^2$	1	0,003	18,6	5900	40	0,9	0,006
		0,005	10,6	3380	50	1,3	0,005
	2	0,006	32,0	5100	110	4,8	0,025
		0,008	23,5	3750	140	6,3	0,240
		0,012	15,2	2420	180	9,4	0,023
	3	0,010	36,5	3880	240	15,1	0,060
		0,015	24,0	2540	320	20	0,05
		0,018	19,0	2020	360	25	0,06
	5	0,020	45,0	2860	650	68	0,20
		0,030	28,8	1830	860	100	0,19
		0,040	21,3	1350	1050	134	
	8	0,040	39,7	1580	1680	296	0,48
		0,060	26,2	1040	2230	437	0,47
	10	0,050	42,3	1350	2450	537	0,75
		0,080	25,3	820	3700	843	0,70
	12	0,070	38,7	1030	3720	1010	1,00
0,090		28,6	760	4450	1270		
15	0,090	37,0	780	5500	1880	1,50	
	0,120	27,0	570	6800	2440		
20	0,090	65,5	1040	7300	2980	3,20	
	0,120	47,5	760	8900	3500	2,70	
	0,150	38,2	610	10 700	4880	3,00	
IV	2	0,01	30	4780	110	6	0,03
		0,02	16	2550	180	11	0,06
	3	0,02	20	2120	270	23	0,04
		0,03	14	1490	300	33	0,06
	5	0,03	20	1280	600	84	0,11
		0,05	13	830	860	133	
	6	0,03	24	1270	720	114	0,15
		0,05	15	790	1030	184	
	8	0,06	16	640	1370	315	0,21
		0,07	13	520	1740	427	0,23
		0,09	10	400	1640	544	0,22
	10	0,07	14	450	2170	644	0,30
		0,09	12	380	2590	808	0,32
	0,10	11	350	2790	891		

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_o$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_o$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н · м	$N_3$ , кВт	
IV	12	0,07	17	450	2610	892	0,40	
		0,09	13	340	3110	1127	0,41	
		0,10	12	320	3350	1243		
	15	0,08	11	380	3580	1502	0,57	
		0,10	16	300	4190	1851		
		0,15	11	210	5600	2767		
	20	0,10	16	260	5590	3130	0,85	
		0,12	14	220	6350	3700	0,88	
		0,15	12	190	7420	4530	0,89	
	24	0,12	16	210	7620	5175	1,08	
		0,15	13	170	8900	6330	1,44	
		0,18	11	150	10 120	7526	1,10	
	V 	2	0,01	20	2840	140	9	0,03
			0,02	11	1720	230	17	
3		0,02	14	1530	350	36	0,05	
		0,03	11	1150	460	52	0,06	
5		0,03	16	990	770	130	0,13	
		0,05	9,6	610	1100	212	0,14	
6		0,03	17	890	920	180	0,10	
		0,05	11	900	1320	295	0,17 	
8		0,05	12	480	1770	500	0,20	
		0,07	9,6	380	2230	680		
		0,09	7,2	290	2660	890	0,30	
10		0,07	11	340	2790	1020	0,40	
		0,09	8,4	270	3330	1300		
		0,10	7,2	230	3590	1440		
12		0,07	12	320	3350	1420	0,50	
		0,09	9,6	250	4000	1790	0,47	
		0,10	8,4	220	4310	1990	0,46	
15		0,08	13	280	4600	2380	0,68	
		0,09	12	250	5000	2650	0,70	
		0,10	11	230	5380	2930	0,68	
18		0,10	11	190	6470	4150	0,82	
	0,12	9,6	170	7350	4890	0,85		
	0,15	8,4	150	8590	5960	0,91		

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_o$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_o$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н · м	$N_z$ , кВт	
V	20	0,10	12	190	7180	4990	0,97	
		0,12	11	170	8160	5870	1,10	
		0,15	9,5	140	9540	7280	1,28	
	24	0,12	11	140	9790	8290	1,21	
		0,80	8,4	110	13 010	11 910	1,37	
V* с $\sigma_B = 1200 \dots 1400 \text{ Н/мм}^2$	1	0,003	28,0	9000	31	1,2	0,014	
		0,006	15,5	5000	50	1,8	0,015	
	2	0,006	26,1	4150	100	6,0	0,027	
		0,008	18,7	3000	120	7,5		
		0,010	16,7	2650	140	10		
		0,012	13,5	2150	160	11		
	3	0,010	22,0	2320	210	15	0,035	
		0,012	17,5	1850	240	17		
		0,018	13,3	1420	320	25	0,034	
	5	0,020	17,8	1140	590	78	0,1	
		0,030	12,6	800	780	110		
	8	0,040	9,7	620	950	150	0,2	
		0,040	13,2	520	1500	250		
	10	0,060	9,5	380	2000	510	0,25	
		0,050	12,8	410	2200	660		
	12	0,080	8,6	275	3000	1000	0,34	
		0,070	11,8	310	3310	1250		
		0,100	7,5	200	4160	1750		
	15	0,070	11,5	250	4260	2000	0,45	
		0,090	8,5	180	5000	2450		
20	0,120	6,0	130	6000	3100	0,8		
	0,090	11,0	175	6600	4850			
	0,120	9,5	150	7950	5800			
VI	1	0,01	8,4	1270	110	8	0,01	
		0,02	4,8	460	180	16		
	3	0,02	6,0	640	280	33	0,02	
		0,03	3,6	380	370	49		
	5	0,03	6,0	380	620	120	0,05	
		0,05	3,6	230	890	190		
	8	0,05	4,8	190	1420	480	0,10	
		0,07	3,6	140	1800	650		
			0,09	2,8	110	2150	830	

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{отв}$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_0$ , Н	$M_{кр}$ , Н · м	$N_3$ , кВт	
VI	10	0,09	4,1	130	2250	980	0,13	
		0,09	3,4	110	2690	1240		
		0,10	3,0	95	2890	1320		
	12	0,07	4,4	120	2710	1370	0,17	
		0,09	3,6	100	3230	1730		
		0,10	3,4	90	3470	1900		
	15	0,07	5,3	110	3380	2040	0,24	
		0,09	4,8	90	4030	2570		
		0,10	4,0	85	4340	2840		
	18	0,10	4,2	74	5200	3980	0,30	
		0,15	3,0	53	6910	5790	0,31	
	20	0,10	4,6	73	5780	4800	0,36	
		0,15	3,2	50	7680	6980	0,37	
	24	0,12	4,2	56	7880	7960	0,46	
		0,18	3,0	40	10 480	11 580	0,59	
	VI*	1	0,003	18,7	6000	25	1,0	0,008
			0,006	10,2	3200	40	1,5	
		2	0,006	17,5	2800	80	5	0,015
			0,008	12,4	1980	96	6	
		3	0,012	9,1	1450	128	9	0,020
			0,010	14,6	1550	170	12	
0,012			11,6	1230	190	14		
0,015			10,2	1080	224	16		
0,018			8,8	940	251	20		
5		0,020	11,9	760	470	63	0,050	
		0,030	8,4	540	625	93	0,055	
8		0,040	6,4	400	760	120		
		0,04	8,8	350	1200	280	0,11	
		0,05	7,2	280	1420	340		
0,06		6,2	250	1600	410			
12		0,07	7,2	190	2650	1000	0,19	
		0,09	5,6	150	3100	1300		
		0,10	5,0	130	3300	1400		
15		0,07	7,2	160	3400	1600	0,25	
		0,09	5,8	125	4000	1900		
		0,12	4,4	95	4800	2500		



Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{отв},$ мм	$S_o,$ мм/об	$v,$ м/мин	$n,$ мин <sup>-1</sup>	$P_o,$ Н	$M_{кр},$ Н · м	$N_э,$ кВт	
VI*	20	0,09	7,4	120	5300	3900	0,43	
		0,12	6,4	100	6350	4600	0,45	
		0,15	4,8	75	7200	5600		
VII	2	0,02	24	3810	110	6	0,02	
		0,03	18	2880	140	9	0,03	
	3	0,03	20	2120	220	19		0,05
		0,05	14	1520	310	30		
	5	0,05	20	1270	520	76	0,10	
		0,07	17	1070	660	102		
	8	0,07	18	720	720	1060	248	0,18
		0,09	16	620	620	1260	310	0,20
		0,12	13	530	530	1540	400	0,22
	10	0,09	19	590	590	1570	460	0,28
		0,12	16	500	500	1930	596	0,30
		0,15	13	420	420	2250	730	0,31
	12	0,09	19	510	510	1890	650	0,34
		0,12	16	430	430	4310	838	0,37
		0,15	14	380	380	2700	1020	0,40
	15	0,10	22	580	580	2540	1060	0,60
		0,15	17	440	440	3380	1520	0,70
		0,18	16	410	410	3840	1780	0,76
	18	0,12	19	340	340	3470	1760	0,60
		0,15	18	310	310	3860	2010	0,65
		0,20	14	250	250	4960	2500	0,72
24	0,15	19	240	240	4290	3460	0,85	
	0,20	14	190	190	5510	4780	0,94	
	0,25	13	170	170	6440	5790	1,03	
VII* с $\sigma_B < 1000$ Н/мм <sup>2</sup>	1	0,006	48,2	15300	24	0,5	0,008	
		0,009	37,0	11800	31	0,8	0,010	
	2	0,012	48,2	7650	77	3,6	0,028	
		0,018	37,0	5900	100	5,2	0,032	
	3	0,015	44,3	4700	135	8,5	0,040	
		0,025	32,0	3400	193	15	0,152	
	5	0,03	34,3	2450	365	43	0,101	
		0,05	25,0	1600	522	72	0,120	
	8	0,05	32,0	1270	835	169	0,21	
		0,08	23,6	940	1160	260	0,25	

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{отв}$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_0$ , Н	$M_{кр}$ , Н · м	$N_3$ , кВт
VII* с $\sigma_B < 1000$ Н/мм <sup>2</sup>	12	0,07	26,8	710	1590	382	0,28
		0,12	18,9	500	2310	630	0,33
	15	0,10	21,1	450	2540	1028	0,47
		0,15	16,5	350	3380	1873	0,67
	20	0,12	22,5	360	3850	2054	0,75
		0,18	17,3	275	5120	2840	0,81
VII* с $\sigma_B > 1000$ Н/мм <sup>2</sup>	1	0,008	45,0	14360	25	0,4	0,006
		0,006	28,9	9200	37	1,0	0,010
	2	0,006	45,0	7160	74	3,2	0,024
		0,012	28,9	4600	114	7,6	0,036
	3	0,010	38,0	4040	157	11	0,045
		0,015	26,4	2800	206	15	0,044
	5	0,018	23,4	2450	230	16	0,074
		0,02	26,4	1650	420	43	0,092
	8	0,03	20,6	1330	560	68	0,16
		0,04	21,8	860	1080	182	0,21
	12	0,06	17,0	680	1450	302	0,28
		0,09	19,8	525	2260	510	0,57
	15	0,06	19,8	370	2900	746	0,62
		0,08	22,0	470	3450	1220	0,75 <sup>®</sup>
	20	0,12	15,3	320	4430	1788	0,75 <sup>®</sup>
		0,10	17,0	270	5200	26 070	0,75 <sup>®</sup>
	20	0,12	13,5	220	5900	31 450	0,75 <sup>®</sup>
		0,15	11,7	185	6900	38 210	0,75 <sup>®</sup>
VIII*	1	0,002	21,8	7000	26	1,0	0,006
		0,004	10,2	3200	50	1,2	0,015
	2	0,005	20,5	3270	120	5	0,025
		0,007	14,0	2230	158	7	0,10
	3	0,008	17,5	1850	290	11	0,22
		0,012	11,0	1170	420	17	0,55
	5	0,015	8,8	930	460	20	0,10
		0,015	26,5	1680	750	53	0,22
	8	0,025	15,5	980	950	88	0,55
		0,03	22,0	880	1780	220	0,22
	12	0,05	13,0	520	2400	360	0,55
		0,05	24,5	650	3600	770	0,55
12	0,08	15,0	400	5100	1200	0,55	

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_0$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н · м	$N_3$ , кВт
VIII*	15	0,07	21,5	460	5430	1500	0,78
		0,09	16,5	350	6900	1900	
	20	0,09	32,0	510	8100	3700	1,80
		0,10	28,0	450	10 000	4100	
		0,12	22,5	360	13 500	4500	
IX	10	0,12	86	2730	450	100	—
		0,15	79	2510	530	130	
		0,18	73	2320	600	150	
		0,20	70	2225	650	160	
	12	0,15	78	2070	630	180	
		0,18	73	1930	720	210	
		0,20	70	1855	770	230	
		0,22	67	1775	830	280	
	15	0,18	80	1695	900	320	
		0,20	76	1610	970	350	
		0,22	74	1570	1040	370	
		0,25	70	1485	1130	420	
	18	0,22	74	1305	1250	530	
		0,25	71	1250	1360	590	
		0,30	66	1170	1550	690	
		0,25	74	1175	1510	720	
	20	0,30	68	1080	1720	840	
		0,35	64	1015	1920	960	
		0,40	61	970	2100	1070	
X	10	0,20	55	1750	2750	720	1,29
		0,25	51	1600	3220	877	1,44
		0,30	47	1500	3490	1030	1,58
		0,35	44	1400	4070	1180	1,69
	12	0,20	55	1460	3250	1020	1,54
		0,25	50	1300	3840	1240	1,65
		0,30	47	1250	4350	1450	1,86
		0,35	44	1170	4850	1670	2,0
	15	0,25	57	1200	4830	1880	2,3
		0,30	53	1100	5480	2200	2,5
		0,35	50	1060	6110	2520	2,7
		0,40	47	990	6710	2840	2,9

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{отв}$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_0$ , Н	$M_{кр}$ , Н · м	$N_3$ , кВт
X	18	0,25	55	970	5790	2650	2,6
		0,30	51	900	6580	3120	2,9
		0,35	48	850	7330	3500	3,1
		0,40	46	800	8050	4010	3,3
	20	0,30	54	860	7310	3790	3,4
		0,35	51	810	8150	4330	3,6
		0,40	47	750	8930	4870	3,7
		0,45	46	730	9700	5410	4,0
		0,50	44	700	10 450	5930	4,3
		XI	2	0,02	64	10 175	110
		0,03	48	7630	150	8	
3	3	0,05	34	5405	210	13	0,07
		0,03	52	5510	230	17	0,09
		0,05	36	3815	320	27	0,10
		0,08	26	2755	450	42	0,12
5	5	0,05	45	2860	540	73	0,20
		0,08	32	2035	750	107	
		0,10	27	1715	880	130	0,23
8	8	0,08	35	1390	1200	260	0,40
		0,10	30	1190	1400	320	
		0,12	26	1030	1600	370	
		0,15	23	915	1860	450	
10	10	0,10	33	1050	1750	480	0,50
		0,12	28	890	1990	560	
		0,15	25	795	2330	690	0,60
		0,20	21	670	2850	890	
12	12	0,10	34	900	2100	670	0,62
		0,12	30	795	2390	690	0,64
		0,15	25	660	2800	960	0,65
		0,20	21	555	3420	1250	0,70
15	15	0,12	33	700	3000	1190	0,85
		0,15	28	590	3490	1460	0,88
		0,18	24	510	3970	1720	0,90
		0,24	20	440	4850	2230	0,96
18	18	0,15	29	510	4200	2060	1,02
		0,18	25	440	4760	2420	1,10
		0,20	23	405	5120	2670	1,16
		0,24	21	370	5830	3140	1,20

Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_0$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н · м	$N_3$ , кВт
XI	20	0,15	30	480	4650	2490	1,24
		0,18	26	410	5300	2940	1,28
		0,20	24	380	5700	3240	1,32
		0,24	22	350	6470	3820	1,40
XI* $\sigma_B = 1400 \text{ Н/мм}^2$	2	0,006	23	3655	90	3	0,01
		0,008	17	2700	110	5	
		0,012	11	1750	140	7	
	3	0,010	26	2755	190	11	0,03
		0,015	17	1800	250	16	
		0,018	14	1480	290	19	
	5	0,020	33	2100	520	49	0,10
		0,030	21	1335	690	74	
	8	0,040	15	950	840	97	0,20
		0,040	28	1110	1340	210	
		0,060	18	715	1790	320	
	10	0,050	27	860	1960	390	0,30
		0,080	16	510	2730	620	
	12	0,070	27	715	2980	730	0,50
		0,090	21	555	3560	940	
		0,090	27	570	4450	1370	
	15	0,120	19	400	5430	1810	0,80
		0,090	46	730	5930	2180	
		0,120	34	540	7240	2880	
	XII	2	0,03	41	6520	100	5
0,05			32	5090	150	8	0,04
3		0,05	33	3500	220	20	0,07
		0,07	28	2970	280	23	
		0,09	24	2440	330	30	
5		0,07	34	2160	460	60	0,10
		0,09	80	1910	550	70	
		0,12	26	1650	680	100	
8		0,10	29	1150	960	200	0,20
		0,12	27	1070	1080	230	
	0,15	24	950	1270	280		
	0,18	22	870	1440	330		



Продолжение табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_0$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н · м	$N_3$ , кВт
XII	10	0,18	24	760	1810	500	0,40
		0,20	23	730	1940	550	
		0,22	22	700	2070	600	
		0,24	21	670	2210	640	
	12	0,15	26	690	1900	600	0,50
		0,18	24	630	2170	710	
		0,20	23	610	2330	770	
		0,22	22	580	2490	840	
		0,25	21	555	2730	940	
	15	0,20	25	530	2920	1170	0,60
		0,24	23	490	3310	1370	0,70
		0,27	22	470	3600	1520	
		0,30	20	420	3870	1660	
	18	0,22	24	420	3740	1790	0,80
		0,25	23	410	4090	2000	0,90
		0,27	22	390	4310	3140	
		0,30	21	370	4640	2340	
		0,35	19	335	5180	2680	
	0,25	24	380	4540	2430		
	20	0,30	22	350	5160	2840	1,0
0,35		20	320	5750	3260	1,1	
0,40		19	300	6310	3660		
XII* ЛАНЬ®	2	0,02	91	14 470	80	3	0,04
		0,03	74	11 770	100	5	0,06
	3	0,03	90	9500	150	10	0,09
		0,05	70	7400	220	16	0,1
	5	0,05	95	6000	370	39	0,2
		0,07	80	5100	460	53	0,3
	8	0,07	91	3615	750	130	0,5
		0,09	80	3180	890	160	
		0,12	69	2740	1080	200	0,6
	10	0,09	81	2575	1110	240	0,7
		0,12	70	2225	1360	310	
		0,15	63	2000	1500	370	

Окончание табл. 3.15

Группа обрабатываемого материала	$d_{\text{отв}}$ , мм	$S_o$ , мм/об	$v$ , м/мин	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$P_o$ , Н	$M_{\text{кр}}$ , Н·м	$N_z$ , кВт
ХП*	12	0,10	86	2280	1430	360	0,8
		0,15	70	1855	1900	520	1,0
		0,18	64	1695	2170	610	1,1
		0,20	61	1615	2330	670	
	15	0,12	82	1735	2040	650	1,2
		0,15	73	1545	2380	790	1,3
		0,18	67	1420	2710	920	1,4
		0,20	64	1355	2920	1010	1,6
	18	0,15	82	1450	2860	1090	1,7
		0,18	75	1325	3250	1290	1,8
		0,20	71	1250	3500	1410	1,9
		0,22	68	1200	3740	1530	2,0
	20	0,18	80	1270	3610	1550	2,1
		0,20	76	1205	3880	1700	2,2
		0,22	72	1145	4150	1860	2,3
		0,25	67	1065	4540	2070	

\* Режимы резания при сверлении инструментом, оснащенным пластиной из твердого сплава.

Примечание. Обозначения в таблице следующие:  $d_{\text{отв}}$  – диаметр отверстия;  $n$  – частота вращения сверла;  $P_o$  – осевая сила резания;  $M_{\text{кр}}$  – крутящий момент; остальные обозначения см. в примечании к табл. 3.5.

### 3.16. Поправочные коэффициенты на скорость резания при сверлении

Группа обрабатываемого материала	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$K_{v1}$
I	600	1,5
	900	1,0
II: 12X13, 25X13H2, 20X13, 1X12H2BMФ, 23X13HBMФА, 30X13, ЭП 311, 09X16H4Б, 40X13, 07X16H6, 14X17H2	600...700	1,4
	800...700	1,3
	900...1000	1,2
	1000...1100	1,0
	1200	1,3
	1300	1,18
	1400	1,0
	1500	0,8
	1600	0,79
	1700	0,69
	1800	0,62

Продолжение табл. 3.16

Группа обрабатываемого материала	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$K_{v1}$
III:		
18X18H10T, 20X23H18	600...1000	1,00
X15H5Д2Т	1000	1,00
12X2H5Т	>700	0,81
X15H9Ю, X17H5M3	850...1100	0,83
IV:		
45X14H14B2M	700	1,40
08X15H24B4TP, ЭИ 395, 07X21Г7АН5, 12X25H16Г7AP, 37X12H8Г8MФБ	800...1000	1,00
10X11H23T3MP, 10XПН10ТЗР, 15X18H12C4TЮ	700...900	0,79
V:		
36HXТЮ, ХН60В	800...1200	1,00
ХН77ТЮ, ХН77ТЮР	1000...1100	1,00
ХН35ВТЮ, ЭП 99	1150...1200	0,75
ХН65ВМТЮ, ХН67ВМТЮ	900...1000	0,64
ХН62МВКЮ, ХН60МВТЮ, ХН82ТЮМБ	1000...1100	0,64
	1200...1400	0,47
VI		
	800...1000	1,00
VII:		
BT1-0, BT1-2	390...700	1,50
OT4, OT4-1, BT5, BT5-1	700...950	1,00
BT6, BT6c	900...1000	0,95
BT3, BT3-1, BT14	950...1200	0,90
BT14 (после закалки и старения)	1300...1400	0,75
VIII		
	1600	1,56
	1700	1,38
	1800	1,24
	2000	1,00
IX:		
AMr2, AMr3, AMr5, AMr6, Д1, Д16, АК4, АК6, АК8, AMц	100...450	1,0
B95	600	0,6
AK12, AK9ч, AK7ч, AL9 (модифицированные)	147...157	0,8
AK7, AMr5K, AMr10 (немодифицированные)	127...314	0,5
X:		
M2, M3, Л63, ЛС59-1, ЛЦ16К4	290...340	2,0
БрА9ЖЗЛ	390...400	1,2
БрА10Ж4Н4Л	587	1,0

Окончание табл. 3.16

Группа обрабатываемого материала	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$K_{v1}$
XI	1200	1,35
	1300	1,15
	1400	1,00
	1500	0,88
	1600	0,76
XII:		
СЧ 15	241*	1,00
СЧ 18	170...229*	—
СЧ 21	170...240*	—

\* Для чугунов даны значения НВ.

### 3.17. Поправочные коэффициенты $K_{v2}$ на скорость резания в зависимости от марки материала режущей части сверла

Группа обрабатываемого материала	Быстрорежущая сталь по ГОСТ 19265–73 (в ред. 1991 г.)					Твердый сплав по ГОСТ 3882–74 (в ред. 1991 г.)			
	P9K5	P6M5	P6M3	P18*	P6M5K5	BK8	BK6-OM	BK6-M	BK15
I	1,0	0,94	0,91	0,87					
II	1,0	0,91	0,91	0,91		1,0	1,25	1,15	0,7
III	1,0	0,91	0,91	0,91					
IV	1,0	0,86		0,90					
V	1,0	0,88		0,84		1,0	1,25	1,15	0,7
VI	1,0	0,88		0,84		1,0	1,25	1,15	0,7
VII	1,0	0,73		0,82		1,0	1,25	1,15	0,7
VIII						1,0	1,25	1,15	0,7
IX		1,0							
X		1,0							
XI	0,97				1,0	1,0		1,20	
XII						1,0		1,20	

\* Данные для стали P18 приведены для сравнения.

В табл. 3.18 указаны режимы резания при *зенкеровании*. Выбор марок материала режущей части различных групп обрабатываемых материалов представлен в табл. 3.19, а значение поправочного коэффициента  $K_{v1}$  на скорость резания – в табл. 3.20.

Режимы резания при *развертывании* даны в табл. 3.21.

## 3.18. Режимы резания при зенкерованиях

Группа обрабатываемого материала	Диаметр зенкера, мм	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин
I	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,55...0,8	15...20
	» 30 » 40	0,1...1,8	0,8...1,2	
		1,0...2,0	0,6...1,0	12...18
	» 40 » 80	2,0...3,3	0,4...0,6	
		0,1...1,0	1,2...1,8	10...16
	1,0...2,0	0,8...1,2		
II	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,40...0,60	12...18
	» 20 » 30	0,1...1,0	0,60...0,90	
		1,0...2,0	0,45...0,60	
	» 30 » 80	2,0...3,0	0,30...0,45	9...12
		0,5...1,0	0,75...1,00	
		1,0...2,0	0,60...0,75	
III	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,30...0,45	10...15
	» 20 » 30		0,50...0,75	
		1,0...2,0	0,40...0,50	
	» 30 » 80	2,0...3,0	0,30...0,40	6...10
		0,5...1,0	0,60...0,80	
		1,0...2,0	0,45...0,60	
IV	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,4...0,8	10...15
	» 20 » 35	1,0...2,0	0,4...0,5	8...12
		2,0...3,0	0,3...0,4	
	» 40 » 80	0,1...1,0	0,6...0,8	6...10
		1,0...2,0	0,45...0,60	
		2,0...3,0	0,3...0,45	
V	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,4...0,6	8...10
	» 20 » 35	1,0...2,0	0,6...0,75	
		2,0...3,0	0,3...0,45	
	» 40 » 80	0,1...1,0	1,2...1,8	6...8
		1,0...2,0	0,8...1,0	
		2,0...3,0	0,4...0,6	

Продолжение табл. 3.18

Группа обрабатываемого материала	Диаметр зенкера, мм	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин
VI	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,4...0,8	10...15
	» 20 » 35	1,0...2,0	0,4...0,5	8...12
		2,0...3,0	0,3...0,4	
» 40 » 80	0,1...1,0	0,6...0,8	6...10	
	1,0...2,0	0,45...0,60		
VII	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,40...0,60	8...10
		» 20 » 30	1,0...2,0	
	2,0...3,0		0,60...0,75	
	» 30 » 50	0,5...1,0	0,30...0,45	
		1,0...2,0	0,8...1,2	
	2,0...3,0	0,6...1,0		
	» 50 » 80	0,5...1,0	0,4...0,6	
		1,0...2,0	1,2...1,8	
VIII	Св. 10 до 20	0,5...1,0	0,4...0,6	8...10
		» 20 » 35	1,0...2,0	
	2,0...3,0		0,3...0,45	
	» 40 » 80	0,1...1,0	1,2...1,8	6...8
		1,0...2,0	0,8...1,0	
		2,0...3,0	0,4...0,6	
IX	Св. 10 до 15	0,5...1,0	0,40...0,60	30...45
		» 15 » 20	1,0...2,0	
	0,5...1,0		0,60...0,75	
	» 20 » 30	1,0...3,0	0,45...0,60	
		0,5...1,0	0,50...1,00	
	» 30 » 40	1,0...3,0	0,60...0,75	
		3,0...5,0	0,30...0,45	
	» 40 » 50	0,5...1,0	0,80...1,20	
		1,0...3,0	0,60...1,00	
	» 50 » 80	3,0...5,0	0,40...0,60	
		0,5...1,0	0,80...1,20	
	» 40 » 50	1,0...5,0	0,60...1,00	
5,0...8,0		0,40...0,60		
» 50 » 80	0,5...1,0	1,20...1,80		
	1,0...5,0	0,80...1,20		
» 50 » 80	5,0...8,0	0,60...0,80		

Окончание табл. 3.18

Группа обрабатываемого материала	Диаметр зенкера, мм	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин
X	Св. 10 до 15	0,5...1,0	0,40...0,60	 25...35
		1,0...2,0	0,30...0,45	
	» 15 » 20	0,5...1,0	0,60...0,75	
		1,0...3,0	0,45...0,60	
	» 20 » 30	0,5...1,0	0,50...1,00	
		1,0...3,0	0,60...0,75	
	» 30 » 50	3,0...5,0	0,30...0,45	
		0,5...1,0	0,80...1,20	
	» 50 » 80	1,0...3,0	0,60...1,00	
		3,0...5,0	0,40...0,60	
XI	Св. 10 до 15	0,5...1,0	0,40...0,60	15...20
		1,0...2,0	0,30...0,45	
	» 15 » 20	0,5...1,0	0,60...0,75	
		1,0...2,0	0,45...0,60	
	» 20 » 30	0,5...1,0	0,75...1,00	
		1,0...2,0	0,60...0,75	
	» 30 » 50	2,0...3,0	0,30...0,45	
		0,5...1,0	0,80...1,20	
	» 50 » 80	1,0...2,0	0,60...1,00	
		2,0...3,0	0,40...0,60	
XII	Св. 10 до 15	0,5...1,0	0,60...0,75	15...20
		1,0...2,0	0,45...0,60	
	» 15 » 20	0,5...1,0	0,60...0,75	
		1,0...2,0	0,45...0,60	
	» 20 » 30	2,0...3,0	0,30...0,45	
		0,5...1,0	0,80...1,20	
	» 30 » 80	1,0...2,0	0,75...0,90	
		2,0...3,0	0,60...0,75	
	» 30 » 80	0,5...1,0	1,20...1,80	12...18
		1,0...3,0	0,90...1,20	
		3,0...5,0	0,60...0,90	

## 3.19. Марка материала режущей части зенкера

Группа обрабатываемого материала	II, III, VII, XI	IX, X, XII
Марка материала	P6M5K5, P9K5, P6M5	P6M5

3.20. Поправочные коэффициенты  $K_{v1}$  на скорость резания при зенкероении

Группа обрабатываемого материала	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	HRC	$K_{v1}$
II	До 1000	–	1,0
	Св. 1000 до 1400	–	0,5
XI	–	До 32	1,0
	–	Св. 32 до 38	0,7
	–	» 38 » 44	0,5
	–	» 44 » 48	0,42

## 3.21. Режимы резания при развертывании

Группа обрабатываемого материала	Диаметр развертки, мм	$t$ , мм	$S_o$ , мм/об	$v$ , м/мин	Марка материала режущей части развертки
II, III, IV, V	От 2 до 5	0,05...0,10	0,1...0,15 0,4...0,5	1...2	P6M5K5, P9K5, P6M5
	Св. 5 до 10	0,10...0,20	0,5...0,6		
	» 10 » 15	0,05...0,10 0,10...0,20	0,4...0,5 0,5...0,6		
	» 15 » 20	0,05...0,10 0,10...0,20	0,4...0,5 0,6...0,9		
I, VII с $\sigma_B = 450...1000$ Н/мм <sup>2</sup>	От 2 до 5	0,08...0,12	0,1...0,15 0,5...0,6	5...8	P6M5K5, P9K5, P6M5
	Св. 5 до 10		0,12...0,20		
	» 10 » 15	0,08...0,12 0,12...0,20	0,5...0,6 0,6...0,8		
	» 15 » 20	0,08...0,12 0,12...0,30	0,5...0,6 0,6...0,8		

Группа обрабатываемого материала	Диаметр развертки, мм	$t$ , мм	$S_{0\%}$ , мм/об	$v$ , м/мин	Марка материала режущей части развертки
VII с $\sigma_b = 1000 \dots 1500 \text{ Н/мм}^2$	От 2 до 5	0,05...0,10	0,10...0,15	9...12	BK6-M, BK8
	Св. 5 до 10		0,30...0,45		
	» 10 » 15	0,10...0,20	0,45...0,60		
		0,05...0,10 0,10...0,20	0,30...0,45 0,45...0,60		
» 15 » 20	0,05...0,10 0,10...0,30	0,30...0,45 0,45...0,60			
	От 2 до 5	0,1...0,3	0,10...0,20	15...20	P6M5
Св. 5 до 10	0,15...0,25				
» 10 » 20	0,3...0,5	0,20...0,30			
	0,1...0,3 0,3...0,5	0,30...0,40			
X	От 2 до 5	0,1...0,3	0,10...0,20	10...15	P6M5
	Св. 5 до 10		0,15...0,25		
	» 10 » 15	0,3...0,5	0,20...0,30		
		0,1...0,3 0,3...0,5	0,30...0,40		
» 15 » 20	0,1...0,2 0,3...0,5	0,40...0,50			
	От 2 до 5	0,05...0,10	0,10...0,15	4...12	P6M5K5, P9K5, P6M5
Св. 5 до 10	0,5...0,6				
» 10 » 15	0,10...0,20	0,6...0,8			
	0,05...0,10 0,10...0,20	0,5...0,6 0,8...0,9			
» 15 » 20	0,05...0,10 0,10...0,30	0,5...0,6 0,9...0,13			
	От 2 до 5	0,05...0,10	0,10...0,15	7...10	P6M5
Св. 5 до 10	0,6...0,8				
» 10 » 15	0,10...0,30	0,8...1,0			
	0,05...0,10 0,10...0,30	1,0...1,6			
» 15 » 20	0,05...0,10 0,10...0,40	1,0...1,2 1,5...2,0			

Окончание табл. 3.21

Группа обрабатываемого материала	Диаметр развертки, мм	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об	$v$ , м/мин	Марка материала режущей части развертки		
XII	От 2 до 5	0,05...0,10	0,08...0,12	25...30	BK6-M, BK8		
	Св. 5 до 10		0,3...0,5				
	» 10 » 15	0,10...0,30	0,5...0,8				
		0,05...0,10	0,8...1,2				
	» 15 » 20	0,10...0,30	0,8...1,2				
		0,05...0,10	0,8...1,2				
		0,10...0,40	1,2...1,5				

Назначение скорости резания при *нарезании резьбы* в сквозных отверстиях метчиками из быстрорежущей стали осуществляется по данным табл. 3.22, а период стойкости метчиков, характеризующийся количеством обработанных отверстий в зависимости от диаметра резьбы, группы обрабатываемого материала и марки материала режущей части, – по табл. 3.23.

### 3.22. Скорость резания при нарезании резьбы в сквозных отверстиях метчиками из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал		$v$ , м/мин, для метчиков				
Группа	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	M2–M5	M6–M8	M10–M12	M14–M16	M18–M20
I	$\sigma_B < 900$	3,0...6,0	5,5...7,0	7,0...8,0	9,0...10,0	10,0...11,0
II	$< 1200$	1,5...3,5	4,0...5,0	5,0...6,0	6,0...8,0	7,0...10,0
III	600...800	1,0...2,5	2,5...3,5	3,5...4,5	4,5...6,0	5,0...7,0
IV	800...1000	1,0...1,5	1,5...2,5	2,5...3,0	3,0...4,0	3,5...5,0
V	800...1100	0,8...1,5	1,5...2,0	1,8...2,5	2,5...3,5	3,0...4,0
	1100...1300	0,3...1,0	0,8...1,2	1,0...1,5	1,2...1,7	1,5...2,0
VI	800...1000	0,3...0,8	0,5...1,0	1,0...1,5	1,0...1,5	1,2...1,8
VII	600	1,0...2,5	2,5...3,5	3,0...4,0	4,0...5,0	4,5...6,0
	800...1000	0,8...1,0	1,5...2,0	1,5...2,5	2,5...3,0	3,0...4,0
	1200...1400	0,5...1,0	0,8...1,2	1,0...1,5	1,5...2,5	2,0...3,0
VIII	1500...1700	0,3...0,5	0,5...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5
IX	150...550	6,0...8,0	8,0...10,0	12,0...15,0	18,0...22,0	20,0...25,0
X	250...800	4,0...6,0	6,0...8,0	10,0...12,0	14,0...16,0	18,0...22,0
XII	165...240 HB	2,0...3,0	3,0...4,0	5,0...6,0	6,0...7,0	7,0...8,0

## 3.23. Стойкость (количество нарезаемых отверстий) метчиков

Обрабатываемый материал		Стойкость для метчиков				Марка материала режущей части метчиков
Группа	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	M2–M3	M4–M6	M8–M12	M14–M20	
I, II	600...1200	120	200...300	350...400	400...500	P9K5
III	600...800	100	150...250	250...300	350...400	
IV	800...1000	10...25	30...40	250...300	300...350	
V	800...1300	5...15	15...20	25...35	40...50	
VI	800...1000	5...10	10...15	20...30	30...40	
VII	600...1400	30...70	100...150	200...250	300...350	
IX	150...550	600...750	900...1000	1000...1200	1200...1500	P6M5
X	250...800	400...500	600...750	750...900	900...1000	
XII	165...240 HB	90...120	200...300	400...500	500...600	BK8
		500...600	600...750	800...1000	1200...1500	

В табл. 3.24 даны значения допускаемого износа метчиков по задней поверхности заборного конуса, а в табл. 3.25 – необходимое число метчиков в комплекте при нарезании резьбы в глухих отверстиях.

3.24. Допускаемый износ  $h_3$  метчиков по задней поверхности заборного конуса

Группа обрабатываемого материала	$h_3, \text{мм}$ , для метчиков		
	M2–M5	M6–M12	M14–M20
I – VII, IX – XI	0,1	0,2	0,3
VIII	0,05	0,08	0,1
XII	0,2	0,4	0,5

## 3.25. Число метчиков в комплекте при нарезании резьбы в глухих отверстиях

Обрабатываемый материал		Шаг резьбы $P, \text{мм}$	Число метчиков в комплекте	Материал метчика
Группа	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$			
I, II	< 1000	0,25...0,40	1	Быстрорежущая сталь
		0,50...1,50	2	
		1,75...2,50	3	
	> 1000	0,25...0,50	2	Быстрорежущая сталь, твердый сплав
		0,70...1,25	3	
		1,50...2,50	4	

Окончание табл. 3.25

Обрабатываемый материал		Шаг резьбы $P$ , мм	Число метчиков в комплекте	Материал метчика
Группа	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>			
III	600...1000	0,25...0,70	1	Быстрорежущая сталь
		0,80...1,50	2	
		1,75...2,50	3	
IV	800...1000	0,25...1,25	2	
		1,50...2,50	3	
V, VI	–	0,25...0,50	2	
		0,70...1,25	3	
		2,00...2,50	4	
VII	< 1000	0,25...0,50	1	Быстрорежущая сталь
		0,70...1,50	2	
		1,75...2,50	3	
	1000...1500	0,25...0,80	2	
		1,00...1,50	3	
		1,75...2,50	4	
VIII	≤ 1700	0,25...0,50	2; 3	Быстрорежущая сталь, твердый сплав
		0,70...1,25	3	
		1,50...2,50	4	
	> 1700	0,25...0,40	2; 3	Твердый сплав
		0,50...1,25	3	
		1,50...1,75	4	
IX – XII	–	0,40...1,25	1	Быстрорежущая сталь, твердый сплав

Режимы резания для черновой обработки различных групп материалов (табл. 3.26) с неравномерным припуском, прерывистым резанием или обработкой по корке *резцами с механическим креплением сменных режущих пластин* даны в табл. 3.27. Режимы резания рассчитаны на стойкость 30...40 минут для станков с ЧПУ и универсальных.

## 3.26. Классификация обрабатываемых материалов по твердости

Группа обрабатываемого материала	Материал	Твердость, НВ
<b>Сталь</b>		
1	конструкционная автоматная А12, А20, А30, А40Г	160...229
2	качественная конструкционная 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 45, 50, 60, 60Г, 65Г	156...321
3	легированная конструкционная 15Г, 20Г, 30Г, 40Г, 50Г, 60Г, 65Г, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2	179...321
4	хромистая 15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х	156...321
5	хромоникелевая 20ХН, 40ХН, 45ХН, 12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А	179...269
6	хромомарганцовая 15ХГ, 20ХГ, 35ХГ2, 25ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР, 27ХГР, 35ХГФ, 25ХГМ	179...229
7	хромокремнистая 33ХС, 38ХС, 40ХС	229...269
8	хромованадиевая 15ХФ, 20ХФ, 40ХФА	179...302
9	хромомолибденовая 15ХМ, 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ, 35Х2МА	160...302
10	хромоалюминиевая 38ХЮ, 38ХЮА, 35ХЮА	160...230
11	хромокремнемарганцовая и хромокремнемарганцовоникелевая 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 35ХГСА, 38ХГС, 38ХГСА, 30ХГСН2А	150...375
12	хромоникельмолибденовая 14Х2Н3МА, 20ХН2М, 30ХН2МА, 38Х2Н2МА, 40ХН2МА, 40Х2Н2МА, 18Х2Н4МА, 25Х2Н4МА	150...269
13	хромоникельвольфрамовая, хромоникельванадиевая, хромомолибденованадиевая, хромомолибденоалюминиевая 25ХНВА, 30ХНВА, 20ХНФ, 30Х2НВФА, 35ХМФА, 30Х3МФ, 40ХМФА, 38ХМЮА	195...280
14	инструментальная углеродистая У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У12А	187...207
15	инструментальная легированная, шарико- и роликоподшипниковая 9ХФ, ХВ5, 9ХВГ, ХВГ, ХВСГФ, Х06, Х05, ХВ, 85ХФ, 9ХС, ХГС, 6ХГС, 6ХВГ, 6ХВ2С, ХГСВФ, ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ	229...321
16	инструментальная быстрорежущая Р18ФА, Р18К5Ф2, Р9К5, Р14Ф4, Р9Ф5, Р10Ф5К5	217...269

Окончание табл. 3.26

Группа обрабатываемого материала	Материал	Твердость, НВ
<b>Чугун</b>		
17	серый СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 24, СЧ 30, СЧ 3	143...295
	ковкий и высокопрочный КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-7, КЧ 50-5, КЧ 55-4, КЧ 60-3, КЧ 65-3, ВЧ 40, ВЧ 45, ВЧ 50, ВЧ 60	120...285

Выбранное табличное значение скорости резания  $v$  для конкретных условий обработки необходимо умножить на поправочные коэффициенты, характеризующие:  $K_{v1}$  – марку твердого сплава (табл. 3.28);  $K_{v2}$  и  $K_{v3}$  – скорость резания соответственно при растачивании и поперечном точении (табл. 3.29);  $K_{v4}$  – принятую стойкость режущего инструмента (табл. 3.30).

При точении с равномерным припуском величину выбранной по табл. 3.27 скорости резания  $v$  необходимо умножить на коэффициент  $K = 1,2...1,6$ . Меньшее значение коэффициента соответствует большей глубине резания ( $t = 6...8$  мм), а большее – меньшей ( $t = 1...2$  мм).

### 3.27. Режимы резания резцами с механическим креплением многогранных режущих пластин

Группа обрабатываемого материала	$S_0$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_s$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_s$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_s$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_s$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_s$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_s$ , кВт
1	0,1	–	–	<u>160</u>	<u>3,5</u>	–	–	–	–	–	–	–	–
	0,2	<u>190</u>	<u>2,7</u>	<u>150</u>	<u>4,4</u>	<u>145</u>	<u>6,4</u>	<u>135</u>	<u>7,7</u>	<u>130</u>	<u>8,4</u>	–	–
		210	3,0	165	4,8	160	7,0	145	8,5	140	9,2	135	9,8
	0,3	<u>180</u>	<u>3,4</u>	<u>140</u>	<u>5,5</u>	<u>135</u>	<u>8,1</u>	<u>130</u>	<u>10,1</u>	<u>125</u>	<u>10,8</u>	–	–
		195	3,7	155	6,0	150	8,9	140	11,1	135	11,8	125	12,2
	0,4	<u>165</u>	<u>3,9</u>	<u>135</u>	<u>6,5</u>	<u>125</u>	<u>9,3</u>	<u>120</u>	<u>10,6</u>	<u>110</u>	<u>12,0</u>	–	–
		180	4,3	145	7,1	140	10,2	130	11,6	120	13,2	120	14,7
	0,5	<u>150</u>	<u>4,4</u>	<u>125</u>	<u>7,2</u>	<u>120</u>	<u>10,5</u>	<u>110</u>	<u>12,6</u>	<u>105</u>	<u>13,8</u>	–	–
		165	4,8	135	7,9	130	11,5	120	13,9	115	15,2	115	16,9
	0,6	<u>140</u>	<u>4,6</u>	<u>115</u>	<u>7,6</u>	<u>110</u>	<u>10,9</u>	<u>105</u>	<u>14,1</u>	<u>100</u>	<u>15,4</u>	–	–
		155	5,1	125	8,3	120	12,0	115	15,5	110	16,9	100	17,3

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	S <sub>с</sub> , мм/об	Глубина резания t, мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт
1	0,7	—	—	<u>105</u> 115	<u>7,8</u> 8,6	<u>100</u> 110	<u>11,2</u> 12,3	<u>95</u> 105	<u>14,4</u> 15,8	<u>90</u> 100	<u>15,6</u> 17,1	— 90	— 17,4
	0,8	—	—	—	—	<u>90</u> 100	<u>11,3</u> 12,4	<u>85</u> 95	<u>14,5</u> 15,9	<u>80</u> 90	<u>15,7</u> 17,2	— 85	— 18,0
	0,9	—	—	—	—	<u>85</u> 95	<u>11,7</u> 12,9	<u>80</u> 90	<u>14,9</u> 16,4	<u>80</u> 85	<u>16,0</u> 17,6	— 80	— 18,5
	1,0	—	—	—	—	— 90	— 13,4	— 85	— 16,9	— 80	— 17,9	— 75	— 18,8
2, 4 (твердость ≤ 156 НВ)	0,1	— 245	— 1,8	<u>175</u> 190	<u>2,5</u> 2,8	— 185	— 4,3	— 170	— 5,2	— 165	— 5,6	— 155	— 6,0
	0,2	<u>205</u> 225	<u>2,6</u> 2,9	<u>170</u> 185	<u>4,3</u> 4,7	<u>160</u> 175	<u>6,2</u> 6,8	<u>150</u> 165	<u>7,5</u> 8,3	<u>140</u> 155	<u>8,1</u> 8,9	— 150	— 9,5
		<u>190</u> 210	<u>3,2</u> 3,5	<u>155</u> 170	<u>5,3</u> 5,8	<u>150</u> 165	<u>7,7</u> 8,5	<u>135</u> 150	<u>9,4</u> 10,3	<u>130</u> 145	<u>10,0</u> 11,0	— 140	— 12,1
	0,4	<u>175</u> 185	<u>3,6</u> 4,0	<u>140</u> 155	<u>6,0</u> 6,6	<u>135</u> 150	<u>8,6</u> 9,5	<u>125</u> 140	<u>11,0</u> 12,1	<u>120</u> 135	<u>11,8</u> 13,0	— 135	— 14,4
		<u>165</u> 180	<u>4,3</u> 4,7	<u>135</u> 150	<u>6,9</u> 7,6	<u>125</u> 140	<u>9,9</u> 10,9	<u>120</u> 135	<u>12,5</u> 13,7	<u>115</u> 125	<u>13,4</u> 14,7	— 120	— 15,6
	0,6	<u>155</u> —	<u>4,9</u> —	<u>125</u> 135	<u>7,5</u> 8,2	<u>120</u> 130	<u>10,2</u> 11,2	<u>110</u> 120	<u>13,0</u> 14,3	<u>105</u> 115	<u>13,9</u> 15,3	— 110	— 16,1
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,7	—	—	<u>115</u> —	<u>8,2</u> —	<u>110</u> 120	<u>10,8</u> 11,9	<u>105</u> 115	<u>13,7</u> 15,0	<u>95</u> 105	<u>14,6</u> 16,0	— 100	— 16,7
	0,8	—	—	—	—	<u>105</u> 115	<u>11,2</u> 12,3	<u>95</u> 105	<u>14,2</u> 15,6	<u>90</u> 100	<u>15,0</u> 16,5	— 90	— 17,2
—		—	—	—	<u>95</u> 105	<u>11,6</u> 12,7	<u>90</u> 100	<u>14,5</u> 15,9	<u>80</u> 90	<u>15,2</u> 16,7	— 85	— 17,5	
2, 4 (твердость 156... 179 НВ)	0,1	—	—	<u>170</u> —	<u>3,4</u> —	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>195</u> 215	<u>2,6</u> 2,9	<u>155</u> 170	<u>4,2</u> 4,6	<u>145</u> 160	<u>6,0</u> 6,6	<u>135</u> 150	<u>7,5</u> 8,2	<u>130</u> 145	<u>8,1</u> 8,9	— 140	— 9,6
		<u>185</u> 200	<u>3,3</u> 3,6	<u>145</u> 160	<u>5,3</u> 5,8	<u>140</u> 155	<u>7,9</u> 8,7	<u>130</u> 145	<u>9,8</u> 10,8	<u>125</u> 140	<u>10,6</u> 11,6	— 130	— 12,0
	0,4	<u>170</u> 185	<u>3,8</u> 4,2	<u>135</u> 150	<u>6,2</u> 6,8	<u>130</u> 145	<u>9,1</u> 10,0	<u>120</u> 130	<u>10,9</u> 12,0	<u>115</u> 125	<u>11,8</u> 13,0	— 125	— 14,4
		<u>155</u> 170	<u>4,2</u> 4,6	<u>125</u> 140	<u>7,0</u> 7,7	<u>120</u> 130	<u>9,8</u> 10,8	<u>115</u> 125	<u>12,5</u> 13,7	<u>110</u> 120	<u>13,6</u> 14,9	— 120	— 16,6
	0,6	<u>145</u> 160	<u>4,5</u> 4,9	<u>120</u> 130	<u>7,4</u> 8,1	<u>115</u> 125	<u>10,7</u> 11,8	<u>110</u> 120	<u>13,8</u> 15,2	<u>100</u> 115	<u>15,1</u> 16,6	— 110	— 17,8



Продолжение табл. 3.27

Группа обрабаты- ваемого материала	$S_{02}$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт
2, 4 (твер- дость 156... 179 НВ)	0,7	—	—	<u>110</u> 120	<u>7,7</u> 8,5	<u>100</u> 115	<u>11,0</u> 12,1	<u>100</u> 110	<u>14,2</u> 15,6	<u>90</u> 100	<u>15,4</u> 16,9	—	—
	0,8	—	—	—	—	95 105	<u>11,1</u> 12,2	90 100	<u>14,4</u> 15,8	85 95	<u>15,6</u> 17,1	—	—
	0,9	—	—	—	—	90 100	<u>11,6</u> 12,8	85 95	<u>14,6</u> 16,3	80 90	<u>15,9</u> 17,5	—	—
	1,0	—	—	—	—	80 95	<u>15,3</u> 13,3	80 90	<u>15,3</u> 16,8	75 85	<u>16,4</u> 18,0	—	—
2, 3, 4, 14 (179... 229 НВ)	0,1	—	—	<u>135</u> —	<u>2,7</u> —	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>160</u> 175	<u>2,3</u> 2,5	<u>125</u> 140	<u>3,6</u> 4,0	<u>120</u> 135	<u>5,2</u> 5,7	<u>110</u> 120	<u>6,5</u> 7,1	<u>105</u> 115	<u>7,0</u> 7,7	—	—
		<u>145</u> 160	<u>2,8</u> 3,1	<u>120</u> 130	<u>4,6</u> 5,1	<u>115</u> 125	<u>6,8</u> 7,5	<u>105</u> 115	<u>8,4</u> 9,2	<u>100</u> 110	<u>8,9</u> 9,8	—	—
	0,4	<u>135</u> 150	<u>3,3</u> 3,6	<u>110</u> 120	<u>5,4</u> 5,9	<u>105</u> 115	<u>7,6</u> 8,4	<u>95</u> 105	<u>8,6</u> 9,4	<u>90</u> 100	<u>10,2</u> 11,2	—	—
		<u>125</u> 135	<u>3,6</u> 4,0	<u>100</u> 110	<u>5,9</u> 6,5	<u>95</u> 105	<u>8,6</u> 9,4	<u>90</u> 100	<u>10,7</u> 11,8	<u>85</u> 95	<u>11,6</u> 12,7	—	—
	0,6	<u>120</u> 130	<u>3,9</u> 4,3	<u>95</u> 105	<u>6,4</u> 7,0	<u>90</u> 100	<u>9,2</u> 10,1	<u>85</u> 95	<u>11,7</u> 12,9	<u>80</u> 90	<u>12,3</u> 13,5	—	—
		—	—	<u>85</u> 95	<u>6,6</u> 7,2	<u>80</u> 90	<u>9,3</u> 10,2	<u>75</u> 85	<u>12,0</u> 13,2	<u>70</u> 80	<u>12,6</u> 13,9	—	—
	0,8	—	—	<u>80</u> —	<u>6,9</u> —	<u>75</u> 85	<u>9,6</u> 10,6	<u>75</u> 80	<u>12,3</u> 13,5	<u>70</u> 75	<u>13,1</u> 14,4	—	—
		—	—	—	—	<u>70</u> 80	<u>9,9</u> 10,9	<u>70</u> 75	<u>12,6</u> 13,9	<u>65</u> 70	<u>13,3</u> 14,6	—	—
	1,0	—	—	—	—	<u>70</u> 75	<u>10,3</u> 11,3	<u>65</u> 70	<u>12,9</u> 14,2	<u>60</u> 65	<u>13,5</u> 14,8	—	—
2, 3, 4 (229... 269 НВ)	0,1	—	—	<u>110</u> —	<u>2,4</u> —	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>130</u> 145	<u>2,1</u> 2,3	<u>105</u> 115	<u>3,3</u> 3,6	<u>100</u> 110	<u>4,7</u> 5,2	<u>90</u> 100	<u>6,0</u> 6,6	— 95	— 7,1	— 90	— 7,5
		<u>120</u> 130	<u>2,5</u> 2,8	<u>100</u> 110	<u>4,2</u> 4,6	<u>90</u> 100	<u>6,2</u> 6,8	<u>85</u> 95	<u>7,8</u> 8,6	— 90	— 9,1	— 90	— 9,5
	0,4	<u>110</u> 120	<u>3,0</u> 3,3	<u>90</u> 100	<u>5,0</u> 5,5	<u>85</u> 95	<u>7,2</u> 7,9	<u>80</u> 90	<u>8,6</u> 9,5	— 85	— 10,1	— 85	— 11,2
		<u>100</u> 110	<u>3,3</u> 3,6	<u>80</u> 90	<u>5,5</u> 6,0	<u>80</u> 90	<u>7,7</u> 8,5	<u>75</u> 85	<u>9,7</u> 10,7	— 80	— 12,0	— 80	— 13,5

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	$S_0$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт
2, 3, 4 (229... 269 НВ)	0,6	<u>95</u> 105	<u>3,6</u> 3,9	<u>80</u> 90	<u>5,8</u> 6,4	<u>80</u> 85	<u>8,4</u> 9,2	<u>75</u> 80	<u>10,6</u> 11,6	—	—	—	—
	0,7	—	—	<u>75</u> 80	<u>6,2</u> 6,8	<u>70</u> 85	<u>8,7</u> 9,6	<u>70</u> 70	<u>11,0</u> 12,1	—	—	—	—
	0,8	—	—	<u>70</u> —	<u>6,5</u> —	<u>70</u> 70	<u>9,0</u> 9,9	<u>65</u> 65	<u>11,4</u> 12,5	—	—	—	—
	0,9	—	—	—	—	<u>65</u> 65	<u>9,2</u> 10,1	<u>65</u> 65	<u>11,6</u> 12,7	—	—	—	—
	1,0	—	—	—	—	— 65	— 10,3	— 60	— 12,8	— 60	— 14,3	— 55	— 14,6
2, 3, 4, 15 (269... 321 НВ)	0,1	—	—	<u>95</u> —	<u>2,7</u> —	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>115</u> 125	<u>1,9</u> 2,1	<u>90</u> 100	<u>3,0</u> 3,3	<u>85</u> 95	<u>4,4</u> 4,8	<u>80</u> 85	<u>5,2</u> 5,7	—	—	—	—
	0,3	<u>105</u> 115	<u>2,4</u> 2,6	<u>85</u> 90	<u>3,8</u> 4,2	<u>80</u> 90	<u>5,6</u> 8,5	<u>75</u> 80	<u>7,0</u> 7,7	—	—	—	—
	0,4	<u>95</u> 110	<u>2,8</u> 3,1	<u>80</u> 85	<u>4,3</u> 4,7	<u>75</u> 70	<u>6,5</u> 7,1	<u>70</u> 75	<u>7,6</u> 7,3	—	—	—	—
	0,5	<u>85</u> 95	<u>3,0</u> 3,3	<u>75</u> 80	<u>4,8</u> 5,3	<u>70</u> 75	<u>6,8</u> 7,5	<u>65</u> 70	<u>9,0</u> 9,9	—	—	—	—
	0,6	<u>80</u> 90	<u>3,3</u> 3,6	<u>70</u> 75	<u>5,1</u> 5,6	<u>70</u> 70	<u>7,7</u> 8,5	<u>65</u> 70	<u>9,7</u> 10,7	—	—	—	—
	0,7	—	—	<u>65</u> 70	<u>5,4</u> 5,9	<u>65</u> 65	<u>8,3</u> 8,8	<u>60</u> 60	<u>10,2</u> 11,1	—	—	—	—
	0,8	—	—	<u>65</u> —	<u>5,9</u> —	<u>65</u> 60	<u>8,8</u> 9,0	<u>60</u> 60	<u>10,7</u> 11,3	—	—	—	—
	0,9	—	—	—	—	— 60	— 9,2	— 55	— 11,8	— 50	— 12,5	— 45	— 13,3
	1,0	—	—	—	—	— 55	— 9,5	— 55	— 12,2	— 45	— 12,7	— 40	— 13,5
5, 6 (179... 229 НВ)	0,1	—	—	<u>130</u> —	<u>3,0</u> —	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>155</u> 170	<u>2,3</u> 2,5	<u>120</u> 130	<u>3,5</u> 3,8	<u>115</u> 125	<u>5,0</u> 5,5	<u>110</u> 120	<u>6,4</u> 7,0	<u>105</u> 115	<u>6,9</u> 7,6	— 110	— 8,1
	0,3	<u>140</u> 155	<u>2,7</u> 3,0	<u>115</u> 125	<u>4,4</u> 4,8	<u>110</u> 120	<u>6,6</u> 7,2	<u>105</u> 115	<u>8,4</u> 9,2	<u>100</u> 110	<u>8,8</u> 9,7	— 105	— 10,3
	0,4	<u>130</u> 145	<u>3,2</u> 3,5	<u>105</u> 115	<u>5,1</u> 5,6	<u>105</u> 115	<u>7,6</u> 8,4	<u>95</u> 105	<u>8,6</u> 9,4	<u>90</u> 100	<u>10,1</u> 11,1	— 100	— 12,3

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	$S_0$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт
5, 6 (179... 229 НВ)	0,5	<u>120</u>	<u>3,5</u>	<u>100</u>	<u>5,9</u>	<u>95</u>	<u>8,5</u>	<u>90</u>	<u>10,6</u>	<u>85</u>	<u>11,6</u>	—	—
		130	3,8	110	6,5	105	9,3	100	11,7	95	12,7	95	14,1
	0,6	<u>115</u>	<u>3,7</u>	<u>95</u>	<u>6,4</u>	<u>90</u>	<u>9,2</u>	<u>85</u>	<u>11,7</u>	<u>80</u>	<u>12,6</u>	—	—
		125	4,1	105	7,0	100	10,1	95	12,9	90	13,9	85	14,8
	0,7	—	—	<u>85</u>	<u>6,6</u>	<u>80</u>	<u>9,3</u>	<u>80</u>	<u>11,9</u>	<u>70</u>	<u>12,7</u>	—	—
		—	—	95	7,2	90	10,2	85	13,1	80	14,0	75	15,0
	0,8	—	—	<u>80</u>	<u>6,9</u>	<u>80</u>	<u>9,7</u>	<u>75</u>	<u>12,2</u>	<u>70</u>	<u>13,0</u>	—	—
—		—	—	—	85	10,6	80	13,4	75	14,3	70	15,1	
0,9	—	—	—	—	<u>75</u>	<u>9,9</u>	<u>70</u>	<u>12,6</u>	<u>65</u>	<u>13,3</u>	—	—	
	—	—	—	—	80	10,9	75	13,8	70	14,6	65	15,2	
1,0	—	—	—	—	<u>70</u>	<u>10,3</u>	<u>65</u>	<u>12,9</u>	<u>65</u>	<u>13,5</u>	—	—	
					75	11,3	70	14,1	65	14,8	60	15,3	
5, 7 (229... 269 НВ)	0,1	—	—	<u>110</u>	<u>2,4</u>	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>130</u>	<u>1,9</u>	<u>100</u>	<u>3,1</u>	<u>95</u>	<u>4,5</u>	<u>85</u>	<u>5,4</u>	—	—	—	—
		140	2,1	110	3,4	105	4,9	95	5,9	90	6,3	90	7,1
	0,3	<u>120</u>	<u>2,5</u>	<u>95</u>	<u>4,0</u>	<u>90</u>	<u>5,8</u>	<u>80</u>	<u>7,0</u>	—	—	—	—
		130	2,7	105	4,4	100	6,4	90	7,7	85	8,1	85	8,9
	0,4	<u>110</u>	<u>2,8</u>	<u>85</u>	<u>4,5</u>	<u>85</u>	<u>6,5</u>	<u>80</u>	<u>8,1</u>	—	—	—	—
		120	3,1	95	4,9	90	7,1	85	8,9	80	9,5	80	10,5
	0,5	<u>100</u>	<u>3,1</u>	<u>80</u>	<u>5,2</u>	<u>80</u>	<u>7,3</u>	<u>75</u>	<u>9,1</u>	—	—	—	—
		110	3,4	90	5,7	85	8,0	85	10,0	75	10,6	75	11,9
	0,6	<u>95</u>	<u>3,4</u>	<u>80</u>	<u>5,5</u>	<u>75</u>	<u>7,8</u>	<u>70</u>	<u>9,9</u>	—	—	—	—
105		3,7	85	6,0	80	8,6	75	10,9	70	11,6	70	13,0	
0,7	—	—	<u>70</u>	<u>5,6</u>	<u>65</u>	<u>7,9</u>	<u>65</u>	<u>10,4</u>	—	—	—	—	
	—	—	75	6,1	70	8,7	70	11,4	65	12,1	60	13,2	
0,8	—	—	<u>70</u>	<u>5,8</u>	<u>65</u>	<u>8,1</u>	<u>65</u>	<u>10,6</u>	—	—	—	—	
	—	—	—	—	65	8,9	65	11,7	60	12,3	55	13,4	
0,9	—	—	—	—	<u>65</u>	<u>8,3</u>	<u>60</u>	<u>10,9</u>	—	—	—	—	
	—	—	—	—	65	9,0	65	11,9	55	12,4	50	13,7	
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					65	9,6	55	12,1	50	12,5	50	13,9	
8 (179... 229 НВ)	0,1	—	—	<u>130</u>	<u>2,7</u>	—	—	—	—	—	—	—	
	0,2	<u>160</u>	<u>2,3</u>	<u>125</u>	<u>3,6</u>	<u>120</u>	<u>5,2</u>	<u>110</u>	<u>6,5</u>	<u>105</u>	<u>7,0</u>	—	—
175		2,5	140	4,0	135	5,7	120	7,1	115	7,7	110	8,1	

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	S <sub>0</sub> , мм/об	Глубина резания t, мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		v, м/мин	N <sub>с</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>с</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>с</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>с</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>с</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>с</sub> , кВт
8 (179... 229 НВ)	0,3	<u>145</u>	<u>2,8</u>	<u>120</u>	<u>4,6</u>	<u>115</u>	<u>6,8</u>	<u>105</u>	<u>8,4</u>	<u>100</u>	<u>8,9</u>	—	—
		160	3,1	130	5,1	125	7,5	115	9,2	110	9,8	105	10,3
	0,4	<u>135</u>	<u>3,4</u>	<u>110</u>	<u>5,4</u>	<u>105</u>	<u>7,6</u>	<u>95</u>	<u>8,6</u>	<u>90</u>	<u>10,2</u>	—	—
		150	3,7	120	5,9	115	8,4	105	9,4	100	11,2	100	12,3
	0,5	<u>125</u>	<u>3,6</u>	<u>100</u>	<u>5,9</u>	<u>95</u>	<u>8,5</u>	<u>90</u>	<u>10,7</u>	<u>85</u>	<u>11,6</u>	—	—
		135	4,0	110	6,5	105	9,3	101	11,8	95	12,7	95	14,1
	0,6	<u>120</u>	<u>3,9</u>	<u>95</u>	<u>6,4</u>	<u>90</u>	<u>9,2</u>	<u>85</u>	<u>11,7</u>	<u>80</u>	<u>12,3</u>	—	—
		130	4,3	105	7,0	100	10,1	95	12,9	90	13,5	85	14,3
	0,7	—	—	<u>85</u>	<u>6,6</u>	<u>80</u>	<u>9,5</u>	<u>80</u>	<u>12,0</u>	<u>75</u>	<u>12,6</u>	—	—
		—	—	95	7,2	90	10,4	85	13,2	80	13,9	75	14,8
0,8	—	—	<u>80</u>	<u>6,8</u>	<u>80</u>	<u>9,7</u>	<u>75</u>	<u>12,3</u>	<u>70</u>	<u>13,1</u>	—	—	
	—	—	—	—	85	10,6	80	13,5	75	14,4	70	15,0	
0,9	—	—	—	—	<u>75</u>	<u>10,0</u>	<u>70</u>	<u>12,6</u>	<u>65</u>	<u>13,3</u>	—	—	
	—	—	—	—	85	11,0	75	13,9	70	14,6	65	15,2	
1,0	—	—	—	—	<u>70</u>	<u>10,3</u>	<u>65</u>	<u>12,9</u>	<u>65</u>	<u>13,5</u>	—	—	
	—	—	—	—	75	11,3	70	14,2	65	14,8	60	15,3	
8, 9 (229... 302 НВ)	0,1	—	—	<u>110</u>	<u>2,5</u>	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>130</u>	<u>2,1</u>	<u>100</u>	<u>3,3</u>	<u>95</u>	<u>4,7</u>	<u>85</u>	<u>5,8</u>	—	—	—	—
		140	2,3	110	3,6	105	5,2	95	6,33	90	6,7	85	7,1
	0,3	<u>120</u>	<u>2,5</u>	<u>95</u>	<u>4,2</u>	<u>90</u>	<u>6,2</u>	<u>80</u>	<u>7,5</u>	—	—	—	—
		130	2,8	105	4,6	100	6,8	90	8,2	85	8,6	80	9,0
	0,4	<u>110</u>	<u>3,1</u>	<u>85</u>	<u>4,8</u>	<u>85</u>	<u>7,2</u>	<u>75</u>	<u>8,6</u>	—	—	—	—
		120	3,4	95	5,3	95	7,9	85	9,5	80	10,1	75	10,5
	0,5	<u>100</u>	<u>3,3</u>	<u>80</u>	<u>5,5</u>	<u>80</u>	<u>7,7</u>	<u>75</u>	<u>9,7</u>	—	—	—	—
		110	3,6	90	6,0	85	8,5	80	10,7	75	11,3	75	12,7
0,6	<u>95</u>	<u>3,5</u>	<u>80</u>	<u>5,8</u>	<u>75</u>	<u>8,4</u>	<u>70</u>	<u>10,6</u>	—	—	—	—	
	105	3,9	85	6,4	80	9,2	75	11,6	70	12,4	70	13,8	
0,7	—	—	<u>70</u>	<u>5,9</u>	<u>70</u>	<u>8,7</u>	<u>65</u>	<u>11,0</u>	—	—	—	—	
	—	—	75	6,5	75	9,6	70	12,1	65	12,8	60	13,9	
0,8	—	—	<u>70</u>	<u>6,1</u>	<u>65</u>	<u>9,0</u>	<u>65</u>	<u>11,3</u>	—	—	—	—	
	—	—	—	—	70	9,9	65	12,4	60	13,1	55	14,1	
0,9	—	—	—	—	<u>65</u>	<u>9,2</u>	<u>60</u>	<u>11,5</u>	—	—	—	—	
	—	—	—	—	65	10,1	60	12,6	65	13,2	50	14,4	
1,0	—	—	—	—	—	—	<u>5</u>	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	60	10,3	55	12,7	55	13,4	45	14,7	

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабаты- ваемого материала	S <sub>0</sub> , мм/об	Глубина резания t, мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		V, м/МИН	N <sub>3</sub> , кВт	V, м/МИН	N <sub>3</sub> , кВт	V, м/МИН	N <sub>3</sub> , кВт	V, м/МИН	N <sub>3</sub> , кВт	V, м/МИН	N <sub>3</sub> , кВт	V, м/МИН	N <sub>3</sub> , кВт
9, 10 (160... 230 НВ)	0,1	—	—	<u>110</u>	<u>2,1</u>	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	<u>130</u>	<u>1,8</u>	<u>100</u>	<u>2,9</u>	<u>95</u>	<u>4,2</u>	<u>85</u>	<u>5,1</u>	<u>85</u>	<u>5,6</u>	—	—
		140	2,0	110	3,2	105	4,6	95	5,6	90	6,1	85	6,5
	0,3	<u>120</u>	<u>2,3</u>	<u>95</u>	<u>3,7</u>	<u>90</u>	<u>5,4</u>	<u>85</u>	<u>6,6</u>	<u>80</u>	<u>7,1</u>	—	—
		130	2,5	105	4,1	100	5,9	90	7,3	85	7,8	80	8,3
	0,4	<u>110</u>	<u>2,6</u>	<u>85</u>	<u>4,3</u>	<u>85</u>	<u>6,1</u>	<u>80</u>	<u>6,8</u>	<u>75</u>	<u>8,1</u>	—	—
		120	2,9	95	4,7	95	6,7	85	7,5	80	8,9	75	9,9
	0,5	<u>100</u>	<u>2,9</u>	<u>80</u>	<u>4,7</u>	<u>80</u>	<u>6,7</u>	<u>75</u>	<u>8,6</u>	<u>70</u>	<u>9,2</u>	—	—
		100	3,2	90	5,2	85	7,4	80	9,4	75	10,1	70	11,3
	0,6	<u>95</u>	<u>3,1</u>	<u>80</u>	<u>5,1</u>	<u>75</u>	<u>7,4</u>	<u>70</u>	<u>9,4</u>	<u>70</u>	<u>10,2</u>	—	—
105		3,4	85	5,6	80	8,1	75	10,3	70	11,2	65	11,5	
0,7	—	—	<u>70</u>	<u>5,3</u>	<u>70</u>	<u>7,7</u>	<u>65</u>	<u>9,6</u>	<u>65</u>	<u>10,7</u>	—	—	
	—	—	75	5,8	70	8,2	70	10,5	65	11,4	60	11,8	
0,8	—	—	<u>70</u>	<u>5,5</u>	<u>70</u>	<u>7,9</u>	<u>65</u>	<u>9,9</u>	<u>65</u>	<u>11,2</u>	—	—	
	—	—	—	—	65	8,5	65	10,7	60	11,5	55	12,0	
0,9	—	—	—	—	<u>65</u>	<u>8,1</u>	<u>60</u>	<u>10,4</u>	<u>60</u>	<u>11,8</u>	—	—	
	—	—	—	—	60	8,7	60	11,1	55	11,7	50	12,1	
1,0	—	—	—	—	<u>65</u>	<u>8,2</u>	<u>60</u>	<u>10,9</u>	<u>55</u>	<u>12,3</u>	—	—	
					60	9,0	55	11,3	50	11,8	45	12,3	
11, 12 (150... 217 НВ)	0,1	—	—	<u>155</u>	<u>3,5</u>	—	—	—	—	—	—	—	
	0,2	<u>185</u>	<u>2,5</u>	<u>145</u>	<u>4,0</u>	<u>145</u>	<u>5,8</u>	<u>130</u>	<u>7,2</u>	<u>125</u>	<u>7,9</u>	—	—
		205	2,8	165	4,4	160	6,4	145	7,9	140	8,7	135	9,3
	0,3	<u>170</u>	<u>3,2</u>	<u>140</u>	<u>5,2</u>	<u>135</u>	<u>7,6</u>	<u>125</u>	<u>9,2</u>	<u>120</u>	<u>9,9</u>	—	—
		190	3,5	155	5,7	150	8,4	135	10,1	130	10,9	125	11,6
	0,4	<u>165</u>	<u>3,7</u>	<u>130</u>	<u>6,0</u>	<u>125</u>	<u>8,8</u>	<u>115</u>	<u>10,5</u>	<u>110</u>	<u>11,4</u>	—	—
		180	4,1	145	6,6	140	9,7	125	11,5	120	12,5	120	13,9
	0,5	<u>155</u>	<u>4,3</u>	<u>125</u>	<u>6,8</u>	<u>120</u>	<u>9,8</u>	<u>110</u>	<u>12,0</u>	<u>105</u>	<u>13,0</u>	—	—
		170	4,7	135	7,5	130	10,8	120	13,2	115	14,3	110	15,3
	0,6	<u>150</u>	<u>4,6</u>	<u>115</u>	<u>7,1</u>	<u>110</u>	<u>10,4</u>	<u>105</u>	<u>13,4</u>	<u>95</u>	<u>13,9</u>	—	—
165		5,1	125	7,8	120	11,4	115	14,7	105	15,3	100	16,3	
0,7	—	—	<u>105</u>	<u>7,4</u>	<u>100</u>	<u>10,6</u>	<u>95</u>	<u>13,6</u>	<u>85</u>	<u>14,0</u>	—	—	
	—	—	115	8,1	110	11,6	105	14,9	95	15,4	90	16,4	
0,8	—	—	<u>95</u>	<u>7,8</u>	<u>90</u>	<u>10,7</u>	<u>85</u>	<u>13,7</u>	<u>75</u>	<u>14,1</u>	—	—	
	—	—	—	—	100	11,7	95	15,0	85	15,5	80	16,5	
0,9	—	—	—	—	<u>85</u>	<u>11,1</u>	<u>80</u>	<u>14,1</u>	<u>75</u>	<u>14,3</u>	—	—	
	—	—	—	—	95	12,2	90	15,5	85	15,7	75	16,5	
1,0	—	—	—	—	<u>80</u>	<u>11,6</u>	<u>75</u>	<u>14,6</u>	<u>70</u>	<u>14,7</u>	—	—	
					90	12,7	85	16,0	75	16,2	70	16,7	

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	$S_{02}$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт
11, 12, 16 (217... 269 НВ)	0,1	-	-	<u>115</u>	<u>1,8</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2	<u>135</u>	<u>2,1</u>	<u>105</u>	<u>2,6</u>	<u>100</u>	<u>4,6</u>	<u>90</u>	<u>5,6</u>	<u>85</u>	<u>6,0</u>	-	-
		150	2,3	115	2,9	110	5,1	100	6,2	95	6,6	-	-
	0,3	<u>125</u>	<u>2,5</u>	<u>100</u>	<u>4,1</u>	<u>95</u>	<u>6,0</u>	<u>85</u>	<u>7,3</u>	<u>80</u>	<u>7,8</u>	-	-
		135	2,8	110	4,5	105	6,6	95	8,0	90	8,5	-	-
	0,4	<u>115</u>	<u>2,9</u>	<u>95</u>	<u>4,9</u>	<u>90</u>	<u>7,1</u>	<u>80</u>	<u>8,1</u>	<u>80</u>	<u>8,6</u>	-	-
		125	3,2	105	5,4	100	7,8	85	8,9	85	9,5	-	-
	0,5	<u>105</u>	<u>3,2</u>	<u>85</u>	<u>5,3</u>	<u>80</u>	<u>7,6</u>	<u>75</u>	<u>9,1</u>	<u>75</u>	<u>10,3</u>	-	-
		115	3,5	95	5,9	90	8,4	80	10,0	80	11,3	-	-
	0,6	<u>100</u>	<u>3,4</u>	<u>85</u>	<u>5,7</u>	<u>75</u>	<u>8,3</u>	<u>70</u>	<u>9,9</u>	<u>70</u>	<u>11,3</u>	-	-
110		3,8	95	6,3	85	9,1	75	10,9	75	12,4	-	-	
0,7	-	-	<u>75</u>	<u>6,2</u>	<u>75</u>	<u>8,7</u>	<u>65</u>	<u>10,3</u>	<u>60</u>	<u>11,5</u>	-	-	
	-	-	85	6,8	80	9,6	70	11,4	65	12,7	-	-	
0,8	-	-	<u>70</u>	<u>6,5</u>	<u>70</u>	<u>9,0</u>	<u>60</u>	<u>10,8</u>	<u>55</u>	<u>12,2</u>	-	-	
	-	-	-	-	75	9,9	65	11,7	60	12,9	-	-	
0,9	-	-	-	-	<u>65</u>	<u>9,3</u>	<u>55</u>	<u>12,3</u>	<u>55</u>	<u>12,8</u>	-	-	
	-	-	-	-	70	10,2	60	11,9	55	13,2	-	-	
1,0	-	-	-	-	<u>60</u>	<u>10,0</u>	<u>50</u>	<u>12,5</u>	<u>50</u>	<u>13,4</u>	-	-	
					65	10,4	55	12,0	55	13,5	-	-	
11 (269... 321 НВ)	0,1	-	-	<u>100</u>	<u>2,3</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2	<u>110</u>	<u>1,9</u>	<u>90</u>	<u>3,0</u>	<u>85</u>	<u>4,4</u>	<u>75</u>	<u>5,2</u>	-	-	-	-
		125	2,1	100	3,3	95	4,8	85	5,7	80	6,4	80	6,7
	0,3	<u>100</u>	<u>2,4</u>	<u>85</u>	<u>3,8</u>	<u>80</u>	<u>5,5</u>	<u>75</u>	<u>7,0</u>	-	-	-	-
		115	2,6	90	4,2	90	6,1	80	7,7	80	8,5	75	8,8
	0,4	<u>95</u>	<u>2,8</u>	<u>75</u>	<u>4,3</u>	<u>75</u>	<u>6,5</u>	<u>70</u>	<u>7,5</u>	-	-	-	-
		105	3,1	85	4,7	80	7,1	75	8,3	70	9,4	70	10,4
	0,5	<u>85</u>	<u>3,0</u>	<u>70</u>	<u>4,8</u>	<u>70</u>	<u>6,8</u>	<u>65</u>	<u>9,0</u>	-	-	-	-
		95	3,3	80	5,3	75	7,5	70	9,9	70	10,5	70	11,7
	0,6	<u>80</u>	<u>3,3</u>	<u>70</u>	<u>5,1</u>	<u>65</u>	<u>7,7</u>	<u>65</u>	<u>9,7</u>	-	-	-	-
90		3,6	75	5,6	70	8,5	70	10,7	65	11,3	60	12,2	
0,7	-	-	<u>65</u>	<u>5,4</u>	<u>60</u>	<u>8,5</u>	<u>60</u>	<u>10,6</u>	-	-	-	-	
	-	-	70	5,9	65	8,8	60	11,1	60	11,6	55	12,8	
0,8	-	-	<u>60</u>	<u>6,8</u>	<u>55</u>	<u>9,4</u>	<u>55</u>	<u>11,7</u>	-	-	-	-	
	-	-	-	-	60	9,0	60	11,3	55	12,1	50	13,0	
0,9	-	-	-	-	<u>55</u>	<u>10,2</u>	<u>50</u>	<u>12,7</u>	-	-	-	-	
	-	-	-	-	60	9,2	55	11,8	50	12,5	45	13,2	
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					55	9,5	50	12,2	45	12,7	45	13,5	

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабаты- ваемого материала	$S_{03}$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт
11 (321... 375 НВ)	0,1	-	-	<u>80</u>	<u>1,9</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2	<u>95</u>	<u>1,7</u>	<u>70</u>	<u>2,7</u>	<u>70</u>	<u>3,8</u>	-	-	-	-	-	-
		105	1,9	80	3,0	75	4,2	70	5,3	70	5,9	65	6,2
	0,3	<u>85</u>	<u>2,2</u>	<u>70</u>	<u>3,4</u>	<u>65</u>	<u>4,9</u>	-	-	-	-	-	-
		95	2,4	75	3,8	70	5,4	65	6,7	65	7,5	60	7,8
	0,4	<u>80</u>	<u>2,5</u>	<u>65</u>	<u>4,0</u>	<u>60</u>	<u>5,6</u>	-	-	-	-	-	-
		90	2,8	70	4,4	65	6,2	60	7,7	60	8,6	55	8,8
	0,5	<u>70</u>	<u>2,7</u>	<u>60</u>	<u>4,7</u>	<u>60</u>	<u>6,2</u>	-	-	-	-	-	-
		80	3,0	65	4,9	60	6,9	55	8,4	55	9,5	55	10,6
	0,6	<u>70</u>	<u>2,9</u>	<u>60</u>	<u>5,3</u>	<u>55</u>	<u>7,0</u>	-	-	-	-	-	-
75		3,2	60	5,2	55	7,2	55	9,5	50	10,7	50	11,3	
0,7	-	-	<u>55</u>	<u>6,1</u>	<u>55</u>	<u>7,7</u>	-	-	-	-	-	-	
	-	-	55	5,4	50	7,5	55	10,8	45	11,3	45	11,6	
0,8	-	-	<u>55</u>	<u>6,7</u>	<u>50</u>	<u>8,4</u>	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	50	8,1	50	11,3	45	11,6	40	11,9	
0,9	-	-	-	-	<u>45</u>	<u>9,0</u>	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	45	8,4	45	11,9	45	11,6	35	12,1	
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	45	8,8	40	11,9	35	12,1	35	12,4	
13 (195... 280 НВ)	0,2	<u>125</u>	<u>1,9</u>	<u>100</u>	<u>3,1</u>	<u>95</u>	<u>4,4</u>	<u>85</u>	<u>5,4</u>	<u>85</u>	<u>5,7</u>	-	-
		140	2,1	110	3,4	105	4,9	95	5,9	90	6,3	90	7,1
	0,3	<u>120</u>	<u>2,4</u>	<u>95</u>	<u>4,0</u>	<u>90</u>	<u>5,8</u>	<u>85</u>	<u>7,0</u>	<u>80</u>	<u>7,4</u>	-	-
		130	2,7	105	4,4	100	6,4	90	7,7	85	8,1	85	8,9
	0,4	<u>100</u>	<u>2,8</u>	<u>85</u>	<u>4,4</u>	<u>85</u>	<u>6,5</u>	<u>80</u>	<u>8,1</u>	<u>75</u>	<u>8,6</u>	-	-
		120	3,1	95	4,9	90	7,1	85	8,9	80	9,5	80	10,5
	0,5	<u>100</u>	<u>3,1</u>	<u>85</u>	<u>5,2</u>	<u>80</u>	<u>7,2</u>	<u>75</u>	<u>9,1</u>	<u>70</u>	<u>9,6</u>	-	-
		100	3,4	90	5,7	85	8,0	80	10,0	75	10,6	75	11,9
	0,6	<u>95</u>	<u>3,4</u>	<u>80</u>	<u>5,5</u>	<u>75</u>	<u>7,8</u>	<u>70</u>	<u>9,9</u>	<u>65</u>	<u>10,5</u>	-	-
		105	3,7	85	6,0	80	8,6	75	10,9	70	11,6	70	13,0
0,7	-	-	<u>70</u>	<u>5,6</u>	<u>65</u>	<u>7,9</u>	<u>65</u>	<u>10,4</u>	<u>60</u>	<u>11,0</u>	-	-	
	-	-	75	6,1	70	8,7	70	11,4	65	12,1	60	13,2	
0,8	-	-	-	-	<u>60</u>	<u>8,1</u>	<u>60</u>	<u>10,6</u>	-	-	-	-	
	-	-	-	-	65	8,9	65	11,7	60	12,3	55	13,4	
0,9	-	-	-	-	<u>60</u>	<u>8,2</u>	<u>60</u>	<u>10,8</u>	-	-	-	-	
	-	-	-	-	65	9,0	60	11,9	55	12,4	50	13,7	
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	60	9,6	55	12,1	50	12,5	50	13,9	

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	$S_{02}$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт
17 (143... 207 НВ)	0,1	— 120	— 1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	105	1,4	90	2,4	90	4,1	75	4,3	65	5,1	—	—
		115	1,6	95	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,3	100	1,8	85	3,1	80	4,4	65	4,5	55	5,9	—	—
		110	2,0	90	3,4	85	4,8	65	5,0	60	5,2	60	5,7
	0,4	95	2,2	80	3,8	75	5,1	65	5,4	55	6,3	—	—
		105	2,4	90	4,2	80	5,6	60	5,7	55	6,0	55	6,6
	0,5	90	2,4	80	4,4	70	5,8	60	6,2	50	6,8	—	—
		95	2,6	85	4,8	75	6,4	55	6,3	55	7,1	50	7,3
	0,6	80	2,5	75	4,6	65	5,9	60	6,7	50	7,2	—	—
90		2,8	80	5,1	65	6,3	55	7,3	50	7,6	50	8,5	
0,7	—	—	70	4,9	60	6,3	55	7,3	50	8,4	—	—	
			75	5,4	60	6,5	50	7,5	50	8,4	45	8,6	
0,8	—	—	—	—	60	6,9	55	8,9	45	9,7	—	—	
			65	5,5	55	6,7	50	8,2	45	8,5	45	9,4	
0,9	—	—	—	—	55	7,4	50	9,9	45	10,4	—	—	
			60	5,7	55	7,3	45	8,4	—	—	—	—	
1,0	—	—	—	—	50	8,1	50	10,8	40	11,0	—	—	
			50	5,8	50	7,4	45	8,8	—	—	—	—	
17 (163... 229 НВ)	0,1	— 100	— 0,9	85	1,5	—	—	—	—	—	—	—	
	0,2	85	1,3	75	2,2	75	2,8	65	3,6	60	4,7	—	—
		95	1,4	80	2,4	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,3	85	1,6	70	2,7	70	3,9	60	4,2	60	5,4	—	—
		90	1,8	75	3,0	70	4,3	55	4,6	50	4,9	50	5,2
	0,4	80	1,9	70	3,4	70	4,4	60	4,9	55	6,2	—	—
		85	2,1	75	3,8	65	4,9	50	4,8	45	5,3	45	5,9
	0,5	75	2,2	65	3,8	65	5,1	55	5,5	55	7,0	—	—
		80	2,4	70	4,2	60	5,5	45	5,6	45	6,3	40	6,6
	0,6	70	2,4	65	4,2	65	5,9	55	6,3	50	7,8	—	—
75		2,7	65	4,5	55	5,8	45	6,5	40	6,6	40	7,7	
0,7	—	—	60	4,9	60	6,5	50	7,1	50	8,7	—	—	
			60	4,7	50	6,0	40	6,8	40	7,2	35	7,7	
0,8	—	—	60	5,4	60	7,3	50	8,2	45	10,2	—	—	
			55	4,9	45	6,3	40	7,1	35	7,5	35	8,0	
0,9	—	—	—	—	55	8,8	45	9,8	40	11,0	—	—	
			50	5,1	45	6,5	35	7,3	—	—	—	—	
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			40	5,3	40	6,8	35	7,5	—	—	—	—	



Продолжение табл. 3.27

Группа обрабаты- ваемого материала	S <sub>ср</sub> , мм/об	Глубина резания t, мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт	v, м/мин	N <sub>з</sub> , кВт
18 (120... 140 HB)	0,1	— 215	170 1,6	2,7 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	180	2,3	155	3,8	150	5,7	120	6,8	115	7,7	—	—
		205	2,6	175	4,4	160	6,5	—	—	—	—	—	—
	0,3	160	2,7	140	4,4	135	6,5	110	7,6	105	8,5	—	—
		185	3,5	160	5,1	155	7,5	125	8,7	120	9,7	120	10,2
	0,4	145	3,3	120	4,8	120	7,3	100	8,2	95	9,3	—	—
		165	3,5	135	5,5	135	8,3	115	9,4	110	10,6	105	11,3
	0,5	130	3,3	110	5,6	105	8,1	85	8,9	85	10,2	—	—
		150	3,8	125	6,4	120	9,2	100	10,2	100	11,6	95	12,3
	0,6	125	3,6	100	6,1	95	8,5	80	9,3	80	10,7	—	—
		145	4,1	115	6,9	110	9,7	90	10,6	90	12,2	85	12,9
	0,7	—	—	95	6,3	90	9,4	75	10,0	75	11,1	—	—
		—	—	100	7,2	105	10,7	85	11,3	85	12,8	80	13,5
	0,8	—	—	85	6,6	85	9,9	70	10,3	70	11,7	—	—
—		—	—	—	100	11,3	80	11,8	80	13,3	75	14,0	
0,9	—	—	—	—	85	10,3	65	11,3	65	12,0	—	—	
	—	—	—	—	95	11,8	75	12,9	70	13,7	65	14,5	
1,0	—	—	—	—	80	10,8	60	11,6	60	12,4	—	—	
	—	—	—	—	90	12,3	70	13,2	65	14,2	60	14,9	
1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	—	—	65	13,3	60	14,8	55	15,3	
1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—	—	—	65	15,1	55	15,7	50	16,0	
18 (130... 170 HB)	0,2	135	1,9	120	3,2	115	4,7	95	5,5	95	6,1	—	—
		115	2,2	135	5,3	130	—	—	—	—	—	—	—
	0,3	120	2,2	105	3,6	95	5,4	85	6,2	85	7,0	—	—
		140	2,5	120	4,1	100	6,1	95	7,1	95	7,9	90	8,3
	0,4	110	2,5	90	4,1	90	6,0	76	6,9	75	7,7	—	—
		125	2,8	105	4,6	100	6,8	85	7,8	85	8,8	80	9,3
	0,5	100	2,7	85	4,6	80	6,5	65	7,3	65	8,2	—	—
		115	3,1	95	5,2	90	7,4	75	8,3	75	9,4	70	8,9
0,6	95	3,0	80	4,9	75	7,0	60	7,9	60	9,0	—	—	
	110	3,4	90	5,6	85	8,0	70	9,0	70	10,2	65	10,7	
0,7	—	—	75	5,3	75	7,8	55	8,3	60	9,3	—	—	
	—	—	85	6,0	85	8,9	65	9,4	65	10,6	60	11,0	
0,8	—	—	70	5,7	70	8,2	50	8,5	50	9,5	—	—	
	—	—	—	—	80	9,3	60	9,6	60	10,8	55	11,2	

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	$S_{\text{об}}$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_3$ , кВт
18 (130... 170 НВ)	0,9	—	—	—	—	<u>65</u> 75	<u>8,5</u> 9,6	<u>50</u> 60	<u>9,2</u> 10,4	<u>45</u> 55	<u>9,5</u> 10,9	—	—
	1,0	—	—	—	—	<u>60</u> 70	<u>8,7</u> 9,8	<u>45</u> 55	<u>9,4</u> 10,5	<u>45</u> 50	<u>9,8</u> 11,2	—	—
	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18 (170... 229 НВ)	0,2	<u>90</u> 100	<u>1,3</u> 1,5	<u>80</u> 90	<u>2,2</u> 2,5	<u>75</u> 85	<u>3,3</u> 3,8	<u>65</u> —	<u>3,9</u> —	<u>60</u> —	<u>4,3</u> —	—	—
	0,3	<u>80</u> 90	<u>1,6</u> 1,8	<u>70</u> 80	<u>2,6</u> 3,0	<u>65</u> 70	<u>3,8</u> 4,3	<u>55</u> 65	<u>4,4</u> 5,0	<u>55</u> 65	<u>4,8</u> 5,5	—	—
	0,4	<u>70</u> 85	<u>1,8</u> 2,0	<u>60</u> 70	<u>2,9</u> 3,3	<u>60</u> 70	<u>4,3</u> 4,9	<u>50</u> 55	<u>4,6</u> 5,2	<u>50</u> 60	<u>5,5</u> 6,2	—	—
	0,5	<u>70</u> 75	<u>2,0</u> 2,3	<u>55</u> 65	<u>3,3</u> 3,7	<u>55</u> 60	<u>4,8</u> 5,5	<u>45</u> 50	<u>4,9</u> 5,6	<u>45</u> 50	<u>5,8</u> 6,6	—	—
	0,6	<u>65</u> 70	<u>2,2</u> 2,4	<u>50</u> 60	<u>3,6</u> 4,1	<u>50</u> 55	<u>5,1</u> 5,8	<u>40</u> 50	<u>5,6</u> 6,4	<u>40</u> 50	<u>6,2</u> 7,0	—	—
	0,7	—	—	<u>50</u> 55	<u>3,8</u> 4,3	<u>50</u> 55	<u>5,6</u> 6,4	<u>35</u> 45	<u>5,8</u> 6,5	<u>35</u> 45	<u>6,7</u> 7,6	—	—
	0,8	—	—	<u>45</u> —	<u>4,3</u> —	<u>45</u> 55	<u>5,8</u> 6,5	<u>35</u> 40	<u>6,2</u> 7,1	<u>35</u> 40	<u>6,9</u> 7,8	—	—
	0,9	—	—	—	—	<u>40</u> 50	<u>6,0</u> 6,8	<u>30</u> 40	<u>6,9</u> 7,8	<u>30</u> 40	<u>7,1</u> 8,1	—	—
	1,0	—	—	—	—	<u>40</u> 50	<u>6,2</u> 7,6	<u>30</u> 40	<u>7,0</u> 8,0	<u>30</u> 35	<u>7,5</u> 8,5	—	—
	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18 (265... 285 НВ)	0,1	<u>65</u> 75	<u>0,6</u> 0,7	<u>60</u> —	<u>1,1</u> —	—	—	—	—	—	—	—
0,2		<u>60</u> 70	<u>1,0</u> 1,1	<u>60</u> 65	<u>1,8</u> 2,1	<u>55</u> 60	<u>2,6</u> 2,9	<u>50</u> —	<u>2,2</u> —	—	—	—	—
0,3		<u>55</u> 65	<u>1,3</u> 1,4	<u>50</u> 55	<u>2,1</u> 2,4	<u>50</u> 50	<u>3,0</u> 3,3	<u>45</u> 45	<u>3,3</u> 3,6	<u>45</u> —	<u>4,0</u> —	<u>45</u> —	<u>4,5</u> —
0,4		<u>50</u> 60	<u>1,4</u> 1,6	<u>45</u> 50	<u>2,4</u> 2,7	<u>45</u> 50	<u>3,3</u> 3,7	<u>40</u> 40	<u>3,9</u> 4,4	<u>40</u> —	<u>4,7</u> —	<u>40</u> —	<u>4,9</u> —

Продолжение табл. 3.27

Группа обрабатываемого материала	$S_{03}$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм											
		До 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 6		Св. 6 до 8		Св. 8 до 10		Св. 10	
		$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт	$v$ , м/мин	$N_p$ , кВт
18 (265... 285 НВ)	0,5	<u>45</u>	<u>1,6</u>	40	<u>2,5</u>	<u>40</u>	<u>3,5</u>	<u>35</u>	<u>4,1</u>	<u>35</u>	<u>5,0</u>	<u>35</u>	<u>5,4</u>
		55	1,8	40	2,8	40	4,0	35	4,7	—	—	—	—
	0,6	<u>40</u>	<u>1,8</u>	<u>35</u>	<u>2,6</u>	<u>35</u>	<u>3,6</u>	<u>35</u>	<u>4,3</u>	<u>35</u>	<u>5,4</u>	<u>35</u>	<u>6,0</u>
		50	1,9	40	3,5	35	4,1	35	4,8	—	—	—	—
	0,7	—	—	<u>35</u>	<u>2,7</u>	<u>35</u>	<u>4,0</u>	<u>30</u>	<u>4,7</u>	<u>35</u>	<u>6,0</u>	—	—
				35	3,1	35	4,5	35	5,3	—	—	—	—
	0,8	—	—	<u>30</u>	<u>4,3</u>	<u>30</u>	<u>5,1</u>	<u>30</u>	<u>5,8</u>	<u>35</u>	<u>6,6</u>	—	—
			—	—	35	4,9	35	5,8	—	—	—	—	
0,9	—	—	—	—	<u>30</u>	<u>4,4</u>	<u>25</u>	<u>6,5</u>	—	—	—	—	
					35	5,0	—	—	—	—	—	—	
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					35	5,2	—	—	—	—	—	—	

Примечание. В числителе указаны режимы для станков с ЧПУ, в знаменателе – для универсальных станков.

### 3.28. Поправочные коэффициенты $K_{v1}$ на скорость резания в зависимости от марки инструментального материала

Глубина резания $t$ , мм	Группа обрабатываемого материала			
	1–16, 17 (143...207 НВ)		17 (163...295 НВ), 18	
	Марка инструментального материала	$K_{v1}$	Марка инструментального материала	$K_{v1}$
<b>При черновом точении</b>				
До 1	T14K8	1,0	BK6	1,0
От 1 до 2	T5K10	0,85	BK8	0,85
Св. 2 до 6	T5K10	1,0	BK8	1,0
	T14K8	1,1	BK6	1,1
Св. 6 до 10	T5K12B	1,0	BK8-B	1,0
Св. 10	T5K10	1,1	BK8	1,2
<b>При чистовом точении</b>				
До 1	T15K6	1,0	BK3-M	1,0
	T14K8	0,8		0,9
От 1 до 2	T5K10	0,7	BK6	0,85
Св. 2 до 6	T14K8	1,0	BK4, BK6	1,0
	T15K6	1,15	BK3-M	1,20
	T5K10	0,85	BK8	0,85
Св. 6 до 8	T5K10	1,0	BK8	1,0
Св. 8	T14K8	1,1	BK6	1,1

### 3.29. Поправочные коэффициенты $K_{v2}$ и $K_{v3}$ на скорость резания при растачивании и поперечном точении

$d$ , мм	$K_{v2}$	$d_{\min}/d_{\max}$	$K_{v3}$
<b>Растачивание</b>		<b>Поперечное точение</b>	
$\geq 75$	1,0	0,5...0,7	1,25
$< 75$	0,84	0,7...1,0	1,05

### 3.30. Поправочные коэффициенты $K_{v4}$ на скорость резания в зависимости от принятой стойкости $T$ инструмента

$T$ , мин	15...20	30...40	40...50	60...70	100...120
$K_{v4}$	1,2	1,0	0,95	0,8	0,65

Режимы резания инструментом из композита выбирают исходя из оптимального сочетания скорости резания, глубины резания и подачи, обеспечивающих наименьшие затраты при необходимом качестве обработки. Глубина резания ограничивается размерами поликристаллов и не превышает 1,5 мм для композита 01 и 02, 2 мм – для композита 10 и 3 мм – для композита 05. При чистой обработке материалов высокой твердости за переход рекомендуется снимать припуск не более 0,1...0,2 мм, а при обработке чугунов твердостью 150...260 НВ и цветных сплавов — не более 0,4...0,6 мм. Рекомендуемые режимы резания в зависимости от вида обработки, марки применяемого композита, а также марки обрабатываемого материала приведены в табл. 3.31. Они справедливы для резцов со следующей геометрией:  $\alpha < 8...12^\circ$ ;  $\gamma - 8...15^\circ$ ;  $\varepsilon \geq 120...140^\circ$ ; радиус при вершине резца  $r \geq 0,4...0,8$  мм. При увеличении угла в плане  $\phi$  и, следовательно, уменьшении угла при вершине  $\varepsilon$ , а также при увеличении глубины резания нужно уменьшить подачу.

При обработке материалов с повышенной вязкостью или, наоборот, с повышенной хрупкостью иногда приходится прибегать к созданию инструмента с  $\gamma = 8^\circ$  путем шлифования уступов или выкружек. В таких случаях необходимо увеличить радиус при вершине резца до  $r = 0,8...1,6$  мм, обратив особое внимание на тщательность его доводки. Уменьшение радиуса до значений менее 0,3 мм нецелесообразно, так как это резко повышает опасность выхода инструмента из строя из-за скола или выкрашивания вершины. Кроме того, уменьшение радиуса приводит к существенному увеличению шероховатости обработанной поверхности.

При точении заготовок с неравномерным припуском по корке сталей высокой твердости или чугунного литья наличие радиуса  $r = 0,8...1,0$  мм при вершине является необходимым условием надежной работы резцов из композита.

## 3.31. Режимы резания при точении и растачивании инструментом из композита

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Марка композита	Режим резания		
			$v$ , м/мин	$S_0$ , мм/об	
Стали инструментальные, легированные, конструкционные и подшипниковые, закаленные до $41,5 \leq \text{HRC} \leq 59 \dots 61$	Получистовая	05 10	$\underline{50 \dots 100}$ 40...80	$\underline{0,1 \dots 0,2}$ 0,1...0,15	$\underline{1,0 \dots 2,0}$ 0,8...1,5
	Чистовая	05; 01; 02 10; 09	$\underline{60 \dots 120}$ 50...90	$\underline{0,04 \dots 0,08}$ 0,04...0,07	$\underline{0,4 \dots 1,0}$ 0,3...0,5
	Тонкая	01; 02 10; 09	$\underline{60 \dots 160}$ 60...100	$\underline{0,005 \dots 0,02}$ 0,005...0,02	$\underline{0,05 \dots 0,2}$ 0,05...0,1
Стали быстрорежущие, инструментальные и подшипниковые, закаленные до $59 \dots 61 \leq \text{HRC} \leq 69 \dots 71$	Чистовая	01; 02 09; 10	$\underline{60 \dots 120}$ 40...70	$\underline{0,03 \dots 0,07}$ 0,03...0,07	$\underline{0,2 \dots 0,8}$ 0,2...0,4
	Тонкая	01; 02 09; 10	$\underline{60 \dots 110}$ 50...80	$\underline{0,005 \dots 0,02}$ 0,005...0,02	$\underline{0,05 \dots 0,1}$ 0,05...0,1
	Получистовая	05 10; 05	$\underline{300 \dots 600}$ 200...400	$\underline{0,1 \dots 0,3}$ 0,1...0,2	$\underline{1 \dots 3}$ 0,8...1,5
Чугуны серые и высокопрочные, 150...270 HB	Чистовая	05; 01; 02 10; 09; 05 01; 02	$\underline{400 \dots 900}$ 300...500	$\underline{0,02 \dots 0,08}$ 0,02...0,08	$\underline{0,2 \dots 0,6}$ 0,2...0,4
	Получистовая	05; 10 10	$\underline{100 \dots 160}$ 60...100	$\underline{0,1 \dots 0,2}$ 0,1...0,15	$\underline{1,0 \dots 2,0}$ 0,8...1,5
	Чистовая	05; 01; 02 10; 09	$\underline{100 \dots 200}$ 60...100	$\underline{0,02 \dots 0,08}$ 0,02...0,06	$\underline{0,1 \dots 0,5}$ 0,1...0,3
Чугуны отбеленные, закаленные, 400...600 HB	Чистовая	10	$\underline{5 \dots 10}$ —	$\underline{0,04 \dots 0,08}$ —	$\underline{0,4 \dots 0,8}$ —
	Тонкая	10; 01; 02	$\underline{8 \dots 12}$ —	$\underline{0,005 \dots 0,02}$ —	$\underline{0,05 \dots 0,1}$ —
	Примечание. В числителе даны режимы резания при обработке с равномерным припуском, в знаменателе — с неравномерным.				

Также для назначения режимов резания токарной обработки можно использовать справочники технолога-машиностроителя, где приводятся степенные зависимости для определения скоростей резания и рекомендации по выбору подач [4, 19].

Кроме этого имеются методики по назначению режимов резания токарной обработки с учетом заданных параметров качества поверхностного слоя и точности обработки [20]. Такие методики учитывают физико-механические характеристики обрабатываемого и инструментального материалов и жесткость технологической системы.

При использовании инструментальных материалов зарубежных фирм (ISCAR Member IMC Group, SANDVIK Coromant и др.) режимы обработки приводятся в технических справочниках этих фирм.



## Глава 4

# СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

---

---

Улучшение обрабатываемости материалов при использовании в процессе резания СОТС (смазочно-охлаждающих технологических средства) является результатом их физико-химических воздействий на обрабатываемый материал. Ко всем видам СОТС предъявляют следующие требования: они не должны снижать эксплуатационных характеристик деталей, изготовленных при их применении, и, прежде всего, коррозионной стойкости и прочности при ударных, знакопеременных и статических нагрузках; должны быть устойчивыми при эксплуатации и хранении; не должны воспламеняться при температурах, сопровождающих процесс резания; не должны оказывать вредного воздействия на слизистые оболочки и кожный покров работающих и иметь запах; не должны образовывать пену и дым, смешиваться с машинными маслами и вызывать коррозию оборудования.

Применение СОТС при обработке резанием увеличивает стойкость режущего инструмента, снижает силу резания и температуру в зоне обработки, улучшает качество поверхности, повышает усталостную прочность детали и другие ее эксплуатационные характеристики.

Проникновению СОТС в зону резания способствуют зазоры молекулярного порядка между стружкой и передней поверхностью инструмента, а также наличие ультрамикроскопических и микроскопических трещин в зоне стружкообразования, периодические процессы срыва стружки и образования частиц нароста, вибрации, возникающие в процессе обработки и вызывающие периодическое образование полостей на контактных поверхностях относительных перемещений инструмента и заготовки.

Существует четыре вида СОТС: твердые, пластичные, жидкие и газообразные.

В качестве твердых смазочных материалов (ТСМ) используют различные твердые вещества:

– неорганические материалы со слоистой структурой: тальк, слюду, графит, дисульфиды молибдена, вольфрама и титана, буру, нитрид бора, бромиды олова и кадмия, сульфат серебра, подиды висмута, никеля и кадмия, фталоцианин, селениды и теллуриды вольфрама;

- твердые органические соединения: мыло, воск, твердые жиры;
- полимерные пленки и ткани: нейлон, полиэтилен, полиамид, политетрафторэтилен, полифенилсилоксаны, термопластичные и фторированные полимеры;
- металлические пленочные покрытия: медь, латунь, свинец, олово, барий, цинк;
- лед и перешедшие при низких температурах в твердое состояние жидкости и газы.

Пластичные смазочные материалы (ПСМ) – густые мазеобразные продукты, занимающие по консистенции промежуточное положение между твердыми и жидкими смазочными материалами. Основными их свойствами является упруго-вязко-пластический характер деформирования под нагрузкой. Их получают загущением минеральных и синтетических масел, содержание которых в СОЖ колеблется от 5 до 30 %. Применяют в основном четыре вида загустителей: мыльные, углеводородные, неорганические и органические.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) являются самой распространенной технологической средой, обладающей (по сравнению с твердыми и пластичными смазывающими веществами) охлаждающей, проникающей и моющей способностью.

В зависимости от физико-химических особенностей основной фазы СОЖ подразделяют на водные (водосмешиваемые), масляные и специальные (основная фаза – животные и растительные масла), синтетические масла, органические жидкости и расплавы металлов.

Водные СОЖ в зависимости от дисперсности компонентов, вводимых в основную фазу, разделяют на четыре группы: растворы электролитов, синтетические СОЖ, полусинтетические и эмульсии. В масляные СОЖ входят базовое минеральное масло (60...100 % массы СОЖ) и различные присадки. По химическому составу минеральное масло представляет собой сложную смесь высокомолекулярных углеводородов, которые условно подразделяют на нафтеновые, ароматические, нафтенно-ароматические и парафиновые.

В качестве смазочно-охлаждающей газообразной среды наибольшее распространение получил атмосферный воздух. Он является также основой для создания различных аэрозолей. Для охлаждения используют также пары сжиженных газов (двуокиси углерода, азота, кислорода, воздуха), а также пары твердых и жидких веществ, образующихся при их нагреве и разложении.

Рекомендации по применению СОЖ на операциях токарной обработки различных обрабатываемых материалов приведены в табл. 4.1–4.9.

#### 4.1. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из чугунов

Технологическая операция	Рекомендуемые СОЖ	
	Водные	Масляные
Точение; растачивание; отрезка	<p>Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Автокат Ф-78, 1,5...7%-ная эмульсия; Аминил-М марки Д, 2...5%-ная микроэмульсия; Аминил-ОР; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; Виктория-1, -2, 1,5...10%-ная микроэмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Волгол-300, 3...10%-ная микроэмульсия; ВПК, 5%-ный водный раствор; Гретирол, 2...5%-ный раствор; Ивкат, 2...4%-ная микроэмульсия; ОМ (АЗМОЛ ОМ); ОСД, 1...2%-ная микроэмульсия; Сувар-3М, 1...3%-ный раствор; Эмульсол ЕРМ, 5...10%-ная эмульсия; Эмульсол Тариан, 5...10%-ная эмульсия; ЯЗ-1, 5%-ная эмульсия</p>	<p>ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗН-СОЖ-11; МР-17 марок А и В; Ольвит МОР-У; Полиэд-1; РЖ-8</p>
Обработка заготовок на токарных автоматах и полуавтоматах	<p>Лубрисол Э-89; Лубрисол Э-90</p>	<p>ОСМ-3; ЛЗ-23М, 20%-ный раствор в минеральном масле; МР-17 марок Б и В; Росойл-320; Росойл МР-1; Росойл-МР-7; Росойл-МР-99</p>
Сверление; зенкерование	<p>Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Автокат Ф-78, 1,5...7%-ная эмульсия; Аминил-М марки Д, 2...5%-ная микроэмульсия; Аминил-ОР; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; Виктория -1, -2, 1,5...10%-ная микроэмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Волгол-300, 3...10%-ная микроэмульсия; ВПК, 5%-ный водный раствор; Гретирол, 2...5%-ный раствор; Ивкат, 2...4%-ная микроэмульсия; ОМ (АЗМОЛ ОМ), ОСД, 1...2%-ная микроэмульсия; Сувар-3М, 1...3%-ный раствор; Эмульсол ЕРМ, 5...10%-ная эмульсия; Эмульсол Тариан, 5...10%-ная эмульсия; ЯЗ-1, 5%-ная эмульсия</p>	<p>ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗ-СОЖ-1МИО; ЛЗН-СОЖ-11; МР-17 марок Б и В; Ольвит МОР-У; Полиэд-1</p>

Окончание табл. 4.1

Технологическая операция	Рекомендуемые СОЖ	
	Водные	Масляные
Глубокое сверление	Вексанол 5, 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия	ОСМ-3; ЛЗ-СОЖ-1МИО; МР-17 марок Б и В; Росойл-1МИО; Росойл-МР-99; Росойл-ОСМ-5
Развертывание	Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Автокат Ф-78, 1,5...7%-ная эмульсия; Аквэхом-К, 3...7%-ная эмульсия; Вексанол 5, 3...10%-ная эмульсия; Лубрисол Э-89; Лубрисол Э-96, 3...8%-ная эмульсия; Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; ТУВ-95, 3...5%-ная эмульсия	ОСМ-3; В-3 марок А и М; Ольвит МОР-У; Полиэд-1; РЖ-8; Росойл-305; Росойл-320; Росойл-МР-3; Росойл-ОСМ-5
Резьбо-нарезание	Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ	ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗ-23М, 20%-ный раствор в минеральном масле; ЛЗ-СОЖ-ШП; ЛЗН-СОЖ-11; МР-17 марок Б и В; Росойл-320; Росойл-1МП; Росойл-МР-1; Росойл-МР-3; Росойл-МР-7; Росойл-ОСМ-5



#### 4.2. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из конструкционных углеродистых и легированных сталей

Технологическая операция	СОЖ	
	Водные	Масляные
Точение; растачивание; отрезка	Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Акванол АЗМОЛ, 5...8%-ная микроэмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Аминил-М марки Д, 2...5%-ная микроэмульсия; Аминил-ОР; АТМ-СОЖ-1, 3...5%-ная эмульсия; Вексанол-3, 5%-ная эмульсия; Ивкат, 2...4%-ная микроэмульсия; ИНКАМ-3, 3%-ная эмульсия; Инкомет-1, 3...15%-ная микроэмульсия; Линнол-1, 5...7%-ная эмульсия; ОМ (АЗМОЛ ОМ); ТУВ-95, 3...5%-ная эмульсия; ЯЗ-1, 5%-ная эмульсия	АЗМОЛ МР-3; АРИАН МР-7; АРИАН МР-И; ОСМ-3; АЗМОЛ МР-3; Лубрисол М-92, 5...50%-ный раствор в индустриальных маслах; МР-6; МР-11 марок А и Б; МР-17; МСВ-22; МЭП-1; ОСМ-5М; Полиэд-1; Росойл-320; Росойл-МР-1; Росойл-МР-4; Росойл-МР-11; Росойл-ОСМ-5; СП-44, 10...50%-ный раствор в минеральном масле
Обработка заготовок на токарных автоматах и полуавтоматах	Лубрисол Э-89; Лубрисол Э-96, 3...8%-ная эмульсия	АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; АРИАН МР-И; ОСМ-3; ЛЗ-23М, 20%-ный раствор в минеральном масле; МЛ-1; МР-1У; МР-4П; МР-7; МР-11 марок А и Б; МР-17; МСВ-22; МЭП-1; РС-1; РС-2; СП-4
Сверление; зенкерование	Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Акванол АЗМОЛ, 5...8%-ная микроэмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Аминил-М марки Д, 2...5%-ная микроэмульсия; Аминил-ОР; АТМ-СОЖ-1, 3...5%-ная эмульсия; Вексанол-3, 5%-ная эмульсия; Ивкат, 2...4%-ная микроэмульсия; ИНКАМ-3, 3%-ная эмульсия; Инкомет-1, 3...15%-ная микроэмульсия; Линнол-1, 5...7%-ная эмульсия; ОМ (АЗМОЛ ОМ); ТУВ-95, 3...5%-ная эмульсия; ЯЗ-1, 5%-ная эмульсия	АЗМОЛ МР-3; АРИАН МР-7; АРИАН МР-И; ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗ-СОЖ-1МИО; Лубрисол М-92, 5...50%-ный раствор в индустриальных маслах; МР-6; МР-11 марок А и Б; МР-17; МСВ-22; МЭП-1; Ольвит МОР-У; ОСМ-5М; Полиэд-1; Росойл-320; Росойл-ИМИО; Росойл-МР-1; Росойл-МР-4; Росойл-МР-99; Росойл-ОСМ-5; РС-1; РС-2

Окончание табл. 4.2

Технологическая операция	СОЖ	
	Водные	Масляные
Глубокое сверление	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол 5, 3...10%-ная эмульсия	АЗМОЛ МР-3; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3; МР-7; МР-17 марок Б и В; МСВ-15; Росойл-101; Росойл-МР-4; Росойл-МР-6; Росойл-МР-11; Росойл-ОСМ-5
Развертывание	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол 5, 3...10%-ная эмульсия; НГЛ-205, -205Р, 3...10%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Росойл-50, 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ	В-3 марок А и М; ЛЗ-СОЖ-15; МР-4; МР-4П; Оливит МОР-У; Полиэд-1; Росойл-101; Росойл-МР-3; Росойл-МР-6; Росойл-ОСМ-5
Резьбонарезание	Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М, АЗМОЛ	АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; АРИАН МР-И; ОСМ-3; ЛЗ-СОЖ-1Г; ЛЗ-СОЖ-15; ЛЗН-СОЖ-11; МР-1У; МР-4П; МР-7; МР-11 марок А и Б; МР-17 марок Б и В; МСВ-15; Оливит МОР-У; Росойл-МР-1; Росойл-МР-4; Росойл-МР-7; Росойл-МР-11; Росойл-ОСМ-5; СП-44, 10...50%-ный раствор в минеральном масле

### 4.3. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из инструментальных сталей и сплавов

Технологическая операция	СОЖ	
	Водные	Масляные
Точение; растачивание; отрезка	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ; Эфтол, 2...5%-ный раствор	АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3, В-3 марок А и М; МР-4; МР-17; МСВ-15; Росойл-101; Росойл-МР-1; Росойл-МР-3; Росойл-МР-7; Росойл-МР-99
Обработка заготовок на токарных автоматах и полуавтоматах	Лубрисол Э-89; Лубрисол Э-96, 3...8%-ная эмульсия	АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3; МР-4; МР-4П; МР-7; МР-17; Росойл-МР-4; Росойл-МР-99; Росойл-ОСМ
Сверление; зенкерование	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ; Эфтол, 2...5%-ный раствор	АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3, В-3 марок А и М; МР-4; МР-17; МСВ-15; Росойл-МР-1; Росойл-МР-3; Росойл-МР-7; Росойл-МР-99; Росойл-ОСМ-5
Глубокое сверление	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия	АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3, МР-7; МР-17; Росойл-101; Росойл-МР-3; Росойл-МР-4; Росойл-МР-6; Росойл-ОСМ-5
Развертывание	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ	В-3 марок А и М; МР-4; МР-4П; Росойл-101; Росойл-МР-3; Росойл-МР-6; Росойл-ОСМ-5
Резьбонарезание	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ	В-3 марок А и М; МР-4, МР-4П; Росойл-101; Росойл-МР-3; Росойл-МР-6; Росойл-ОСМ-5

#### 4.4. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов

Технологическая операция	СОЖ		Масляные
	Водные		
Точение; растачивание; отрезка	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Росойл-50, 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ; Универсал-1 СОЖ марки Б, 3...10%-ная эмульсия; Универсал-1 СОЖ марки ПС, 2...10%-ная микроэмульсия; Эфтол, 2...5%-ный раствор		АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3; В-3 марок А и М; МР-4; МСВ-15; Росойл-101; Росойл-МР-3; Росойл-МР-4; Росойл-МР-7
Обработка заготовок на токарных автоматах и полуавтоматах	—		АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3, В-3 марок А и М; МР-4; МСВ-15; Росойл-МР; Росойл-МР-7
Сверление; зенкерование	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Росойл-50, 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ; Эфтол, 2...5%-ный раствор		АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3, В-3 марок А и М; МР-4; МСВ-15; Росойл-101; Росойл-МР-3; Росойл-МР-4; Росойл-МР-6

Продолжение табл. 4.4

Технологическая операция	СОЖ		Масляные
	Водные		
Глубокое сверление	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия	АЗМОЛ МР-7В; ОСМ-3; МР-1У; МР-7; МСВ-15; Росойл-МР-3	
Развертывание	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол 5, 3...10%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; Росойл-50, 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ; Универсал-1 СОЖ, Универсал-1 СОЖ марки Б, 3...10%-ная эмульсия; Эфтол, 2...5%-ный раствор	АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; В-3 марок А и М; ЛЗ-СОЖ-15; МР-4; МР-17; Росойл-МР-3; Росойл-МР-4; Росойл-МР-6; Росойл-МР-99	
Резьбонарезание	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол 5, 3...10%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; Росойл-50, 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Универсал-1 СОЖ	АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗ-СОЖ-15; МР-4; МР-17; Росойл-МР-3; Росойл-МР-4; Росойл-МР-7	

## 4.5. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из высокопрочных сталей

Технологическая операция	СОЖ		Масляные
	Водные		
Точение; растачивание; отрезка	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Карбол С-1П, 2...5%-ный раствор; Купрол, 1...3%-ный раствор; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Универсал-1 СОЖ; Универсал-1 СОЖ марки Б, 3...10%-ная эмульсия; Универсал-1 СОЖ марки ПС, 2...10%-ная микроэмульсия		АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3; В-3 марок А и М; МР-1У; МР-4; Росойл-101; Росойл-МР-1; Росойл-МР-4; Росойл-МР-7; Росойл-МР-11; Росойл-МР-99
Обработка заготовок на токарных автоматах и полуавтоматах	—		АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-И; ОСМ-3; МЛ-1; МР-1У; МР-7; МР-11 марок А и Б; ОСМ-5М; Росойл-МР-7; Росойл-ОСМ-5
Сверление; зенкерование	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Вексанол-5, 3...10%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Карбол С-1П, 2...5%-ный раствор; Купрол, 1...3%-ный раствор; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Универсал-1 СОЖ марки Б, 3...10%-ная эмульсия; Универсал-1 СОЖ марки ПС, 2...10%-ная микроэмульсия		АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3, В-3 марок А и М; МР-1У; Росойл-101; Росойл-МР-1; Росойл-МР-4; Росойл-МР-7; Росойл-МР-11; Росойл-МР-99
Глубокое сверление	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор		АЗМОЛ МР-7В; ОСМ-3; МР-1У; МР-7; МР-17 марок Б и В; МСВ-15; Росойл-МР-3; Росойл-МР-7; Росойл-МР-99

Окончание табл. 4.5

Технологическая операция	СОЖ		Масляные
	Водные	СОЖ	
Развертывание	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор		ОСМ-3; В-3 марка А, М; ЛЗ-СОЖ-15; МР-4П; Ольвит МОР-У; Поли-эд-1; Росойл-МР-4; Росойл-МР-6; Росойл-МР-99
Резьбонарезание	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ		АЗМОЛ МР-6; АЗМОЛ МР-7В; АРИАН МР-7; ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗ-СОЖ-1Т; ЛЗ-СОЖ-15; МР-1У; МР-6; МСВ-15; Росойл-МР-6; Росойл-МР-99

#### 4.6. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из титановых сплавов

Технологическая операция	СОЖ		Масляные
	Водные	СОЖ	
Точение; растачивание; отрезка	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия, РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М, АЗМОЛ; Эфтол, 2...5%-ный раствор		АЗМОЛ МР-6; ОСМ-3; МР-4; МР-6; МР-17; Росойл-МР-4; Росойл-МР-99
Сверление; зенкерование	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Эфтол, 2...5%-ный раствор		АЗМОЛ МР-6; МР-4; МР-6; Росойл-МР-4
Глубокое сверление	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия		ОСМ-3; МР-1У; МР-4; МР-4П

Окончание табл. 4.6

Технологическая операция	СОЖ	
	Водные	Масляные
Развертывание	Аквол-2, 3...10%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия	ОСМ-3; МР-4; МР-4П; МР-17; Росойл-МР-4; Росойл-ОСМ-5
Резьбонарезание	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; РАТ АК 62 ЮР, 1...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ	Амзол МР-6; ОСМ-3; МР-4; МР-6; МР-17; Росойл-МР-4; Росойл-МР-6

#### 4.7. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из алюминиевых сплавов

Технологическая операция	СОЖ	
	Водные	Масляные
Точение; растачивание; отрезка	Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Автокаг Ф-78, 1,5...7%-ная эмульсия; Виктория-1, -2, 1,5...10%-ная микроэмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия, Волгол-300, 3...10%-ная микроэмульсия; ВПК, 5%-ный водный раствор; Грегирол, 2...5%-ный раствор; Ивкат, 2...4%-ная микроэмульсия; ИНКАМ-3, 3%-ная эмульсия; Инкомет-1, 3...15%-ная микроэмульсия; Купрол, 1...3%-ный раствор; Линнол-1, 5...7%-ная эмульсия; ОмД-1, 1...2%-ный раствор; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; Росойл-50, 3...10%-ная эмульсия; Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; Сувар-3М, 1...3%-ный раствор; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; ТУВ-95, 3...5%-ная эмульсия; Эмульсол ЕРМ, 5...10%-ная эмульсия	ОСМ-3; В-3 марок А и М; МР-4; МР-4П; МР-17; Ольвит МОР-У; Полиэд-1; Росойл-305; Росойл-МР-4; СП-4

Продолжение табл. 4.7

Технологическая операция	СОЖ	
	Водные	Масляные
Обработка заготовок на токарных автоматах и полуавтоматах	Лубрисол Э-89; Лубрисол Э-90	ОСМ-3; МР-4; МР-4П; МР-17; Росойл-101; Росойл-320; Росойл-МР-7; Росойл-МР-99; Росойл-ОСМ-5; СП-4
Сверление; зенкерование	Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; ВИПОЛ-311, -321, -351, 3...7%-ная микроэмульсия; Ивкат, 2...4%-ная микроэмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; ТУВ-95, 3...5%-ная эмульсия	ОСМ-3; В-3 марок А и М; МР-4; МР-4П; МР-17; Росойл-МР-4; Росойл-ОСМ-5
Глубокое сверление	Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Прогресс-13К, 3...5%-ный раствор; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Универсал-1 СОЖ марки Б, 3...10%-ная эмульсия	ОСМ-3; ЛЗ-СОЖ-1Г; МР-17 марок Б и В; Росойл-320; Росойл-1МЮ; Росойл-МР-3; Росойл-ОСМ-5
Развертывание	Автокат Ф-78, 1,5...7%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ	ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗ-СОЖ-1Г; МР-4; МР-4П; МР-17; Ольвит МОР-У; Росойл-305; Росойл-МР-3; Росойл-ОСМ-5
Резьбонарезние	Автокат Ф-78, 1,5...7%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Пермол (Ровел Пермол-6), 3...10%-ная эмульсия; Росойл-503, 3...10%-ная эмульсия; Синтезор-3ЭТ, 3...10%-ная эмульсия; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ	ОСМ-3; В-3 марок А и М; ЛЗ-23М, 20%-ный раствор в минеральном масле; МР-4П; МР-17 марок Б и В; Ольвит МОР-У; ОСМ-3; Росойл-305; Росойл-320; Росойл-МР-1; Росойл-ОСМ-5

## 4.8. Рекомендации по применению СОЖ на операциях лезвийной обработки заготовок из медных сплавов

Технологическая операция	СОЖ		Масляные
	Водные		
Точение; растачивание; отрезка	Авитол-2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; НГЛ-205, -205Р, 3...10%-ная эмульсия; ОМД-1, 1...2%-ный раствор; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; ТУВ-95, 3...5%-ная эмульсия		ОСМ-3, Асфол-1; МР-2У; МР-17А; ОСМ-3; Росойл-МР-2; Росойл-МР-99; Росойл-ОСМ-5
Обработка заготовок на токарных автоматах и полуавтоматах	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Лубрисол Э-89; Лубрисол Э-90; НГЛ-205, -205Р, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ		ОСМ-3; МР-2У; МР-17А; ОСМ-3; Росойл-МР-2; Росойл-МР-99; Росойл-ОСМ-5
Сверление; зенкерование	Авитол -2 марок А и Б, 3...5%-ная эмульсия; Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; Лубрисол Э-89; Лубрисол Э-90; НГЛ-205, -205Р, 3...10%-ная эмульсия; ОМД-1, 1...2%-ный раствор; Техмол-1, 2...7%-ный раствор; ТУВ-95, 3...5%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ		ОСМ-3; Асфол-1; МР-2У; МР-17А; ОСМ-3; Росойл-МР-2; Росойл-ОСМ-5
Глубокое сверление	—		ОСМ-3; МР-2У; МР-17А; Росойл-МР-2; Росойл-МР-99
Развертывание	Аквол-6, 5...20%-ная эмульсия; НГЛ-205, -205Р, 3...10%-ная эмульсия; Укринол-1М, 2...3%-ная эмульсия; Укринол-1М; АЗМОЛ		ОСМ-3; Росойл-ОСМ-5

#### 4.9. Примеры аналогов отечественных СОТС для обработки металлических заготовок резанием на зарубежных машиностроительных предприятиях

Отечественные СОТС	Зарубежные аналоги СОТС	
	Наименование	Фирма, страна
Автокаг Ф-40; Велс-1	SNS и Aerosols (СНС и Ауросол)	"Миллоил", Италия
Автокаг Ф-78	Griton 520 (Гритон 520)	"Тохо", Япония
Аквахон	Discosol (Дискосоль)	"Дискус", Германия
Аквол-2	Trim Sol (Трим Сол)	"Мастер Кемикл", США
Аквол-6	Superege 7 (Супередж 7)	"Кастрол", Германия
Гретерол	Cimperial T22 (Симпериал Т22)	"Цинцинати Милакрон", США, Голландия
	Syntilo R4 (Синтило R4)	"Кастрол", Германия
	Cress C5K (Кресс С5К)	"Франклин ойл кор", США
	Kutwell 60 (Катвелл 60)	"Эссо", США
Карбамол-С1П	Clearedge E (Клиредж Е)	"Кастрол", Германия
	Energol SB40 (Энергол SB40), Fedaro G (Федаро G)	"Бритиш Петролеум", Великобритания
	Machinery 16 (Мачинери 16), Acot 4 1/58 (Акот 4 1/58)	"Миллоил", Италия
	UT8 IN	"ФИАТ", Италия
	Mobilmet 27 (Мобилмет 27)	"Мобил ойл", США
ЛЗ-СОЖ-1МИО	Energol GFS 55, GFS 80 (Энергол GFS 55, GFS 80)	"Бритиш Петролеум", Великобритания
	Schell Macron Oil A (Шелл Макрон ойл А)	"Шелл", Великобритания, Голландия
	Grinding Oil 40 (Гриндинг ойл 40)	"Эссо", США

Продолжение табл. 4.9

Отечественные СОТС	Зарубежные аналоги СОТС	
	Наименование	Фирма, страна
ЛЗ-СОЖ-2МИО	Acot 41/21 (Акот 41/21)	"Миллоил", Италия
	UTX 121	"ФИАТ", Италия
	Fanox 40 (Фанокс 40)	"Эссо", США
ЛЗ-СОЖ-1МО	Schell Garia Oil C (Шелл Гариа ойл С)	"Шелл", Великобритания, Голландия
	UTC41	"ФИАТ", Италия
	UT 99/41	"ФИАТ", Италия
ЛЗ-СОЖ-2МО	Schell Garia Oil D (Шелл Гариа ойл D)	"Шелл", Великобритания, Голландия
	Dortan 44 (Дортан 44)	"Эссо", США
	Mobilmet 24 (Мобилмет 24)	"Мобил ойл", США
	Energol CFS 50 (Энергол GFS)	"Бритиш Петролеум", Великобритания
	Acot 53/71 (Акот 53/71)	"Миллоил", Италия
ЛЗ-23М	UT99	
ЛЗ-26МО	UTC	"ФИАТ", Италия
	Esp-600	
ЛЗ-СОЖ-1МП	Milloil EL/6 (Миллоил EL6)	"Миллоил", Италия
	DC, LC	"ФИАТ", Италия
ЛЗ-СОЖ-1Т	Milloil CB/1 (Миллоил CB/1)	"Миллоил", Италия
	Sarol-476 (Сарол 476)	"Арал", Италия
Лубрисол В-93	Esp 640	"ФИАТ", Италия

Окончание табл. 4.9

Отечественные СОТС	Зарубежные аналоги СОТС	
	Наименование	Фирма, страна
MP-1У	Dortan 37 (Дорган 37)	"Эссо", США
	Mobilmet 24 (Мобилмет 24)	"Мобил ойл", США
	Energol SFC (Энергол GFC)	"Бритиш Петролеум", Великобритания
MP-2У	Dortan 53 (Дорган 53)	"Эссо", США
	Macron Oil C (Макрон ойл С)	"Шелл", Великобритания, Голландия
MP-3	Mobilmet 25 (Мобилмет 25)	"Мобил Ойл", США
	Schell Garia Oil T (Шелл Гариа ойл Т)	"Шелл", Великобритания, Голландия
	Uniplus 5-30 (Юниплас 5-30)	"ЦМТ Интернешнл", Швейцария
MP-4	Dortan 33 (Дорган 33)	"Эссо", США
MP-6,	Dasco4811 (Даско 4811)	"Стюарт ойл", США
MP-7	Mobilmet 427 (Мобилмет 42 7)	"Мобил ойл", США
MP-10, MP-10П	Sungrind 600, 600X, 602-330 (Санграинд 600, 600X, 602-330)	"Сан-ойл", США
	Codol 995 (Кодол 995)	"Стюарт ойл", США
Укринол-1М	Solvac 77 (Сольвак 77), Solvac 1535 (Сольвак 1535), Mobilmet 122 (Мобилмет 122)	"Мобил ойл", США
	OE/C, OE/ST	"ФИАТ", Италия
	MDM/638	"Миллоил", Италия
	Shell Dromus Oil: B, C (Шелл дромус ойл: B, C)	"Шелл", Великобритания, Голландия
	Katwell 40 (Катвелл 40)	"Эссо", США

## Глава 5

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОКАРНЫХ РАБОТ

Классификация станков. Все металлорежущие станки делятся по видам обработки на девять групп: 1) токарные; 2) сверлильные и расточные; 3) шлифовальные, полировальные и доводочные; 4) электрофизические и электрохимические; 5) зубо- и резьбообрабатывающие; 6) фрезерные; 7) строгальные, долбежные и протяжные; 8) разрезные; 9) разные.

Станки каждой группы разбиваются на типы. Типы станков токарной группы и их назначение указаны в табл. 5.1.

#### 5.1. Классификация станков токарной группы

№ группы	Тип станков	Основа шифра	Назначение
0	Автоматы и полуавтоматы: специализированные	10	Все виды токарной обработки заготовок ограниченной длины (до 300 мм) и диаметром до 150 мм, без нарезания резьбы резцами для массового и крупносерийного производства
1	одношпиндельные	11	
2	многошпиндельные	12	
3	Токарно-револьверные	13	То же, для серийного производства
4	Токарно-револьверные полуавтоматы	14	
5	Карусельные	15	Токарная обработка крупных деталей типа дисков и барабанов
6	Токарные и лоботокарные	16	
7	Многорезцовые и копируемые	17	Наружная токарная обработка кроме нарезания резьбы в серийном производстве
8	Специализированные для фасованных изделий	18	Настроенная обработка специальных деталей
9	Разные токарного типа	19	Разные виды токарной обработки

В зависимости от своей массы станки делятся на легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые (более 10 т). В последней группе различают крупные (до 30 т), тяжелые (до 100 т) и особо тяжелые – уникальные (более 100 т).

Металлорежущие станки подразделяются также по степени специализации на универсальные – общего назначения, в том числе широкоуниверсальные, специализированные и специальные, предназначенные для выполнения определенных операций или обработки конкретных деталей.

Технические характеристики и марки станков приведены в типажах металлорежущих станков, а также в каталогах и паспортах станков.

В зависимости от точности, обеспечиваемой при обработке, станки делятся на пять классов: Н – нормальной точности, П – повышенной, В – высокой, А – особо высокой и С – особоточные (мастер-станки). Коэффициент повышения точности, т.е. уменьшение поля допуска, от класса к классу составляет 1,6.

Станки классов точности В, А, С предназначены для работы в термостатных цехах с автоматически регулируемой влажностью и температурой в пределах 20...22 °С. В обычных производственных условиях используются станки нормальной Н и повышенной П точности.

Маркировка токарных станков – обозначение модели – состоит из трех или четырех цифр и букв. Например, 1К62К.

Первая цифра обозначает номер группы (токарные), вторая (6) – номер типа (универсальные токарные и лобовые), третья (2) – типоразмер – высоту центров над станиной (200 мм). Буква, стоящая после первой цифры, указывает на модернизацию или различные исполнения базовой модели. Буквы, стоящие после цифровой части, обозначают точность станка. Например, 16К20П – токарный станок, модернизированный, с высотой центров 200 мм, повышенной точности. Марка 16К20Ф3 – обозначает ту же базовую модель, но с устройством ЧПУ.

Специальные станки обозначаются одной или двумя буквами, присвоенными данному заводу, и порядковым номером модели.

## 5.1. УНИВЕРСАЛЬНО-ТОКАРНЫЕ ЦЕНТРОВЫЕ СТАНКИ

Технические характеристики основных типов современных универсально-токарных станков приведены в табл. 5.2.

Наиболее распространенными в механических цехах серийного производства и инструментальных цехах являются широко универсальные токарные станки 16К20 и 16К30. Они снабжаются копировальными линейками для точения конусов и обеспечивают нарезание метрических, дюймовых, питчевых и модульных резьб.

Кинематическая схема станка 16К20 приведена на рис. 5.1.

От электродвигателя  $D_1$  движение передается клиноременной передачей на приемный вал II коробки скоростей и передней бабке станка.



## 5.2. Технические характеристики универсально-токарных станков для мелкосерийного и единичного производства

Марка станка и класс точности	Размеры обрабатываемой заготовки ( $D \times L$ ), мм	Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	Габаритные размеры станков* <sup>1</sup> ( $L \times B \times H$ ), м	$N$ , кВт	Масса, т	Назначение
16Т02П, 16Т02А	125×250	400...4000; 320...3200	0,76×0,5×0,3	0,25	0,35	Для инструментальных работ в центрах, цанге, патроне и на планшайбе
16Т04А, 16Т04В	200×350 (500)	92...3200	1,4×0,8×1,3	0,75; 1,3	1,0	
16Б05П* <sup>2</sup>	250×500	30...3000	1,5×0,8×1,4	1,5	1,0	То же, с нарезанием всех видов резьб
16Б16А* <sup>2</sup>	320×710	25...2500	1×6×0,9×1,4	1,0; 1,3	2,1	
16Б16А* <sup>3</sup>	320×1000 (1400)	20...2000	2,2×1,1×1,5	3,0; 6,3	2,1	
16К20	400×710 (1400; 2000; 1000)	12,5...1600	4,2×1,2×1,5	10, 13	2,8; 3,0; 3,4; 5,0	Все виды токарных работ с нарезанием метрических дюймовых, модульных и питчевых резьб
16К20* <sup>4</sup> , 16К20МГ* <sup>5</sup>	400×700 (1000; 1400; 2000)	12,5...600	2,5×2,8×3,2; 4,2×1,2×1,5	10,0	2,9; 3,4; 4,1	
16Д20П* <sup>2</sup>	400×700 (1000; 1400; 2000)	20...2500	2,5×2,8×1,2	9; 13	2,8; 3,0	Для точных работ и нарезания всех видов резьб
Е95	400×1000 (1400)	20...1600	3,0×1,2×1,7	5,9	2,2	Для токарных, сверлильных и шлифовальных работ с нарезанием всех видов резьб

Окончание табл. 5.2

Марка станка и класс точности	Размеры обрабатываемой заготовки ( $D \times L$ ), мм	Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	Габаритные размеры станков* <sup>1</sup> ( $L \times B \times H$ ), м	N, кВт	Масса, т	Назначение
16К25, 16К25Г* <sup>6</sup>	500×710×1000 (1400; 2000)	20...2500	2,5×2,8×3,2; 3,8×1,3×1,5	11	2,9...3,8	Для всех видов токарных работ и нарезания всех видов резьб
1М63Б* <sup>2</sup> 16К30П* <sup>2</sup>	630×1400 (2000; 2800; 4000)	10...1250	4,9×1,8×1,5	15	3,8; 4,7	Для точных работ всех видов; оборудована системой автоматического управления
16К40П* <sup>6</sup>	800×2000 (2800; 4000; 5000)	6,3...1250	5,5×1,9×1,6	22,4	7,5	Для точных токарных работ с точением конусов и нарезанием резьб
16К50П	1000×2800 (4000; 5000; 6000; 8000)	2,5...500	5,8×2,2×1,9	22; 30	12,0	
1658	1000×8000	1,6...200	11,4×2,1×1,8	22	17,8	Для чернового и чистового точения и нарезания всех видов резьб
1660П* <sup>2</sup>	1250×5000 (6300; 8000)	1,4...315	12,8×2,3×2,1	30	20,3	
1А665* <sup>2, 5</sup> , 1А665 01	1600×8300 (10 000; 12 500; 16 000)	1,28...160	14,0×2,8×2,4	75	60	С бесступенчатым регулированием скоростей шпинделя и подачи

\*<sup>1</sup> Округлены в большую сторону.\*<sup>2</sup> Выпускается модель с цифровой индикацией типа ФЗ.\*<sup>3</sup> С бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя.\*<sup>4</sup> С гидросуппортом.\*<sup>5</sup> С программным управлением типа для ФЗ-6.\*<sup>6</sup> С выемкой в станине для обтачивания заготовки увеличенного диаметра.

Примечание. В скобках даны размеры длин для станков с удлиненной станиной.

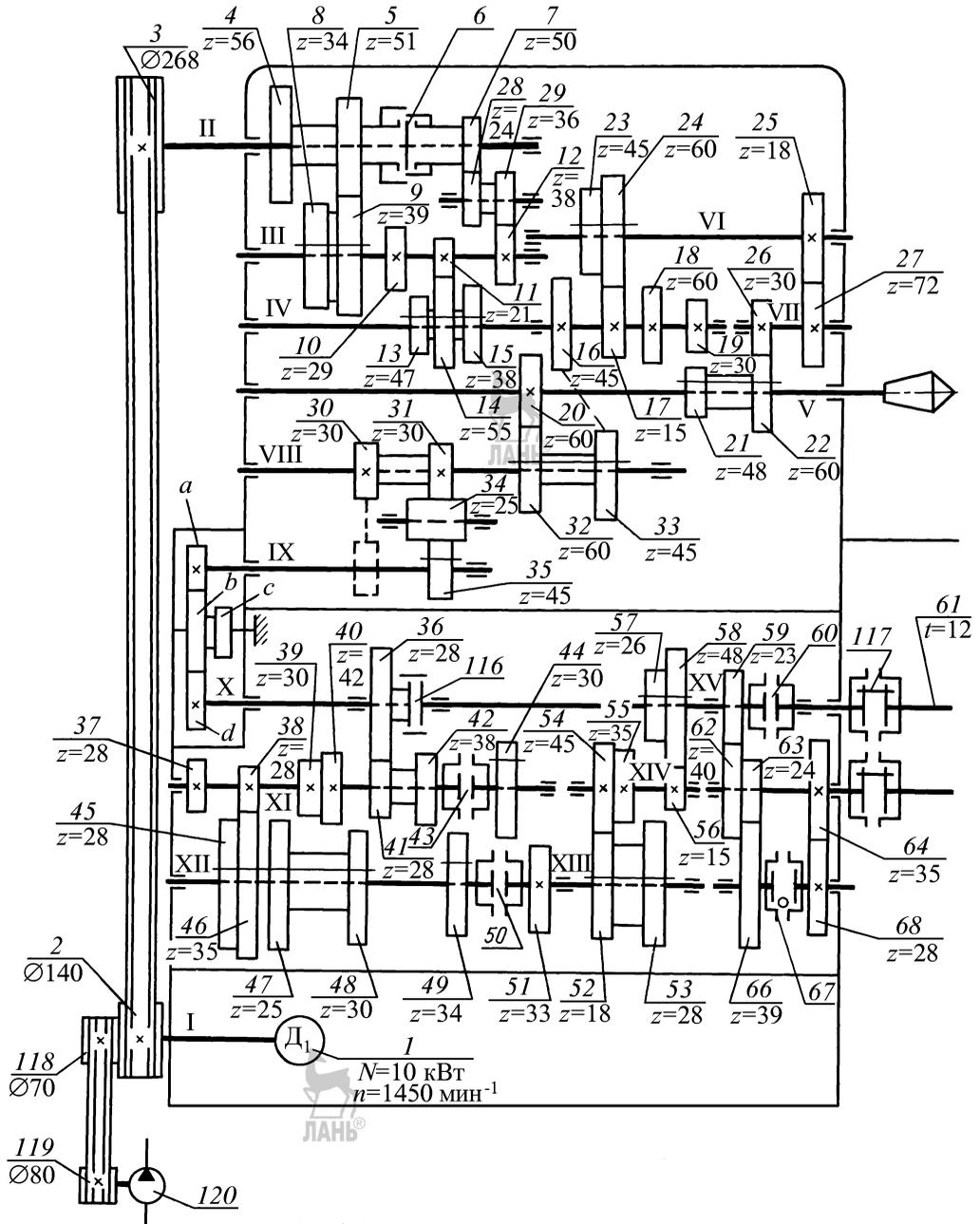


Рис. 5.1. Кинематическая схема станка 16K20 (начало)

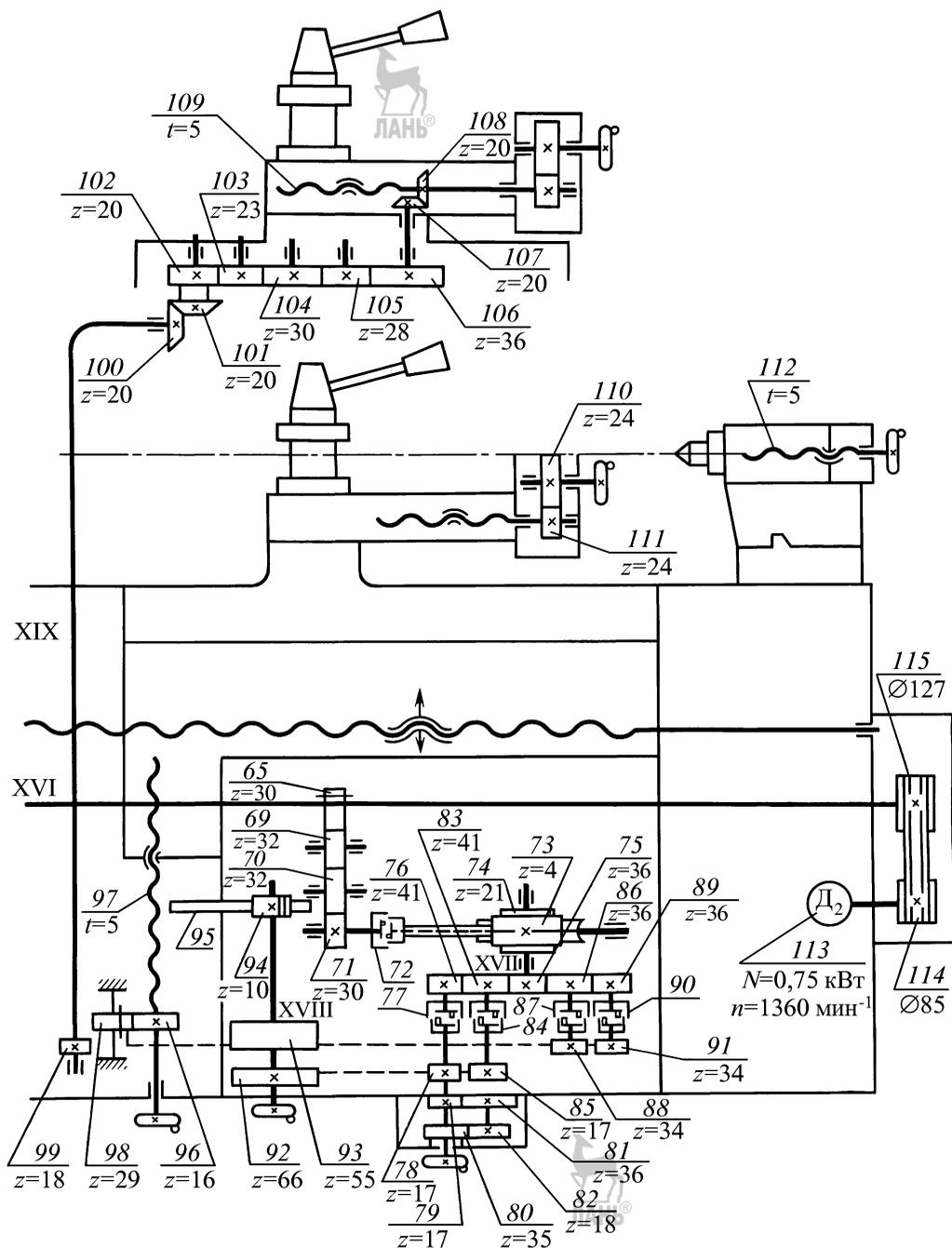


Рис. 5.1. Окончание

Главное движение осуществляется через фрикционную муфту 6, которая включает прямое и обратное вращение. За счет перемещения блоков зубчатых колес 8/9 и 13/14/15 вал IV получает шесть частот вращения. Через передвижной блок зубчатых колес 21/22 на шпинделе вал получает от зубчатых колес 18 и 19 вала IV двенадцать скоростей вращения. Еще двенадцать скоростей шпиндель получает через перебор с подвижным блоком колес (23/24) на валу VI.

Частота вращения шпинделя определяется из уравнения кинематической цепи. Подставляя в уравнение диаметры шкивов и число зубьев колес, передающих вращение, получим

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{эд}} \frac{140}{268} \frac{51}{39} \frac{21}{55} \frac{15}{60} \frac{18}{72} \frac{30}{60} = 12,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Подача осуществляется по четырем кинематическим цепям; винторезной – по ходовому винту 61; продольная и поперечная подачи и быстрое перемещение каретки от электродвигателя Д<sub>2</sub> – по ходовому валику XVI.

От шпинделя V вращение передается валу VIII через зубчатые колеса 20/32, реверсивный механизм (колеса 30/35 или 31/34/35) и гитару со сменными колесами *a*, *b*, *c*, *d* на приемный вал X коробки подач. Путем переключения муфт 116, 60, 43 и 50 и перестановки блоков зубчатых колес осуществляются различные комбинации соединения колес 36–64, передающих вращение выходному валу XV и через муфту 60 – ходовому винту 61.

При продольном и поперечном точении вращение передается с вала XV на ходовой вал XVI через колеса 59/62, 63/66, муфту 67 и пару 68/64.

Продольная подача осуществляется по рейке 95 от ходового вала XVI. По цепи 65/69/70/71, через муфту 72 и червячную пару 74/73 вращение передается на вал XVII и на цепи 75/83/76, на муфту 77, зубчатые колеса 78/92, валу XVIII с реечным зубчатым колесом 94.

Подача поперечного суппорта и ее реверсирование осуществляются включением муфт 87 или 90. В этом случае от вала XVII через передачи 75–86 и 88–93–98–96 или 75–86–89 и 91–93–96 вращение передается винту 97, который и перемещает салазки этого суппорта.

Станок может быть оснащен автоматической подачей верхнего суппорта. Она осуществляется по кинематической цепи 99–108 и включается перемещением зубчатого колеса 98 до сцепления с колесом 93, получающим вращение от ходового вала через механизм фартука.

Технические характеристики основных моделей группы тяжелых токарных станков приведены в табл. 5.3. Обслуживание и наладка этих станков определяются особенностями их конструкции и размерами.

Станины тяжелых станков выполняются с двумя или четырьмя плоскими направляющими. Суппорты снабжаются самостоятельными приводами и имеют возможность проходить мимо люнетов и задней бабки. Механизм подачи размещается в фартуках суппортов. Суппорты снабжаются также электрокопировальными устройствами. На передней бабке и у каждого суппорта имеются стационарный пульт управления и два переносных.

## 5.3. Технические характеристики тяжелых токарных станков

Параметр	Модели станков					
	Т	1А670	1А675	1А680	1А685	–
	С	1А666	1А671	1А676	1А681	1А686
	Л	–	1А667	1А672	1А677	1А682
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной над суппортом		2000	2500	3200	4000	5000
		1600	2000	2500	3200	4000
Наибольшая масса заготовок, устанавливаемых в центрах, т		63	100	160	250	–
		40	63	100	160	160...250
		–	40	63	100	160
Расстояние между центрами, м	10	12,5	16	20	По согласованию с заказчиком	
Пределы частот вращения шпинделя (регулирование бесступенчатое), мин <sup>-1</sup>	0,96...120	0,8...100	0,63...80	0,5...62	0,5...50	
	15	19	28	35	24...30	
Число подач суппорта	12	Бесступенчатое				
	0,06...84,7	0,06...20,0	–	–	–	
	0,064...3,26	0,06...84,7	0,06...20,0	–	–	
Пределы продольных подач суппорта на всех ступенях, мм/об	–	0,064...3,26	0,06...84,7	0,06...20,0	–	
	–	–	0,53...390	0,53...390	–	
			–	0,53...390	0,53...390	
Пределы продольных подач суппорта на всех ступенях, мм/мин	–	–	–	–	0,53...390	
	125	125	125	125	–	
	100	125	125	125	125	
Допускаемая нагрузка на суппорт, кН	–	400	125	125	125	

Окончание табл. 5.3

Параметр	Модели станков					
	Т	1А670	1А675	1А680	1А685	
	С	1А666	1А671	1А676	1А681	1А686
	Л		1А667	1А672	1А677	1А682
Нарезание резьбы на длине, мм			1000	1000	1000	–
		На всей длине хода суппорта		1000	1000	1000
				1000	1000	1000
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	100		125	160	160	–
	75		100	125	160	160
	–		75	100	125	125
Габаритные размеры станков, м:	длина	18,30	20,62	26,03	–	–
		16,80	20,80	24,24	30,03	–
		–	19,64	23,60	29,14	26,0
	ширина	4,30	4,35	7,75	–	–
		3,77	4,30	5,12	7,24	–
		–	4,64	5,06	7,05	5,96
	высота	2,85	3,28	4,10	–	–
		3,08	3,15	4,50	–	–
		–	3,28	3,66	5,01	4,54
	Масса станка, т	108	147	317	–	–
		74	130	185	330	–
		–	110	150	270	242

Примечания: 1. Обозначения станков: Т – тяжелые, С – средние, Л – легкие.

2. В тех случаях, когда даны три значения одного параметра, первое значение относится к тяжелым станкам, второе – к средним, третье – к легким.

Привод главного движения осуществляется электродвигателем постоянного тока с бесступенчатым регулированием частот вращения шпинделя. Суппорты и задняя бабка также имеют привод от электродвигателей постоянного тока. Они осуществляют ускоренные перемещения пиноли и самой задней бабки по станине. Задняя бабка оборудована датчиком, контролирующим силу зажима заготовки, который включает световой сигнал и сирену в случае избыточной силы зажима.

Установка заготовок на станках производится в центрах или в кулачках передней и задней планшайбы. На станках осуществляется черновая (при сечении

стружки до 120 мм<sup>2</sup>) и чистовая обработка с точностью 0,02...0,03 мм, нарезание резьб и обтачивание конусов. Последняя операция выполняется с поворотом верхних салазок суппорта или с совмещенной продольной и поперечной подачей, а также посредством электрокопировального устройства.

По особому заказу эти станки оснащаются приспособлениями для шлифования, фрезерования, суперфиниша и полирования, а также копирования и глубокого растачивания.

## 5.2. ЛОБОТОКАРНЫЕ СТАНКИ

Особенностью конструкций лоботокарных станков является наличие общей фундаментальной плиты с Т-образными пазами. На ней устанавливается шпиндельная бабка, продольная или поперечная переставные станины с суппортами, а иногда и задняя бабка. Перестановка продольной станины перпендикулярно оси шпинделя позволяет увеличивать диаметр обрабатываемой заготовки. Перемещение поперечной станины в направлении оси шпинделя позволяет увеличивать ширину (длину) обрабатываемых заготовок. Главный привод лоботокарных станков в большинстве случаев имеет бесступенчатое регулирование. Это позволяет выполнять торцовое обтачивание с постоянной скоростью резания.

Привод подачи суппортов вдоль станины и по салазкам осуществляется с помощью отдельного электродвигателя и ходового вала или через гидравлическую систему. Технические данные лоботокарных станков приведены в табл. 5.4.

### 5.4. Технические характеристики лоботокарных станков

Марка (модель) станка	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	Габаритные размеры (L×B×H), м	N, кВт	Масса, т	Примечание
1М691* <sup>1</sup>	1250 при длине 320 мм	1,6...315	4,2×3,7×1,8	22	15	С поперечной станиной; для обработки торцовых поверхностей
1М692	2000 (2300)* <sup>2</sup>	1...100* <sup>3</sup>	5,2×5,7×2,6	37	29	Для обработки торцовых и цилиндрических поверхностей
1М692Б	2000 (2300)* <sup>2</sup>	1...100* <sup>4</sup>	5,2×5,7×2,6	37	29	С переставной станиной и двумя суппортами
1А693	2300 (3200)* <sup>2</sup>	0,8...63	2,2×5,7×2,9	30; 37	55	С задней бабкой с РМЦ-3,2 м. Масса заготовки в центра ≤16 т
1А695	5000	0,6...50	—	40	—	—
1А698	8000	0,4...40	—	50	—	—

*Окончание табл. 5.4*

\*<sup>1</sup> Выпускается модель 1М691Ф3 – с числовым программным управлением.

\*<sup>2</sup> Максимальный диаметр устанавливаемой заготовки перед продольной станиной и поперечным суппортом.

\*<sup>3</sup> Три градации частот вращения шпинделя ( $\text{мин}^{-1}$ ):  $n_1 = 1,0 \dots 2,5$ ;  $n_2 = 2,0 \dots 50$ ;  $n_3 = 4 \dots 100$ .

\*<sup>4</sup> Возможна обработка торцовых, цилиндрических, конических и фасонных поверхностей. Второй суппорт с гидравлическим приводом.

Примечание. РМЦ – расстояние между центрами;  $N$  – мощность.

### 5.3. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ТОКАРНЫЕ СТАНКИ

К таким станкам относятся: 1) вальцетокарные; 2) станки для обработки слитков; 3) для обработки железнодорожных осей и колесных пар; 4, 5) токарные многорезцовые полуавтоматы для обработки коленчатых валов и распределительных валов двигателей внутреннего сгорания; 6) токарно-отрезные прутковые автоматы; 7) токарно-бесцентровые станки для обтачивания гладких валов и труб вращающимися резцовыми головками; 8) трубо- и муфтообработывающие автоматы. К специализированным токарным станкам относятся также резботокарные и патронно-центровые сферотокарные станки.

Многие из этих станков маркируются как специальные – буквенным индексом завода-изготовителя и номером модели.

Наиболее высокой квалификации токарей-универсалов требует работа на вальцетокарных станках. Эти станки выпускаются двух разновидностей: для чернового и чистового точения валков прокатных станов и для их калибровки, т.е. вытачивания фасонных "ручьев", формирующих профиль прокатываемого металла.

Станки второй разновидности снабжаются менее мощными электродвигателями и устройствами, обеспечивающими необходимую точность обработки. Как модернизированные варианты станков первой разновидности, они в своей марке содержат отличную от модели букву.

Три модели станков оснащаются системами ЧПУ.

Технические характеристики вальцетокарных станков приведены в табл. 5.5.

Конструктивными особенностями вальцетокарных станков являются: широкая станина и наличие двух и большего числа суппортов, которые перемещаются по направляющим вынесенной вперед постели. Сама постель может переставляться в поперечном направлении. Станки для особо тяжелых валков строят без переставной постели. Заднюю бабку и два люнета устанавливают на основной части станины.

Остальные виды станков восьмого типа являются специализированными, например, колесно-токарные станки для обтачивания поверхности качения колесных пар, обтачивания и накатывания шеек осей. Некоторые станки являются специальными, например, полуавтомат для одновременной обработки всех шеек коленчатых валов.

К универсальным относятся центровые сферотокарные станки (табл. 5.6).

## 5.5. Технические характеристики вальцетокарных и калибровочных станков

Марка (модель)* <sup>1</sup> станка	Размеры обрабатываемой заготовки ( $D \times L$ ), м	Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	Максимальные габаритные размеры станка ( $D \times L \times H$ ), м	N, кВт	Масса, т
<b>Вальцетокарные*<sup>2</sup></b>					
1A824	0,8×2 (4; 5)	1,1...60	10,3×2,6×1,6	70	41
1A825	1,0×2 (4; 5)	0,4...20	9,4×2,6×1,8	90	57
1A826	1,25×4 (5; 7)	0,63...40	—	100	89
1A827	1,6×4 (5; 7)	0,56...32	—	100	113
<b>Калибровочные*<sup>3</sup></b>					
1K824	0,8×4,0	0,4...20	9,4×2,6×1,9	55	40
1K825	1,0×2 (4,5)	0,46...25	10,7×2,9×2,0	70	55,5
1Д825	1,0×2,4	0,46...25	—	55	40
1K826	1,25×2,8 (5; 6,3)	0,27...20	13×3,4×2,5	90	84
1Д826	1,25×2,8 (5; 7,1)	0,32...20	—	125	80
1K828	1,7×8	0,2...40	16,7×5,7×4,3	125	215

\*<sup>1</sup> На базе приводимых ниже моделей выпускаются модификации с ЧПУ: РТ501Ф3, 1А824Ф3, 1А825Ф3.

\*<sup>2</sup> Вальцетокарные станки для черновой и чистовой обработки чугунных и стальных валков прокатных станков в люнетах или центрах, с электрокопировальным устройством по шаблону, с двумя суппортами и бесступенчатым регулированием частоты шпинделя.

\*<sup>3</sup> Калибровочные станки аналогичной конструкции для прорезки и калибровки фасонных ручьев валков, с устройством для установки контрольного валка на вертикально перемещающихся кронштейнах обоих суппортов, для совмещения с обрабатываемым валком.

Примечание. В скобках указаны возможные значения длин заготовок.

## 5.6. Технические характеристики патронно-центровых сферотокарных станков

Марка (модель) станка	Размеры обрабатываемой заготовки ( $D \times L$ ), мм	Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	Габаритные размеры ( $L \times B \times H$ ), м	N, кВт	Масса, т	Примечания
МК-2А62	300 × 1200	12,5...1600	3,2×1,1×1,5	7,5	2,8	Радиус обрабатываемой сферы до 150 мм
МК-261	500 × 1000	16,5...675	4,5×2,3×1,5	14	13	Радиус обрабатываемой сферы по заказу
МК-199	750 × 1500	3...117	5,0×2,5×1,9	20	13,7	

Патронно-центральной станок МК-2А62 является модификацией станка 1К62 с увеличенной высотой центров и усиленной передней бабкой. На станке выполняются все токарные операции в центрах и патроне.

Расположенный на каретке поворотный стол позволяет обрабатывать сферические поверхности с ручной и механической подачей. Два других станка специального исполнения кроме обработки чаше- и грибообразных сферических поверхностей позволяют выполнять все другие токарные операции, в том числе нарезание резьб.

В станках имеется механизм быстрого перемещения каретки, суппорта и поворотного стола.

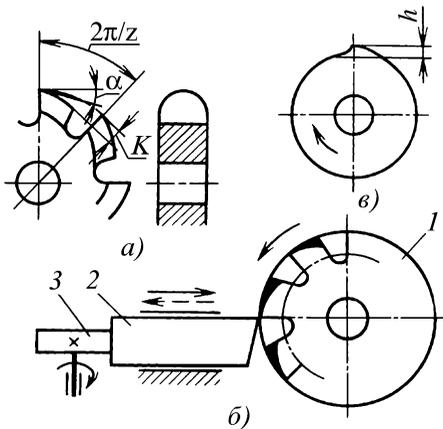
#### 5.4. ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНЫЕ СТАНКИ

Процесс затылования заключается в снятии "затылка", т.е. в обработке задней грани зубьев дисковых, цилиндрических и червячных одно- и многозаходных фрез, метчиков и некоторых других деталей типа кулачков. Затылование осуществляется резцами, гребенками и шлифовальными кругами. На универсально-затыловочных станках возможно также нарезание всех видов резьб.

Схема затылования фрез показана на рис. 5.2. Фреза 1 закрепляется на оправке в центрах станка. Резец 2 совершает движение подачи на величину  $h$  к оси центров посредством кулачка 3, который вращается с частотой, равной числу зубьев фрезы. Достигнув высшей точки кулачка, салазки поперечного суппорта под действием пружины быстро отводятся (отскакивают) в исходное положение.

Приблизительно  $k = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha$ , где  $D$  – диаметр фрезы;  $z$  – число зубьев;  $\alpha$  – задний угол зуба.

Не меняя кулачка, величину перемещения резца можно регулировать при помощи специального механизма.



**Рис. 5.2. Схема затылования фрез:**  
 а – форма зуба; б – схема движения резца и фрезы; в – кулачек для перемещения салазок с резцом

**Рабочие движения затыловочных станков.** На рис. 5.3 и 5.4 показаны типичные виды фрез, необходимые движения резца и кинематика станков для затылования.

При обработке дисковых фрез (рис. 5.4, а) настраиваются:

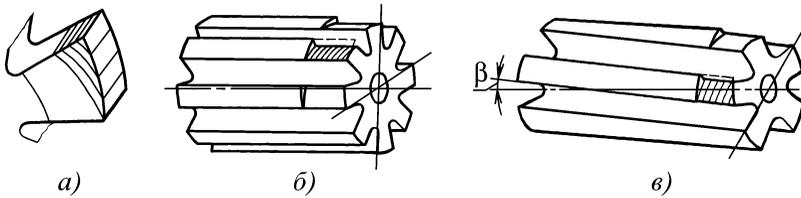
– цепь главного движения

$$n_{\text{эд}} u_{\text{к}} = n_{\text{шп}},$$

где  $u_{\text{к}}$  – передаточное число коробки скоростей станка;

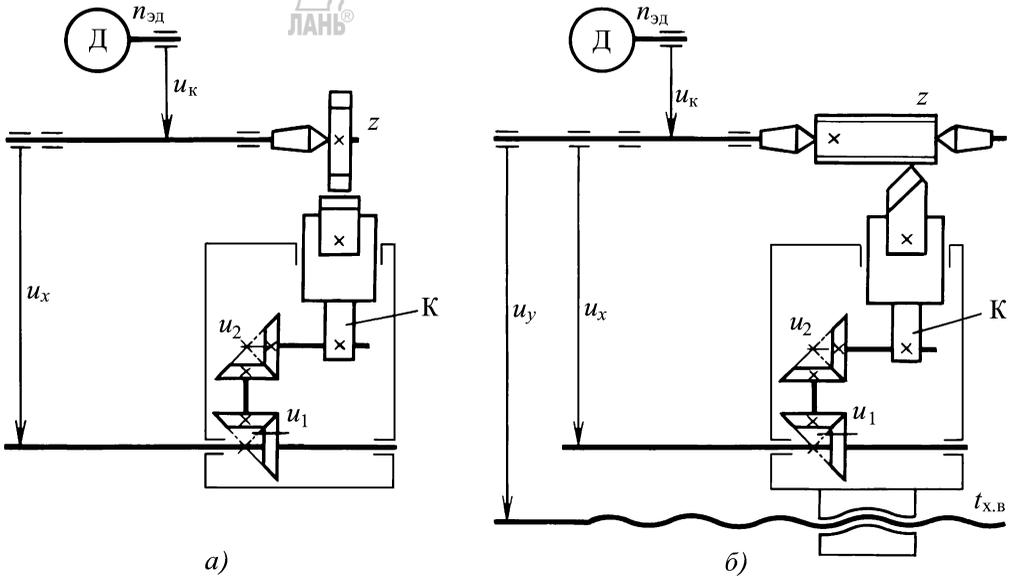
– цепь затылования

1 об. шп.  $u_x u_1 u_2 = z$  оборотов кулачка К, где  $u_x$  – передаточное число звена настройки затылования.



**Рис. 5.3. Затылование фрез:**

*a* – дисковых; *б* – цилиндрических; *в* – со спиральными стружечными канавками;  
 $\beta$  – угол спирали канавки



**Рис. 5.4. Принципиальные кинематические схемы затылования:**

*a* – дисковых фрез; *б* – цилиндрических фрез с прямолинейными стружечными канавками

При обработке цилиндрических фрез с прямыми стружечными канавками (рис. 5.4, б) настраиваются цепи главного движения, затылования и продольной подачи  $S$  суппорта:

$$1 \text{ об.шп. } u_v t_{x.в} = S,$$

где  $u_v$  – передаточное число звена настройки цепи продольной подачи;  $t_{x.в}$  – шаг ходового винта;  $S$  – в мм.

При обработке цилиндрических фрез со спиральными канавками (рис. 5.5) кроме цепей главного движения ( $u_k$ ), затылования ( $u_x$ ) и продольной подачи ( $u_y$ ) настраивается цепь дифференциала ( $u_d$ ), обеспечивающая дополнительный поворот кулачка К в соответствии с углом подъема спирали  $\beta$  (см. рис. 5.3):

$$1 \text{ об.шп. } = z \pm \frac{zl}{T} \text{ оборотов кулачка,}$$

где  $l$  – продольное перемещение резца (подача) за один оборот фрезы;  $T$  – шаг спирали стружечной канавки, мм.

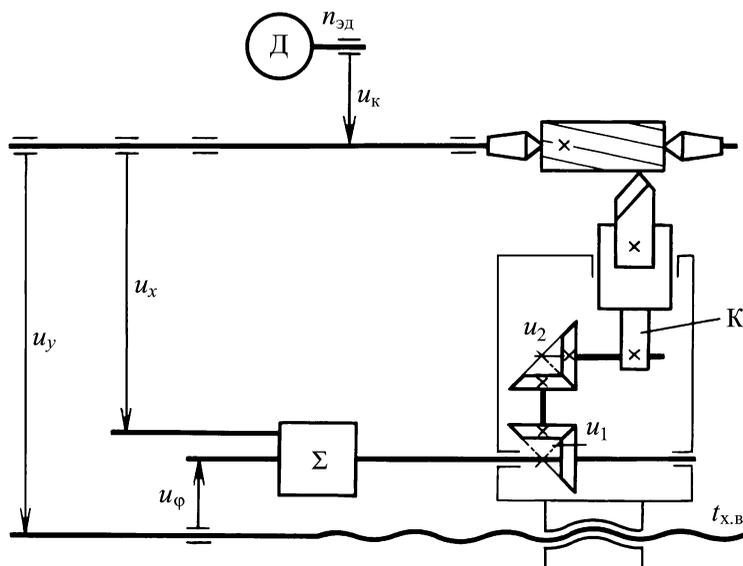


Рис. 5.5. Кинематическая схема затылования цилиндрических фрез со спиральными стружечными канавками

В случае правой спирали необходимо замедление поворота кулачка (+), при левой – ускорение (–), для того чтобы резец своевременно подошел к вершине зуба и отскочил, пройдя всю его заднюю поверхность.

Для червячных зуборезных фрез формула настройки имеет вид

$$1 \text{ об.шп.} = z \pm \frac{z t_n}{T} \text{ оборотов кулачка,}$$

где  $t_n$  – шаг винтовой нарезки фрезы, мм.

**Технические и конструктивные данные станков для затылования.** Токарно-затыловочные станки разделяются на простые и универсальные. У первых отсутствует механическое продольное перемещение каретки; они предназначены для затылования только дисковых фрез с поперечным перемещением резца. Универсальные станки имеют продольную подачу от ходового винта или ходового вала, а также дифференциальную цепь для дополнительного поворота кулачка при затыловании фрез с наклонными стружечными канавками.

Универсальные токарно-затыловочные станки имеют две ступени частот вращения шпинделя: прямую и более высокую обратного хода. Затылование производится при скоростях резания 2...8 м/мин, ограничиваемых допускаемыми динамическими нагрузками при отскоке салазок с резцом.

Технические характеристики базовых моделей универсальных токарно-затыловочных станков приведены в табл. 5.7.



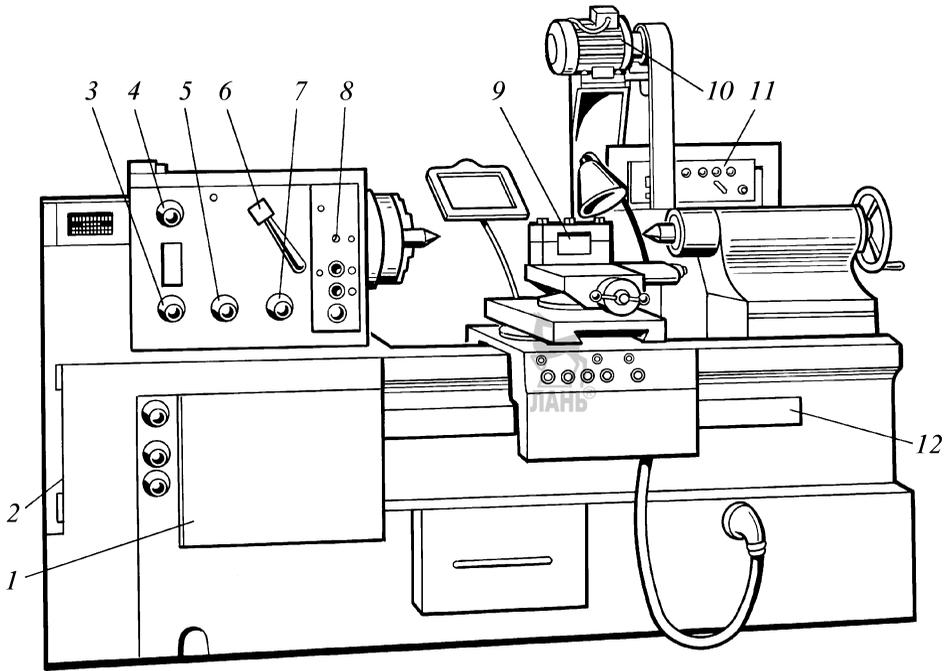
### 5.7. Технические характеристики базовых моделей токарно-затыловочных станков

Параметр	1E811	1E812	1813	1B811
Высота центров × РМЦ, мм	250×530	360×630	500×1520	260×710
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> :				
прямого хода	2,24...56	1,9...47,5	1,36...23	2,8...63
обратного хода	10,6...67	9...56	–	5,6...126
Продольная подача, мм	0,075...1,2	0,075...1,2	0,1...1,0	0,1...1,0
Число зубьев	1...40	1...40	4...30	1...40
Длина хода, мм	20	20	45	18
Шаг резьбы:				
метрической, мм	0,5...250	0,5...250	1,5...550	0,5...240
дюймовой, ниток/дюйм	1/28...1/2	1/28...1/2	3/16...22	3/16...10
модульной <i>m</i>	0,5...250	0,5...250	2...180	0,4...80
Шаг спирали <i>T</i> , мм	100...48 000	100...48 000	1500...25 000	75...10 000
Мощность электродвигателя, кВт	4	4	7,5	3,0; 4,5
Масса, т	3,7	3,9	10,1	3,25
Габаритные размеры ( <i>L</i> × <i>B</i> × <i>H</i> ), м	2,8×1,6×1,8	2,8×1,7×1,8	–	–

Кроме приведенных в табл. 5.7 моделей, имеется ряд специальных станков для затылования метчиков и сверл методом шлифования.

Основные узлы универсального токарно-затыловочного станка 1E811 показаны на рис. 5.6. Конструкция таких станков позволяет производить затылование радиальное, под углом к оси центров и торцовое. Смена резцовой и шлифовальной головок на суппорте производится без смены неподвижных салазок. Изменение скоростей рабочего и холостого ходов осуществляется с пульта на каретке станка. Предусмотрено гидравлическое демпфирование отскока и холостого хода.

Кинематическая схема универсального токарно-затыловочного станка 1E811 приведена на рис. 5.7. Привод главного движения осуществляется от электродвигателя  $D_1$ , через зубчатую ременную передачу и девятискоростную автоматическую коробку скоростей АКС на приемный вал I коробки скоростей шпиндельной бабки. Частота вращения шпинделя настраивается передвижными



**Рис. 5.6. Универсальный токарно-затыловочный станок 1E811:**

1 – коробка подач; 2 – коробка передач; 3–6 – рукоятки управления частотой вращения шпинделя; 7 – рукоятка ручного проворота шпинделя; 8 – пульт передней бабки; 9 – резцедержатель; 10 – привод шлифовального приспособления; 11 – электропульт; 12 – ходовой винт

блоками зубчатых колес, электромагнитными муфтами ( $\text{ЭМ}_1$  и  $\text{ЭМ}_2$ ) и двумя зубчатыми муфтами ( $\text{ЗМ}_1$ ,  $\text{ЗМ}_3$ ). При этом переключением рукоятки на пульте обеспечивается пятнадцать частот вращения прямого хода и девять частот вращения обратного хода шпинделя.

Для прямого хода включается муфта  $\text{ЭМ}_1$  и блок зубчатых колес 21/84 или 52/52 на валу I ( $u_{\text{бл1}}$  или  $u_{\text{бл2}}$ ), обратного хода – муфта  $\text{ЭМ}_2$ . Ручной поворот шпинделя производится посредством червячной пары (3/42) при включении зубчатой муфты  $\text{ЗМ}_1$  [рукоятка 7 (см. рис. 5.6) находится в положении ручного поворота].

Уравнения баланса кинематической цепи прямого (1) и обратного (2) вращения шпинделя следующие:

$$n_{\text{шп.пр}} = n_{\text{Д1}} \frac{26}{29} u_{\text{АКС}} \frac{22}{34} u_{\text{бл}} \frac{42}{65} \frac{22}{88} \frac{24}{96}; \quad (1)$$

$$n_{\text{шп.об}} = n_{\text{Д1}} \frac{26}{29} u_{\text{АКС}} \frac{22}{34} u_{\text{бл}} \frac{50}{65} \frac{22}{88} \frac{24}{96}. \quad (2)$$

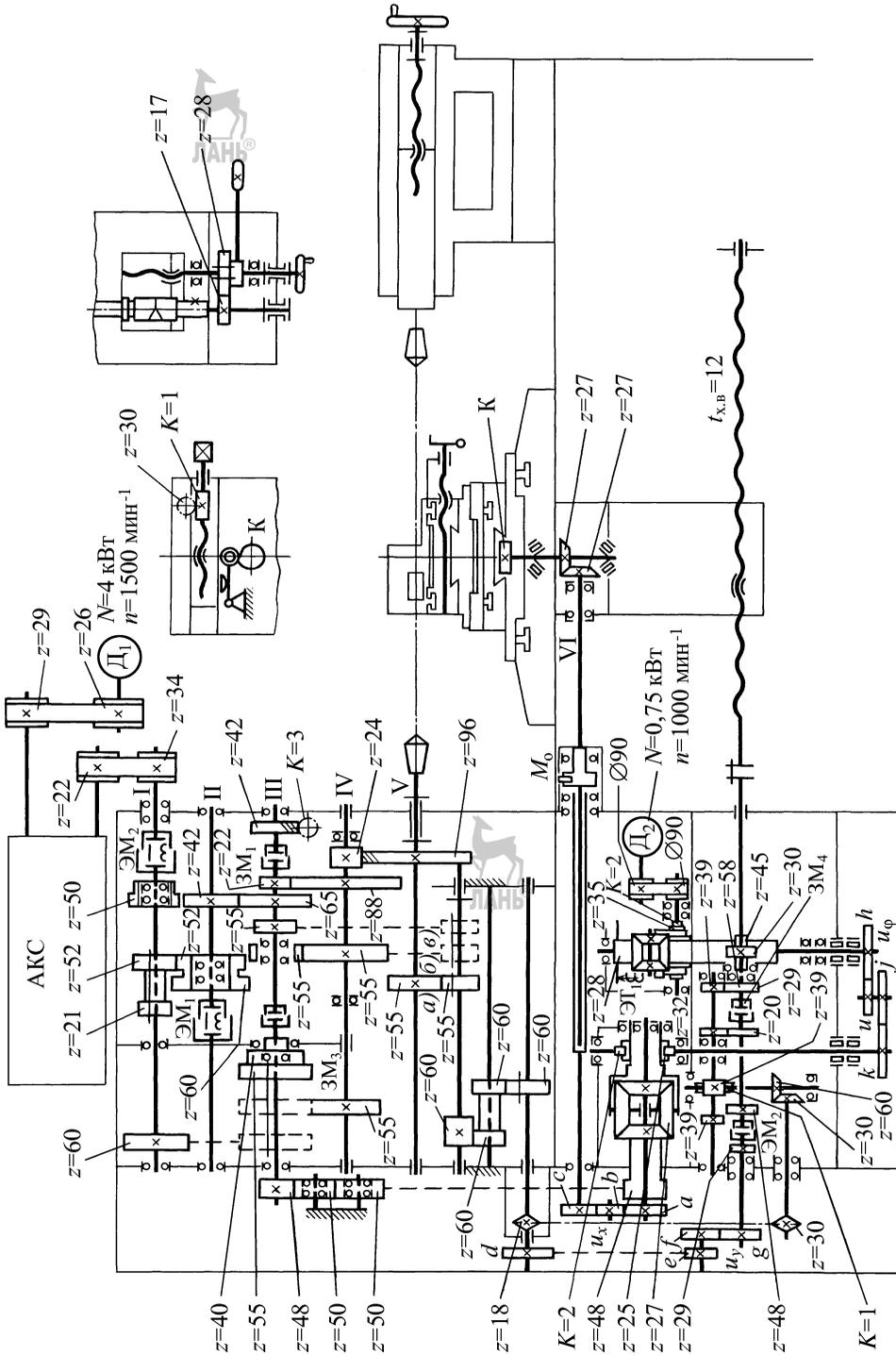


Рис. 5.7. Кинематическая схема станка 1Е811

При затыловании вращения от шпинделя кулачку передается от вала III или IV через зубчатые колеса 50/48 (пунктир на рис. 5.7) на корпусе дифференциала ( $u_d = 1$ ), гитару  $u_x$  сменных зубчатых колес на вал VI и через коническую передачу 27/27 на вал кулачка. Полный вал гитары соединяется с валом VI посредством однозубой муфты  $M_0$  (рис. 5.7), обеспечивающей отключение кулачка при обратном ходе станка.

Уравнения баланса кинематической цепи затылования следующие:

1. При включенной муфте  $3M_3$  и не введенных в зацепление колесах 55/55 на валах III и V:

$$1_{\text{об.зар.}} \frac{96}{24} \frac{88}{22} \frac{48}{50} \frac{50}{50} \frac{50}{48} u'_d u_x \frac{27}{27} = z \text{ оборотов кулачка,}$$

где  $u_x$  – передаточное число гитары затылования;  $u_d$  – передаточное число конического дифференциала ( $u_d = 1$ ).

2. Зубчатая муфта  $3M_3$  выключена и зубчатые колеса  $z = 55$  на валу IV и  $z = 55$  на валу III введены в зацепление:

$$1_{\text{об.зар.}} \frac{96}{24} \frac{55}{55} \frac{48}{50} \frac{50}{50} \frac{50}{48} u'_d u_x \frac{27}{27} = z \text{ оборотов кулачка.}$$

Настройка гитар токарно-затыловочного станка 1E811.

*Цепь затылования.* Формулы настройки гитары затылования: при включенной муфте  $3M_3$

$$u_x = \frac{a}{b} \frac{b}{c} = \frac{z}{16};$$

при выключенной муфте  $3M_3$

$$u_x = \frac{a}{b} \frac{b}{c} = \frac{z}{4}.$$

*Условия сцепляемости зубчатых колес гитары затылования:*

$$150 \geq a + b \geq 90; \quad 150 \geq b + c \geq 90; \quad 256 \geq a + 2b + c \geq 200.$$

При затыловании леворезущих фрез в набор сменных колес гитары вводится промежуточное колесо  $m$ .

*Цепь дифференциального движения.* Формула настройки гитары дифференциальной цепи

$$u_\phi = \frac{u}{h} \frac{j}{k} = \frac{225z}{2Tu_\pi u_x},$$

где  $T$  – шаг спиральной стружечной канавки;  $u_\pi$  – передаточное отношение перебора.

При условии, что муфта  $3M_4$  разомкнута и зубчатое колесо  $z = 29$  введено в зацепление с колесом  $z = 58$ ,  $u_{n_2} = \frac{29}{58} \frac{29}{58} = \frac{1}{4}$ . Тогда при  $u_x = \frac{z}{4}$   $u_\phi = \frac{1800}{T}$ , при

$$u_x = \frac{z}{16} \quad u_\phi = \frac{7200}{T}.$$

При замкнутой муфте  $3M_4$   $u_n = 1$  и, следовательно, при  $u_x = \frac{z}{4}$   $u_\phi = \frac{450}{T}$ ,

$$\text{при } u_x = \frac{z}{16} \quad u_\phi = \frac{1800}{T}.$$

В случаях обработки фрез с правой стружечной спиральной канавкой в гитару устанавливается паразитное колесо  $l$ .

Условия сцепляемости зубчатых колес гитары дифференциала:

$$u \leq 62; k \leq 63; 142 \geq u + h \geq 64; u + h \geq j + 22; 92 \geq u + l \geq 66;$$

$$j + k \geq h + 2; h + l \geq 48; u + h + j + k \geq 122.$$

*Цепь винторезного движения* согласует вращение шпинделя станка с вращением ходового винта. Движение на ходовой винт передается через реверсивный механизм, двухпарную гитару и зубчатую муфту  $3M_2$ . На реверсивный механизм движение от шпинделя передается напрямую (цепь  $a$ ,  $u = 1 : 1$ ) или через звено увеличения шага (цепь  $b$ ,  $u = 4 : 1$ , цепь  $v$ ,  $u = 16 : 1$ ) переключением рукоятки.

Формулы настройки винторезной гитары:

без звена увеличения шага

$$u_y = \frac{d f}{e g} = \frac{t_n}{12};$$

со звеном увеличения шага по цепи  $b$

$$u_y = \frac{d f}{e g} = \frac{t_n}{12 \cdot 4};$$

со звеном увеличения шага по цепи  $v$

$$u_y = \frac{d f}{e g} = \frac{t_n}{12 \cdot 6};$$

где  $t_n$  – шаг нарезаемой (затылуемой) резьбы. Для резьбы дюймовой  $t_n = t_n'' \cdot 25,4$  мм и модульной  $t_n = \pi m$  мм.

Условие сцепляемости зубчатых колес гитары:

$$d \leq 86; d + e \geq f + 27; f + g \geq e + 22; 155 \geq d + e \geq 87; d + e + f + g \geq 280.$$

Наладка и подготовка универсальных токарно-затыловочных станков к работе должна производиться в соответствии с технологической картой.



Основные этапы подготовки и наладки следующие:

- изучение чертежа и технологической карты, подбор необходимых режущих и измерительных инструментов, зажимных и установочных приспособлений;
- расчет настроек кинематических цепей, числа зубьев сменных колес гитар затылования, подачи и дифференциала, проверка колес на сцепляемость;
- подбор и установка сменных зубчатых колес на гитарах, установка приспособлений, заготовки и инструмента;
- установка кулачка или настройка устройства для получения хода резца на заданную величину спада затылка фрезы;
- настройка рукояток станка и пульта управления на заданный режим работы;
- окончательное регулирование режущего инструмента, положения кулачка, жестких упоров суппорта и каретки;
- опробование наладки на холостом ходу и в работе;
- установка защитных устройств.

Затылование дисковых фрез. Для дисковых фасонных фрез затылование обычно является финишной операцией. Затылованная поверхность согласно ГОСТ 9305–93 должна иметь параметр шероховатости  $Ra \leq 2,5$  мкм.

Точность профиля проверяется с помощью шаблона по величине просвета. При радиусе профиля  $R = 1,5 \dots 2,5$  мм просвет  $\leq 0,05$  мм, при  $R = 3 \dots 6$  мм – просвет  $\leq 0,08$  мм, при  $R = 18 \dots 25$  мм просвет  $\leq 0,15$  мм.

Для повышения производительности осуществляют предварительное (при больших скоростях и глубинах резания) и окончательное затылование (при малых скоростях резания). Обработку выполняют черновым и чистовым фасонными резцами (рис. 5.8).

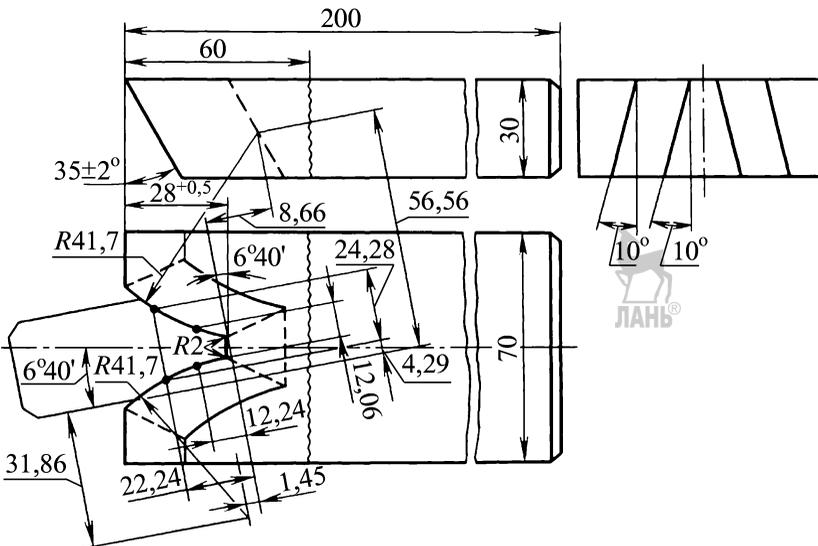


Рис. 5.8. Резец для затылования дисковых модульных фрез

Сокращению времени обработки способствует последовательная обработка нескольких фрез, установленных на одной оправке.

Порядок наладки станка для затылования дисковых фрез следующий:

- настроить цепи главного движения и затылования соответствующей установкой рукояток управления и сменных зубчатых колес на гитаре затылования;
- отключить винторезную цепь рукояткой тrenzеля, поставив ее в нулевое положение, а при отсутствии тrenzеля расцепить зубчатые колеса гитары;
- закрепить каретку от продольных смещений, зажав болт для крепления каретки (справа на ее передней планке), исключив возможность ее сдвига относительно направляющих станины;
- установить затыловочный резец в резцедержателе строго по центру обрабатываемой детали с помощью шаблона и цилиндрической оправки, закрепленной в центрах передней и задней бабок;
- наладить величину хода затылования установкой кулачка с соответствующим подъемом рабочей кривой или бесступенчато (вращением винта специального устройства);
- установить одну или несколько дисковых фрез на специальную оправку; закрепить оправку в центрах станка;
- установить момент отскока режущего инструмента, поворачивая шпиндель с заготовкой относительно неподвижного режущего инструмента или используя механизм коррекции отбоя. Отскок резца должен происходить сразу же за спинкой затылуемого зуба, после того как будет срезана с него стружка. Момент отскока устанавливается по самой глубокой точке профиля; при коррекции момента отскока резца необходимо переключатель на фартуке станка установить в позицию "Коррекция отбоя" и нажать кнопку управления электродвигателем. Данную настройку следует осуществлять при включенной гитаре дифференциала, даже если дифференциальная цепь отключена;
- отрегулировать силу пружин таким образом, чтобы отскок происходил достаточно интенсивно. С увеличением числа затыловочных движений в минуту необходимо силу пружин увеличивать, не допуская сильных ударов.

Основные виды брака при затыловании дисковых фрез приведены в табл. 5.8.

### 5.8. Виды брака при затыловании и способы его устранения

Брак	Причина	Способ устранения
Не выдержан профиль зуба фрезы	Неправильно установлен резец Неверно изготовлен резец	Установить резец строго по шаблону Заменить резец
Задиры поверхности	Резец установлен ниже центра	Установить резец по центру
Скалывание стружки с затылка	Большая глубина резания	Уменьшить поперечную подачу

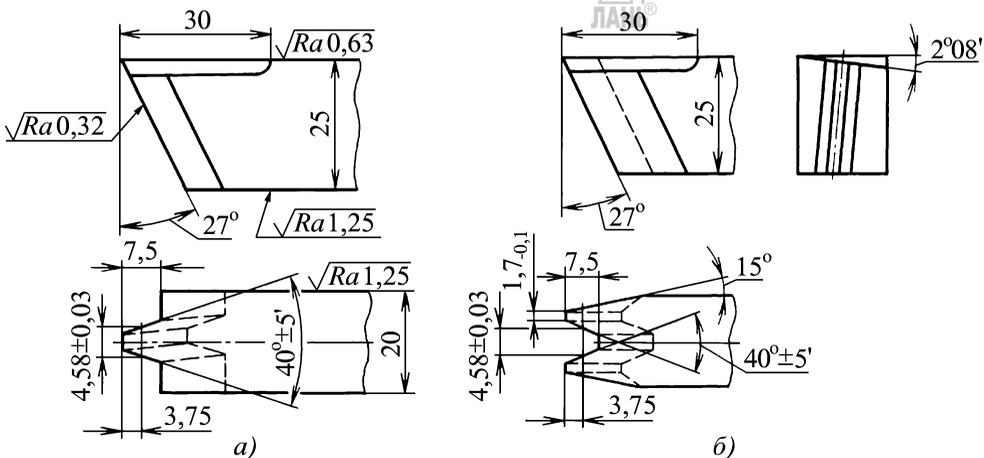
Окончание табл. 5.8

Брак	Причина	Способ устранения
Завал режущей кромки зуба фрезы Затылок зуба фрезы обработан не полностью	Запаздывание отскока резца Преждевременный отскок резца	Отключить цепь затылования, установить правильно момент отскока резца
На затылованной поверхности имеется дробление	Зазор на опорах шпинделя Зазоры направляющих суппорта Большой вылет резца Слабое закрепление резца	Отрегулировать подшипники Подтянуть планки и клинья суппорта Уменьшить вылет резца Закрепить резец
Полонка зуба затылуемой фрезы	Слишком велико запаздывание отскока резца	Установить правильно момент отскока резца

**Затылование червячных модульных фрез.** Токарное затылование червячных фрез класса С с нешлифованным профилем и червячное затылование фрез классов АА, А и В со шлифованным профилем производится:

при  $m \leq 4$  – одним фасонным резцом, охватывающим весь профиль впадины и наружный диаметр (рис. 5.9, а), или резцом, охватывающим весь профиль зуба (рис. 5.9, б);

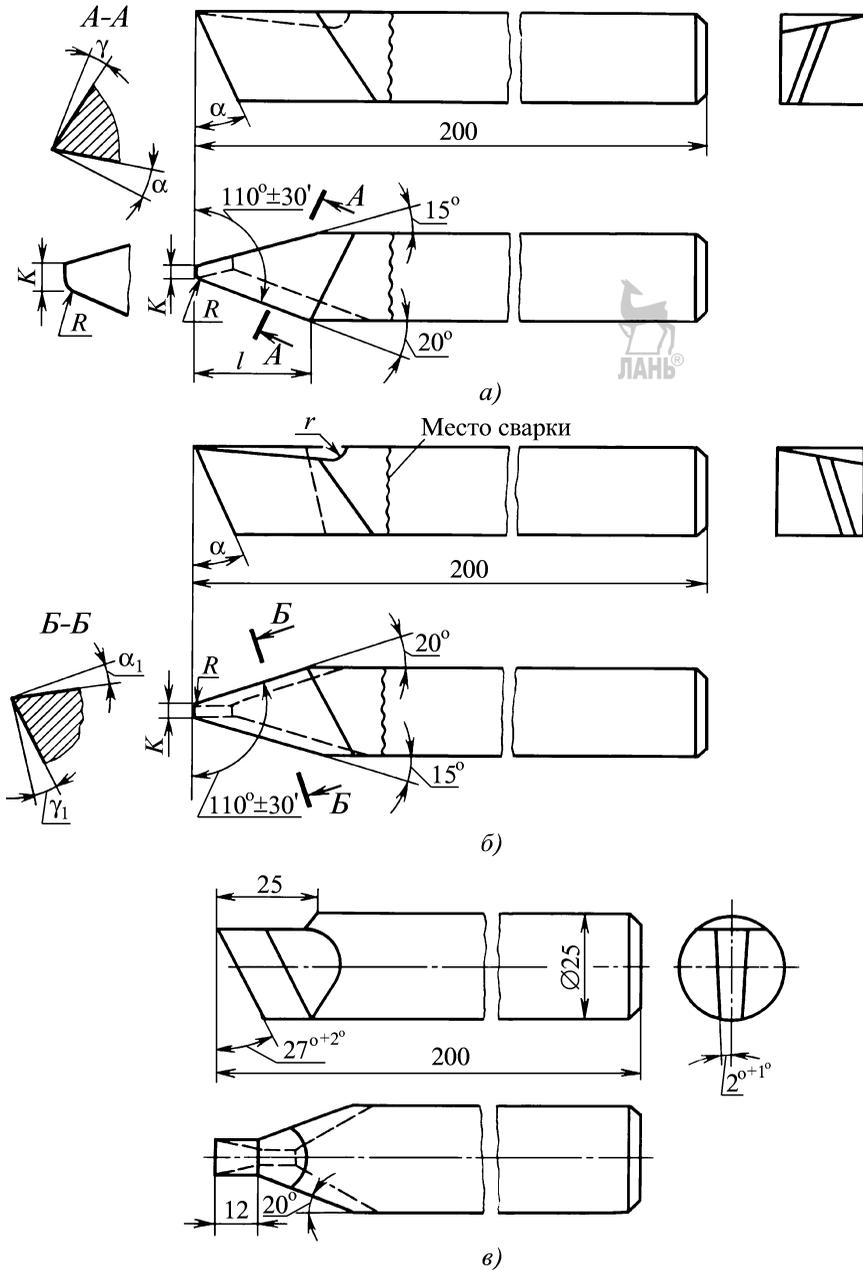
при  $m \leq 6$  – фасонным резцом, охватывающим весь профиль впадины, и затем резцом с прямолинейным лезвием по наружному диаметру;



**Рис. 5.9. Резцы для затылования фрез с модулем  $m \leq 4$ :**

а – охватывающий весь профиль впадины и наружный диаметр;

б – охватывающий весь профиль зуба



**Рис. 5.10. Комплект резцов для затылования червячно-модульных фрез с  $m > 6$ :**

а – правый резец; б – левый резец; в – резец для затылования дна впадины

при  $m > 6$  – комплектом резцов (рис. 5.10) для отдельного затылования правой и левой сторон впадины, дна впадины и затем резцом для затылования наружного диаметра фрезы.

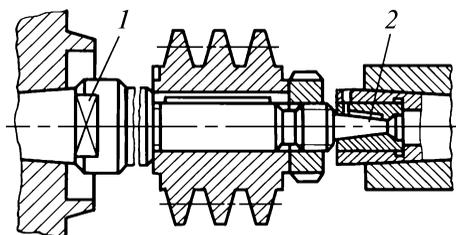


Рис. 5.11. Установка заготовки фрезы при затыловании:

- 1 – оправка с лысками;  
2 – бронзовая втулка

Наиболее производительное затылование мелкозубных фрез фасонными резцами полного профиля впадины (см. рис. 5.9, а). Однако при этом затруднено образование стружки у дна впадины, что вызывает повышенное изнашивание таких резцов.

Резцы устанавливаются по шаблонам с минимальным вылетом. Режущие кромки должны располагаться в горизонтальной плоскости.

Скорость резания и частота вращения шпинделя ограничиваются числом двойных ходов отбойной плиты, обеспечивающих ее отскок в пределах стружечной канавки. Глубина резания в начале затылования – до 0,3 мм, в конце – до 0,02 мм.

Установка заготовки фрезы производится на жесткой оправке (рис. 5.11), исключающей проворачивание при обработке с ударами.

Для затылования многозаходных червячных фрез необходимо повернуть заготовку на  $1/n$  оборота при переходе к затылованию витка следующего захода ( $n$  – число заходов). Для этого у некоторых станков имеется специальная делительная планшайба, снабженная набором делительных дисков для различного числа заходов.

При затыловании червячных фрез основные виды брака те же, что и при затыловании дисковых фрез. Возможно также появление брака, связанного с искажением шага винтовой линии из-за неправильной настройки винторезной цепи.

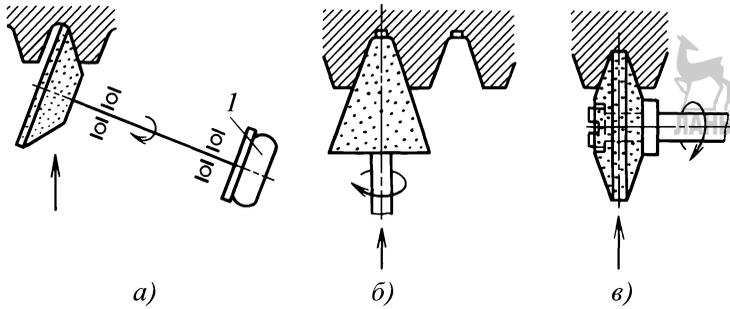
**Затылование шлифованием.** При затыловании шлифованием вместо токарного суппорта на станок устанавливают шлифовальный. На всех отечественных затыловочных станках применяют суппорты с электродвигателем, установленным на отдельном кронштейне. При этом вибрации от дисбаланса ротора электродвигателя гасятся ременной передачей.

Шлифование профиля червячно-модульных фрез разделяется на черновое (затылование по наружному диаметру и затылование профиля с двух сторон) и чистовое по диаметру; по правой и левой боковым сторонам профиля; по радиусу зуба с правой и левой стороны.

Величина шлифовального участка зуба у фрез классов АА, А и В с модулем  $m \leq 4$  должна составлять по наружному диаметру не менее  $1/2$  длины поверхности зуба; у фрез с модулем  $m > 4$  – не менее  $1/3$  длины поверхности зуба.

Затылование осуществляется кругами СМ1, СМ2 на керамической связке зернистостью 40–80.

Точность затылования шлифованием зависит от установки шлифовального круга относительно шлифуемого профиля и его правки с использованием



**Рис. 5.12. Варианты затылования шлифованием червячной модульной фрезы:**

*1* – шків

имеющихся для этой цели приспособлений. Для обеспечения высокой точности операции ее целесообразно выполнять на специально закрепленных за этой операцией станках\*.

Настройка кинематических цепей станка производится, как и при затыловании, резцами.

На рис. 5.12 приведены три случая шлифования профиля червячно-модульных фрез. В случае *a* шлифование осуществляется чашечным кругом. В случаях *б* и *в* шлифовальные круги заправляют соответственно профилю шлифуемых фрез.

При работе дисковыми шлифовальными кругами происходит искажение профиля зубьев фрезы, которые зависят от угла подъема винтовой линии. При угле подъема до  $4...5^\circ$  и  $m \leq 2,5$  этой погрешностью можно пренебречь.

Затылование фрез с  $m = 2,5...15$  рекомендуется выполнять чашечными кругами с углом профиля  $35...37^\circ$  и с диаметром  $70...50$  мм, а фрез с  $m > 15$  – пальцевыми. При этом черновая подача должна быть до  $0,1$  мм, а чистовая – до  $0,005$  мм. При шлифовании затылка по верху необходимо обеспечить отсутствие на задней кромке зуба выступа в виде "седла", которое образуется при большом диаметре круга.

Брак при затыловании шлифованием обусловлен как самим процессом шлифования, так и заправкой круга и настройкой станка.

При шлифовании возникают следующие виды брака: прижоги затылованной поверхности вследствие чрезмерно большой глубины резания и подачи, неудовлетворительная шероховатость, риски и дробление поверхности. Причинами некачественной поверхности могут быть крупная зернистость и несбалансированность круга, зазоры в соединениях станка, а также неравномерные припуски и твердость после термообработки фрезы.

Волнистость затылуемой поверхности обычно является следствием биения шлифовального шпинделя, несбалансированности электродвигателя, неправильной сшивки и натяжения приводного ремня шпиндельного приспособления.

\* Методом шлифования осуществляется также затылованием метчиков и сверл на специальных станках СЦ-060, СЦ-018 и др.

Виды брака, связанные с заправкой круга и настройкой станка, приведены в табл. 5.9.

### 5.9. Виды брака при затыловании шлифованием червячно-модульных фрез

Вид брака	Причина	Способ устранения
Боковая поверхность профиля зуба шлифуется не полностью	Неправильно заправлен шлифовальный круг	Исправить кривизну шлифовального круга
Седлообразность на затылованной вершине зуба	Неправильно подобран шлифовальный круг	Заменить шлифовальный круг кругом меньшего диаметра
Отклонение направления зуба фрезы относительно ее оси превышает допустимое	Ось оправки, на которой закреплена червячная фреза, непараллельна перемещению суппорта при продольной подаче	Выставить на соосность переднюю и заднюю бабки
	Угол поворота шлифовального суппорта не соответствует углу наклона винтовой линии червячной фрезы	Установить точно шлифовальный суппорт
Накопленная ошибка шага червячно-модульной фрезы больше допуска	Неверно подобраны сменные колеса гитары винторезной цепи	Настроить гитару винторезной цепи с большей точностью и заменить сменные зубчатые колеса
Отклонение профиля червячно-модульной фрезы от прямолинейности превышает допустимое	Износились зубчатые колеса гитары винторезной цепи	Заменить сменные зубчатые колеса на новые
	Шлифовальный круг подобран неверно	Заменить шлифовальный круг на круг меньшего диаметра
	Шлифовальный круг закаливается	Заменить шлифовальный круг на менее твердый и на крупнозернистый
	Применен дисковый шлифовальный круг	Чаще править шлифовальный круг
		Заменить дисковый шлифовальный круг на чашечный (лучше на пальцевый)



**Затылование резьбовых фрез.** Согласно ГОСТ 1336–77 (в ред. 1991 г.) эти фрезы имеют два класса точности. Для них соответственно допускается биение профиля резьбы 0,03 и 0,04 мм и параметр шероховатости поверхности  $Ra$  0,32 и 0,63.

Предварительная кольцевая нарезка с одновременным затылованием осуществляется гребенкой или резцом. После термообработки чистовое затылование выполняется многониточным или однопониточным абразивным кругом.

При затыловании резцом или однопониточным кругом после обработки одного витка инструмент перемещается на величину шага резьбы. Точность шага обеспечивается применением специального приспособления, настраиваемого по конечным меркам.

## 5.5. ТОКАРНЫЕ ГИДРОКОПИРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Такие станки предназначены для обработки в центрах штучных заготовок ступенчатого и криволинейного профиля в условиях серийного производства. Поперечная подача суппортов, прижим заднего центра, а в ряде случаев и продольная подача осуществляются посредством гидропривода. Продольная обработка производится по копиру одним резцом на высоких режимах резания.

Гидрокопировальные станки выпускают двух видов: многорезцовые копировальные с механической продольной подачей каретки (мод. 1708, 1713, 1716Ц) и копировальные, у которых все движения подач осуществляются от гидропривода (мод. 1712, 1722, 1Б732). Станки первой группы допускают многорезцовую обработку с двумя независимыми копировальными однорезцовыми суппортами или блоками резцов и более универсальны в наладке. Применение их особенно целесообразно при обработке длинных нежестких валов и чистовой обработке шеек ступенчатых валов.

У станков второй группы каретка вертикального копировального суппорта перемещается от гидроцилиндра. Подача двух поперечных суппортов производится от копиров, перемещаемых посредством гидроцилиндра. Установочные перемещения каретки, вертикального и поперечного суппортов и задней бабки выполняются вручную.

Технические данные наиболее распространенных гидрокопировальных токарных полуавтоматов приведены в табл. 5.10.

**Наладка токарно-гидрокопировальных станков.** Станки могут быть настроены на следующие рабочие движения: одновременная работа двух суппортов; последовательная работа копировального и поперечного суппортов; обработка одним копировальным суппортом.

Элементы цикла работы копировального суппорта: быстрый продольный и поперечный его подвод; рабочая подача (первая и вторая) с быстрым прохождением необрабатываемых поверхностей; быстрый поперечный и продольный отвод суппортов (последовательно или одновременно).

Управление переключением частот вращения шпинделя, рабочих подач и холостых (вспомогательных) ходов осуществляется посредством упоров, воз-

### 5.10. Технические характеристики базовых моделей токарных гидрокопировальных полуавтоматов



Параметр	1708	1713	1716Ц*	1Б732
Диаметр заготовки, мм, устанавливаемой над:				
станиной	320	400	400	590
суппортом	180	250	200	320
Длина заготовки, мм, не более	500	710	750	1000; 1400; 2000
Диапазон частоты вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	160...1600	125...1250	100...2000	56...710* <sup>2</sup>
Продольная подача копировального суппорта, мм/об	0,05...1,6	0,08...0,3	–	20...45 мм/мин
Подача поперечного суппорта, мм/мин	10...630	13...405	–	10...240
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	17	22	17	22; 30; 40; 56
Габаритные размеры станка, м	2,4×1,6×2,0	2,4×1,5×2,0	3,0×1,5×2,2	4,7×1,8×2,6
Масса, кг	3500	4800	4850	10 т; 11,5 т; 12,5 т

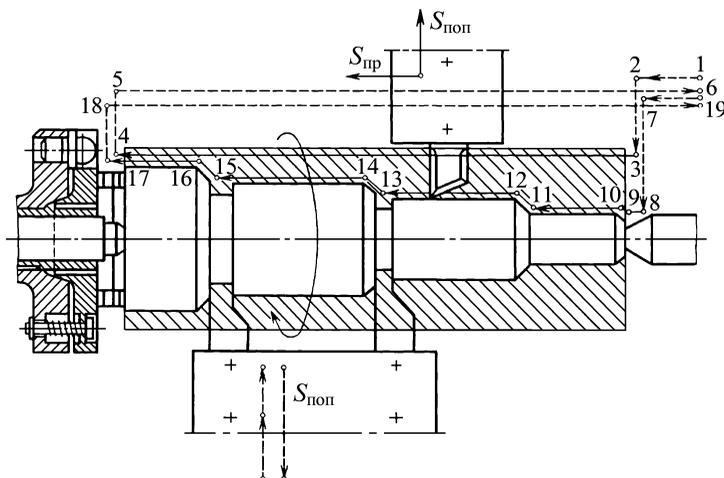
\*1 С цикловой настройкой штекерной панели.

\*2 Возможен диапазон 56...900 мин<sup>-1</sup>.

действующих на конечные выключатели. Схема расстановки кулачков и конечных выключателей для каждой модели станка приводится в руководстве к станку.

Необходимый профиль детали получают путем установки копира.

Обработка валиков может проводиться в один, два или несколько переходов. Однопереходная обработка применяется при чистовом обтачивании. Схема двухпереходной обработки показана на рис. 5.13. Первый переход выполняется по траектории 1-2-3-4-5-6 при шупе, приподнятом посредством специального упора (таких переходов может быть и несколько, при обтачивании гладких валов). Следующий переход производится уже по копиру – траектория резца: 6-7-8, 9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19.



**Рис. 5.13. Схема двухпереходного обтачивания валика на токарно-копировальном полуавтомате:**

1–19 – точки траектории резца

Используя поворотный копиродержатель с четырьмя гнездами, осуществляют многопереходную копировальную обработку или последовательную обработку различных заготовок с необходимой подналадкой упоров.

Копиры изготавливают из сталей 45, 40X, 65Г с твердостью после закалки до 46,5...51,5 HRC и параметром шероховатости рабочих участков не ниже  $Ra = 0,63$  мкм. Профиль копира должен соответствовать профилю детали. Допуск по высоте  $\pm 0,01$  мм, по длине  $\pm 0,1$  мм. Для подхода резца в начале обработки у копира справа должен быть участок длиной 25...30 мм, слева, для выхода щупа, участок длиной  $\sim 100$  мм на диаметре последней ступени. Остальные размеры определяются конструкцией станка (минимальное расстояние от торца копировального суппорта до линии центров, от торца щупа до опорной поверхности кронштейна копиродержателя и др.).

При устранении брака и неисправностей в работе гидрокопировальных станков следует руководствоваться табл. 5.11.

**5.11. Виды брака и способы его устранения при работе на копировальных полуавтоматах**

Вид брака	Причина	Способ устранения
Дробленая поверхность	Неравномерно перемещается копировальный суппорт: из-за сильной затяжки направляющих; из-за заклинивания золотника автоматического регулятора	Обеспечить затяжку направляющих с зазором 0,03...0,04 мм; разобрать, промыть и отрегулировать регулятор гидросистемы

Продолжение табл. 5.11

Вид брака	Причина	Способ устранения
Резец копи- ровального суппорта не обрабатывает углубления на детали	Заклинивает золотник ко- пировальной головки	Разобрать и промыть головку и при необходимости притереть золотник
Снижение точности обработки от копира	Изношен наконечник или сам копир	Заменить их
Искажение угла наклона поверхности детали	Течь в трубопроводе под- вода масла в гидроцилиндр продольного перемещения	Устранить течь
Наклонные поверхности при копиро- вальной об- работке тор- цов	Изношен автоматический регулятор гидросистемы	Заменить гидропанель копиро- вального суппорта
Сильно гре- ется передняя опора шпин- деля и пино- ли задней бабки	Завышено давление под- жима пиноли Неправильно отрегулиро- ваны зазоры в подшипни- ках шпинделя	Установить правильное давле- ние Отрегулировать зазоры
Отсутствие подачи: продольной копироваль- ного суппор- та	Засорен дроссель подачи Не срабатывают автоматиче- ский регулятор реле давления Неисправность конечного выключателя	Промыть и отрегулировать дроссель Отрегулировать регулятор и реле Устранить дефект или заме- нить выключатель
поперечной подачи Не перемеща- ется панель задней бабки	Засорен дроссель, течь в трубопроводе Разрегулировано давление поджима пиноли	Разобрать и промыть, уstra- нить течь Отрегулировать давление
	Задиры на пиноли или за- клинивание от перегрева Обрыв или течь в трубо- проводе	Устранить задиры или причины перегрева Устранить течь

Вид брака	Причина	Способ устранения
Недостаточное давление в гидросистеме или его отсутствие при работающем насосе	Засорился или разрегулирован золотник предохранительного клапана в гидропанелях	Прочистить и при необходимости притереть золотник
	Засорился или разрегулирован обратный клапан в гидропанелях	Разобрать, промыть и отрегулировать поджим клапана пружиной

### 5.6. ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОКАРНЫМИ СТАНКАМИ

Системы ЧПУ токарных станков отличаются тем, что управляют двумя осями,  $X$  и  $Z$ . В этой связи операции точения относятся к двухосевой обработке. Движение инструмента осуществляется при одновременном включении продольной  $S_{пр}$  и поперечной  $S_{поп}$  подач (рис. 5.14), что обеспечивает непрерывное управление движениями рабочих органов в соответствии с необходимыми изменениями траектории и скорости перемещения инструмента для получения заданного профиля. Такая система управления называется контурной (рис. 5.15).

При обработке деталей сложного профиля применяется несколько резцов, устанавливаемых в резцедержатель из магазина инструментов по команде управляющей программы (рис. 5.16). Возможен вариант резцедержателя с поворотной головкой, однако магазин позволяет использовать гораздо больше инструментов. Цифрами I – IV обозначены номера резцов и соответственно позиции инструментальной головки. Точки ИТ – координаты включения инструментов в работу.

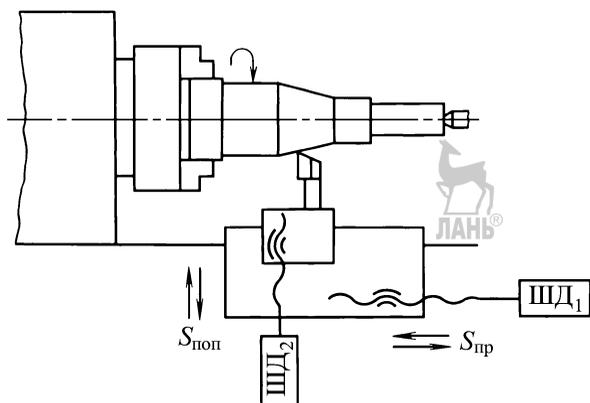


Рис. 5.14. Принципиальная схема управления станком: ШД – шаговые двигатели

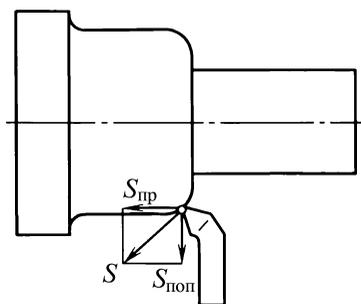
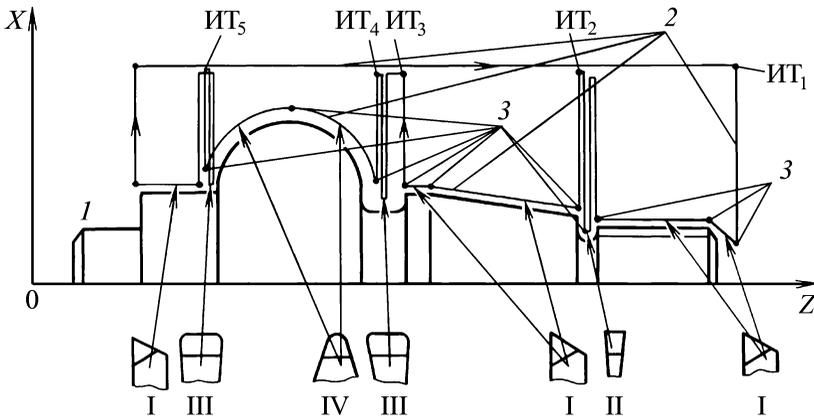


Рис. 5.15. Контурная система управления



**Рис. 5.16.** Позиции и траектории движения инструментов при обработке фасонной заготовки на токарном станке с ЧПУ:

1 – базовый торец; 2 – расчетная траектория движения инструментов;  
3 – опорные точки при расчете траектории

### 5.7. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СТАНКОВ С ЧПУ

В зависимости от ориентации шпинделя различают токарно-лобовые и токарно-карусельные станки. Токарно-лобовые станки, горизонтальной ориентации (рис. 5.17), используют для обработки деталей типа вал, фланец, втулка, штуцер, а карусельные, с вертикальным шпинделем – для обработки деталей типа диск, кольцо и т.д. (рис. 5.18). Однако схема управления станком от компоновочного решения не зависит, в обоих случаях требуется обеспечить обработку с продольной и поперечной подачей.

Согласно принятой в России системе обозначений, оснащенные системами ЧПУ токарные станки обозначаются маркой соответствующей модели обычного



**Рис. 5.17.** Токарно-лобовой станок  
Стерлитамак 160HT



**Рис. 5.18.** Токарно-карусельный станок  
Berthiez TFM 160

станка с добавлением буквы и цифры, определяющих тип системы ЧПУ: Ф1 – цифровая индикация с предварительным набором координат; Ф2 – система ЧПУ позиционного типа; Ф3 – контурного типа; Ф4 – универсальная система ЧПУ; Ф5 – пятикоординатный обрабатывающий центр. К обозначению модели станка с ЧПУ добавляются индексы С1, С2, С3, С4, С5, характеризующие различные модели систем ЧПУ и технологические возможности станков.

Станки модификаций С4 и С5 имеют более высокий диапазон подач, обеспечивают полуавтоматическую обработку заготовок со сложными наружными и внутренними поверхностями, а также нарезку резьбы. Таким является, например, токарно-лобовой станок 16К20Ф3С5.

Характеристики для сравнения токарно-лобовых и токарно-карусельного станков приведены в табл. 5.12.

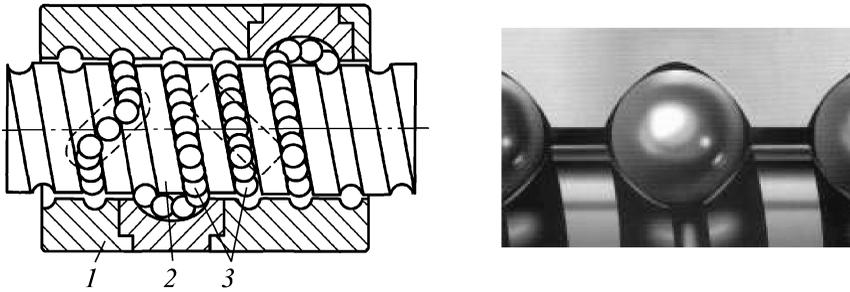
Важным узлом станка является шариковинтовая пара (рис 5.19), предназначенная для преобразования вращательного движения двигателя в поступательное исполнительных органов станка. Возможно также применение реечной пары, обеспечивающей меньшую плавность хода.



Рис. 5.19. Общий вид шариковинтовой пары

### 5.12. Характеристики станков

Параметр	Стерлитамак 160НТ	Berthiez TFM 160
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	200	1860
Наибольшая длина заготовки, мм	120	1000
Диапазон частот вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	0...4000	0...200
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1...15 000	0,1...5000
Тип устройства смены инструмента	револьверная головка	магазин инструментов
Емкость устройства смены инструмента, шт	8	60
Мощность привода главного движения, кВт	12	37
Габаритные размеры, мм	2600×2030×2080	8770×5300×4200



**Рис. 5.20. Конструкция шариковинтовой пары:**

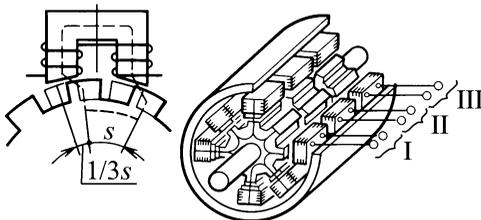
1 – корпус; 2 – винт; 3 – шарики

Поскольку шариковинтовая пара определяет точность позиционирования исполнительных органов станка и, соответственно, точность обработки, обслуживанию этого узла уделяется особое внимание. Шарики предназначены для замены трения скольжения трением качения, что повышает КПД и ресурс пары винт–гайка. Одна из множества конструкций узла представлена на рис. 5.20.

Винт шариковинтовой пары приводится в движение при помощи шагового двигателя, рис. 5.21. Ротор и статор двигателя имеют по три секции: I, II, III. Полюсы ротора сдвинуты относительно друг друга по окружности на  $1/3$  полюсного расстояния  $s$ . Когда полюсы секции I ротора находятся напротив полюсов статора, то полюсы секций II и III сдвинуты относительно полюсов статора соответственно на  $1/3$  и  $2/3$  полюсного расстояния  $s$ .

Путем последовательной подачи импульсов на обмотки трех секций осуществляется шаговое вращение ротора и соответствующее поступательное перемещение исполнительного органа. Контроль положения последнего осуществляется при помощи оптических измерительных линеек – это звено обратной связи системы управления.

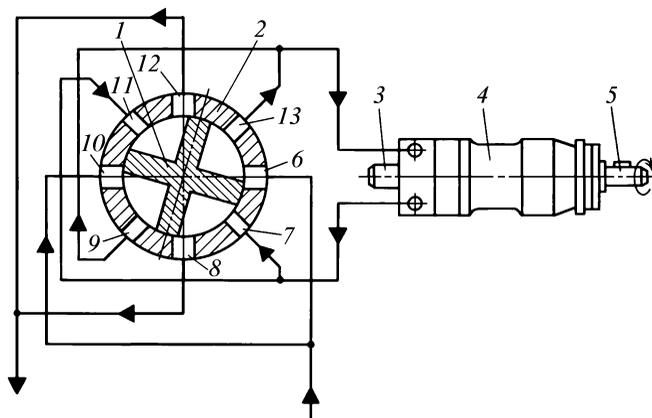
Шаговые двигатели характеризуются малым крутящим моментом. Для увеличения крутящего момента используются гидроусилители (рис. 5.22). Гидроусилитель соединяется с ходовым винтом суппортов посредством зубчатой пары или напрямую. Выходной вал 5 гидромотора 4 соединяется с исполнительным механизмом. Втулка 2 золотника соединена с валом 5, а пробка 1 – с входным валом 3, получающим вращение от шагового двигателя.



**Рис. 5.21. Шаговый двигатель**

Масло от насоса поступает в золотник через отверстия 6 и 10, которые перекрываются при нейтральном положении пробки 1. При смещении пробки от нейтрального положения масло из золотника через отверстия 13 и 9 поступает в гидромотор, а через отверстия 7, 8, 11 и 12 – на слив. Вместе с валом 5 вращается по часовой

Рис. 5.22. Схема гидроусилителя



стрелке и втулка 2 золотника до тех пор, пока она не займет нейтрального положения относительно пробки 1.

Токарно-лобовой станок 16К20Ф3 (рис. 5.23) имеет привод главного движения от электродвигателя  $D_1$  через клиноременную передачу 126/182 и АКС 30-16-51 с шестью электромагнитными муфтами ЭМ<sub>1</sub>–ЭМ<sub>6</sub>. Их переключение обеспечивает девять частот вращения шпинделя на выходном валу III. Отсюда через вторую клиноременную передачу 200/280 вращение передается на приемный вал шпиндельной бабки. За счет передвижного блока  $z_{16}/z_{17}$  на шпинделе он получает два диапазона частот вращения:  $n = 35 \dots 560$  и  $n = 100 \dots 1600$ , в том числе двенадцать различных и шесть повторяющихся в обоих диапазонах.

Продольная подача осуществляется от шагового электрогидравлического привода ЭГ<sub>1</sub> через редукторную зубчатую пару 30/125 к ходовой винт с шариковой гайкой. Для поперечной подачи имеется аналогичный привод (ЭГ<sub>2</sub> и пара 24/100).

Поворот шестипозиционной резцовой головки осуществляется посредством электродвигателя  $D_2$ , зубчатой пары 20/62 и червячной 1/38. Для нарезки резьбы вращение от шпинделя через беззазорную зубчатую пару 60/60 передается на специальный датчик ВЕ-51.

Токарно-центровой полуавтомат 1Б732Ф3 (рис. 5.24) имеет станину наклонно-коробчатого типа, как у обычных гидрокопировальных станков. Отдельно устанавливаются устройство ЧПУ, гидростанция и электрошкаф.

Привод шпинделя осуществляется от электродвигателя  $D_1$  ( $N = 40$  кВт), через АКС 2. Втулочно-пальцевая муфта 4 связывает выходной вал АКС с валом шпиндельной бабки 3. Задняя бабка перемещается посредством реечной передачи 11 вдоль станины. Пиноль поджимается гидроцилиндром.

Шаговый двигатель с гидроусилителем 5 посредством ходового винта и винтовой шариковой пары 6 перемещает каретку продольного суппорта. Другой шаговый двигатель с гидроусилителем 7 через винтовую шариковую пару 8 передает движение поперечному суппорту 9, на котором установлена шестипозиционная резцовая головка. Ее поворот осуществляется посредством гидроцилиндра, шток которого перемещает рейку 10, связанную с зубчатым колесом и муфтой на оси резцовой головки.

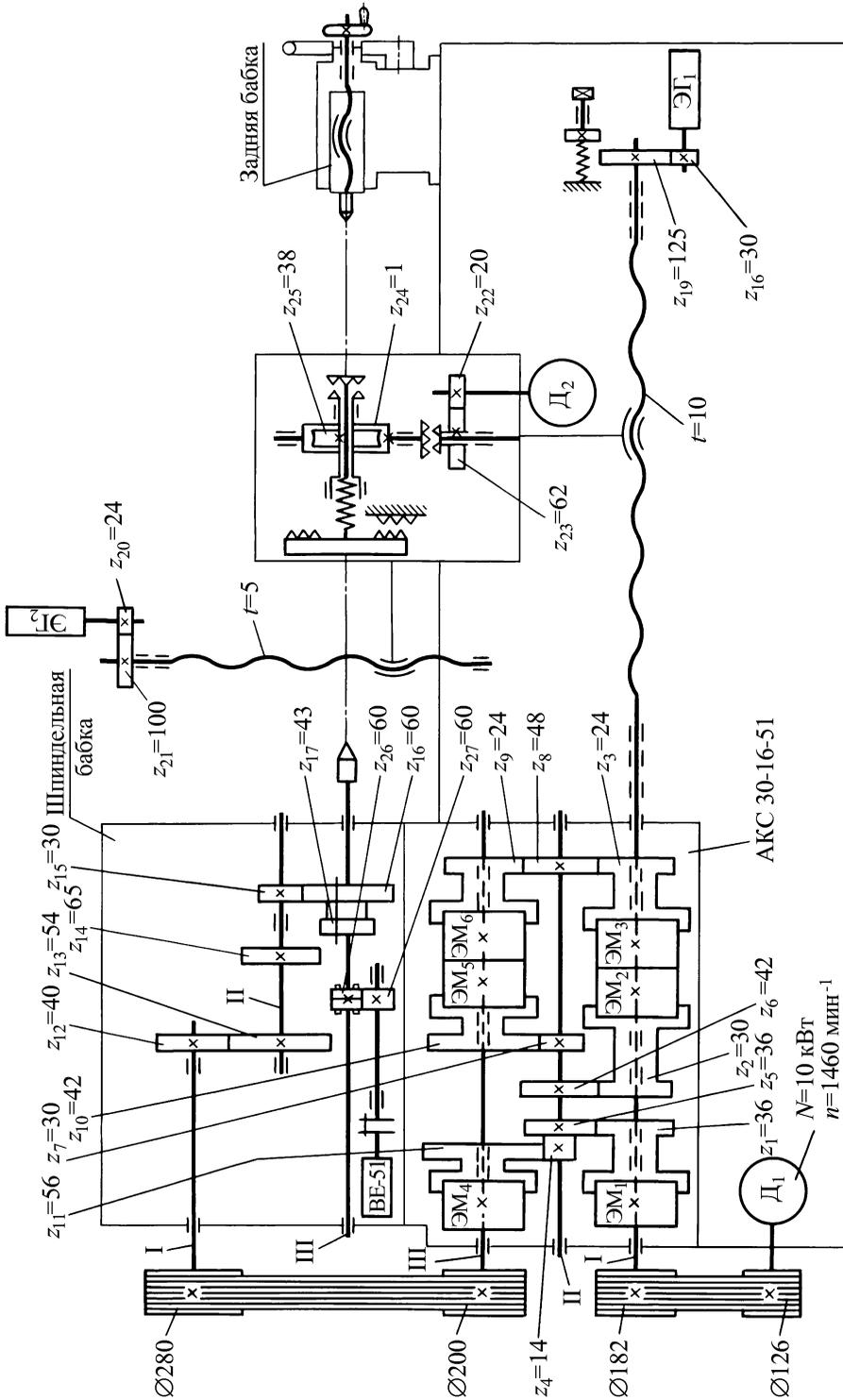
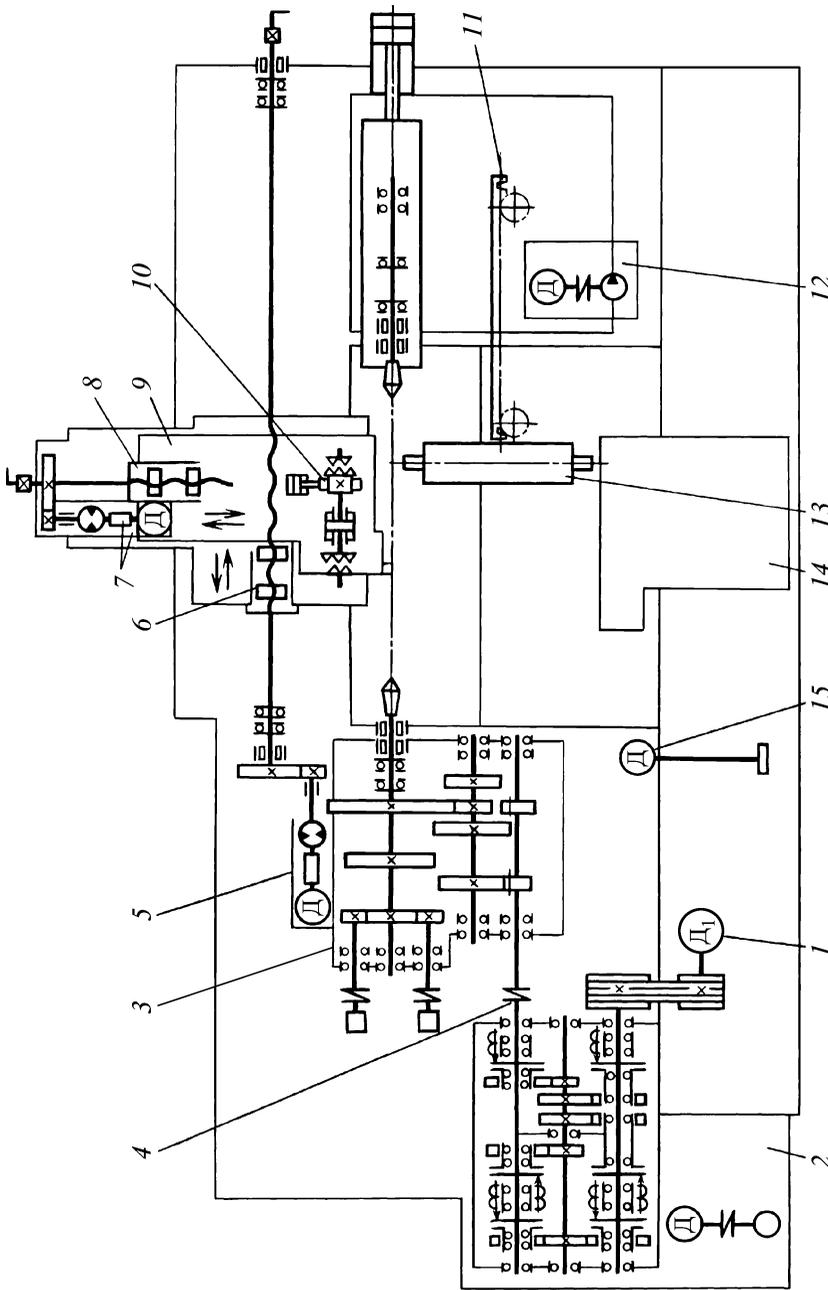
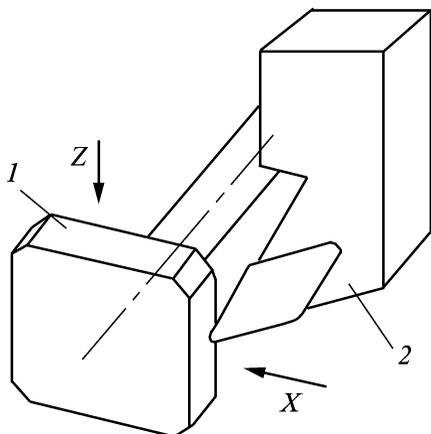


Рис. 5.23. Кинематическая схема станка 16К20Ф3



**Рис. 5.24. Кинематическая схема полуавтомата IB732Ф3:**

- 1 – электродвигатель главного движения; 2 – автоматическая коробка скоростей; 3 – шпиндельная бабка; 4 – втулочно-пальцевая муфта; 5 и 7 – гидроусилители; 6 и 8 – винтовые шариковые пары; 9 – суппорт; 10 и 11 – рейки; 12 – станция смазки; 13 – люнет; 14 – транспортер стружки; 15 – электронасос; Д – шаговые двигатели



**Рис. 5.25. Контроль вылета инструмента на станке**

Станки с ЧПУ требуют особых условий эксплуатации и размещения в цехах. Станки классов точности Н и П могут быть размещены в обычных производственных помещениях, а более высокой точности В и А – в термоконстантных цехах. При этом нормальной температурой эксплуатации считается  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  с колебаниями:  $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  для станков класса Н;  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  для станков класса П;  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  для станков класса В и  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  для станков класса А.

Повышенные требования предъявляются к инструментальной оснастке и ее настройке.

Настройка на размер должна производиться с точностью до  $3\text{...}5\text{ }\mu\text{m}$  и выше при помощи специальных устройств вне станка. Резцовые блоки должны иметь точные базовые поверхности для установки в резцовые головки. Окончательно положение инструмента корректируется при пробной обработке. Использование специального датчика 1 для измерения инструмента 2 (рис. 5.25) освобождает от столь трудоемких работ. Станок, оборудованный датчиком и соответствующим программным обеспечением, позволяет, запустив измерительный цикл, проконтролировать вылет резца как по X, так и по Z в автоматическом режиме и занести полученные данные в таблицу инструментов.

Как при замерах, так и при обработке не следует забывать указывать точку трассировки резца, движение которой рассчитывается в управляющей программе. Это может быть центр окружности радиуса при вершине резца, либо точка, лежащая на касательной к этой окружности. Обычно при расчете используются точка центра рабочего радиуса или точки пересечения касательных к радиусу режущих кромок. Какая именно точка должна быть использована, задается в параметрах инструмента на стойке ЧПУ.

Ведущие мировые машиностроительные предприятия при разработке новых моделей оборудования в большей степени применяют принцип концентрации операций для осуществления комплексной автоматизации производственного процесса. Наблюдается тенденция уменьшения количества специальной оснастки, сложность и высокая стоимость которой часто увеличивает производственный цикл изделия, а также существенно повышает себестоимость единицы продукции. Большие технологические возможности современных машинообрабатывающих центров позволяют во многих случаях отказаться от использования дорогостоящей специальной оснастки. Таким образом, повышение сложности технологического оборудования, способного длительно работать в автоматическом режиме, влечет упрощение технологической оснастки, а в ряде случаев и полный отказ от ее использования.

Японская фирма MORI SEIKI выпускает серии машинно-обрабатывающих центров принципиально новой конструкции. Универсальность данного технологического оборудования заключается в том, что оно позволяет выполнять большое количество формообразующих операций: сверление, растачивание, токарную обработку, фрезерование и даже шлифование. В конструкции станков используется до девяти управляемых координат (револьверные головки, противопиндели, качающаяся фрезерная головка и т.д.), что позволяет обрабатывать корпусные детали, детали типа тела вращения, лопатки, моноколеса, коленчатые валы и многое другое (рис. 5.26).

На рис. 5.27 представлен модельный ряд станков фирмы MORI SEIKI, универсальные обрабатывающие центры MT1500, MT2500, MT3000, MT4000. Данные станки отличаются как по размеру рабочей зоны, так и по компоновке и составу рабочих органов. Обрабатывающие станки одной серии, например MT2500, имеют несколько различных модификаций: MT2500, MT2500Z, MT2500S, MT2500SZ. Указанные модификации станков отличаются по наличию или отсутствию, в зависимости от пожеланий заказчика, в компоновке станка второго шпинделя, задней бабки или револьверной головки. Так, вместо второго шпинделя может быть установлена задняя бабка.

В табл. 5.13 приведены основные технические характеристики станков MT1500, MT2500 и MT4000. Как видно из представленных данных, с увеличением размера станка, увеличивается размер рабочей зоны и максимальные габариты обрабатываемых заготовок. Так, на станке MT4000 возможна обработка валов длиной до 4 м.



Рис. 5.26. Примеры обрабатываемых деталей

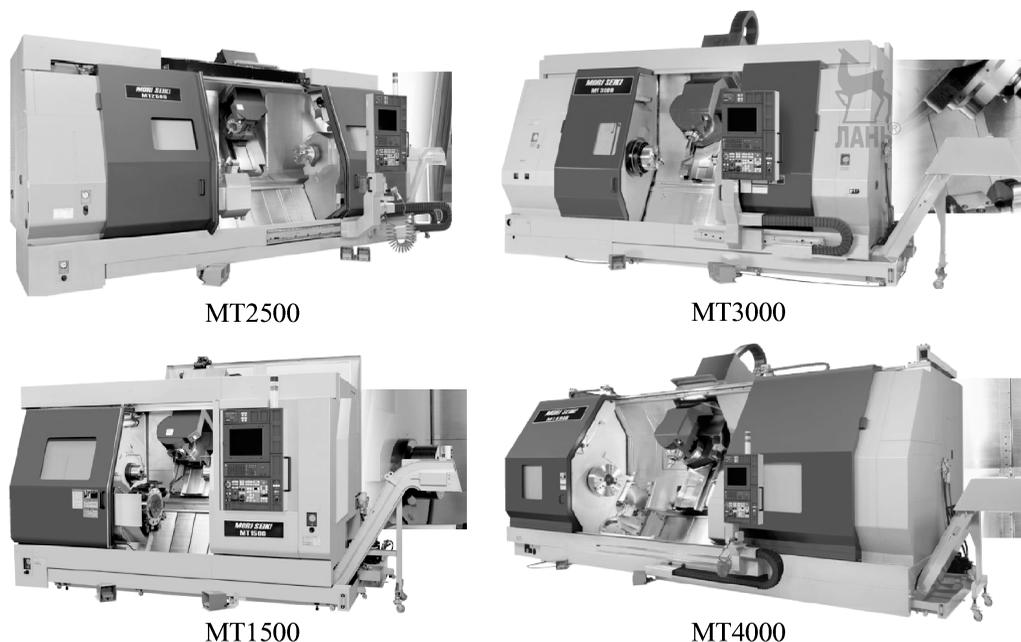


Рис. 5.27. Модельный ряд станков фирмы MORI SEIKI

### 5.13. Технические характеристики станков

Параметр	MT1500	MT2500	MT4000
Максимальная длина заготовки, мм	920	1528	2000...4000
Максимальный диаметр обрабатываемой заготовки, мм	400	540	940
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	6000	4000	2400
Габариты станка, мм	3675×2472×2415	5130×3194×2646	8523×3975×3946

В компоновку станка MT2500SZ включены два синхронизированных шпинделя, револьверная головка, инструментальный шпиндель. В табл. 5.14 приведены технические характеристики станка MT2500SZ. Следует отметить высокие пределы подач, до 24 м/мин, и частот вращения шпинделя, до 8000 мин<sup>-1</sup>, по сравнению с другими традиционными станками токарной группы, что значительно увеличивает технологические возможности оборудования.

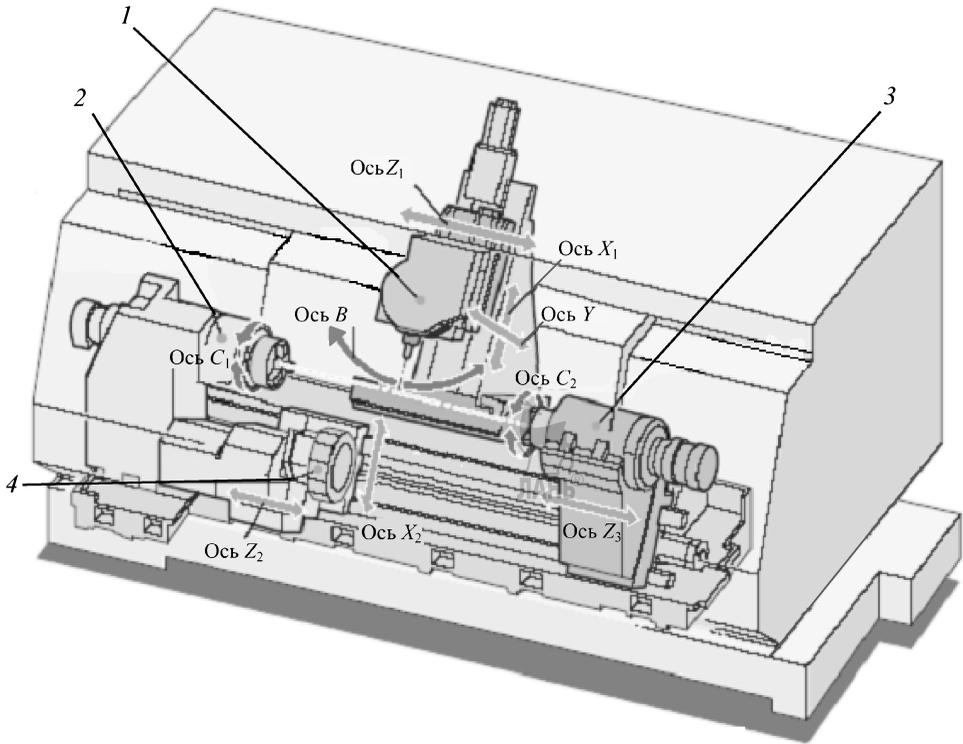
## 5.14. Технические характеристики станка MT2500SZ

Параметр станка	Значение параметра
Количество управляемых координат, шт	9
Максимальная скорость главного шпинделя, мин <sup>-1</sup>	4000
Максимальная скорость инструментального шпинделя, мин <sup>-1</sup>	8000
Тип оправки	Coromant Capto C6
Количество позиций револьверной головки, шт	12
Подача инструментального шпинделя, мм/мин	X: 24 000; Y: 16 000; Z: 24 000; B: 27 (мин <sup>-1</sup> ); C: 400 (мин <sup>-1</sup> )
Подача револьверной головки, мм/мин	X: 20 000; Z: 24 000
Расстояние между шпинделями, мм	1602...1828
Максимальная длина заготовки, мм	910
Максимальный диаметр заготовки, мм	540
Количество мест в инструментальном магазине, шт	20
Число сохраняемых программ, шт	125

Многоосевой токарный центр MT2500SZ (рис. 5.28) имеет 9 управляемых координат, что позволяет производить обработку деталей сложной формы за один установ. Применение инструментального шпинделя с возможностью качания в плоскости  $XZ$  на угол  $\pm 120^\circ$  позволяет осуществлять наряду с токарной фрезерную обработку по 5-ти координатам одновременно, а также сверление наклонных отверстий. При помощи инструментального шпинделя возможна также операция шлифования абразивными кругами диаметром до 400 мм, для чего требуется специальная шлифовальная головка (рис. 5.29). Однако не всегда следует применять этот вид обработки на данном типе оборудования, так как наличие абразива на образующих станка существенно снижает его долговечность и точность.

Инструментальный шпиндель оснащен инструментальным магазином, рассчитанным на 20 (базовый вариант), 40, 60, 120 и 180 мест. Смена инструмента осуществляется за 1,6 с, поэтому доля вспомогательного времени значительно снижается за счет экономии времени на смену инструмента.

Машинообрабатывающий центр MT2500SZ имеет два противоположно расположенных синхронизированных шпинделя, что существенно расширяет технологические возможности станка. Синхронизация двух шпинделей повышает жесткость и точность обработки длинных заготовок. При обработке длинного вала в двух синхронизированных шпинделях пропадает необходимость в центровых отверстиях, которые в ряде случаев являются недопускаемыми элементами в конструкции детали, появляется возможность задействовать в качестве баз более развитые, жесткие поверхности. На практике часто производится



**Рис. 5.28. Схема станка MT2500SZ:**

1 – инструментальный шпиндель; 2 – шпиндель 1 (левый); 3 – шпиндель 2 (правый);  
4 – револьверная головка



**Рис. 5.29. Шлифовальная головка к машинно-обрабатывающему центру MT2500SZ**

одновременная обработка двух деталей, т.е. задействованы 2 шпинделя. Инструментальный шпиндель и револьверная головка могут работать как с одним шпинделем, так и перемещаться от одного шпинделя к другому в зависимости от управляющей программы. Не менее важным преимуществом является также и то, что детали, требующие обработки с двух сторон, например, диски, могут переустанавливаться с одного шпинделя на другой, и будет производиться обработка одновременно 2-х деталей (револьверной головкой на одном шпинделе и шпиндельной головкой на другом).

На шпинделе 2 производятся такие же формообразующие операции, как и на шпинделе 1, однако второй шпиндель

отличается от первого меньшими габаритными размерами, меньшей мощностью и служит для обработки небольших по диаметру заготовок.

Во многих случаях в процессе обработки задействована двенадцатиместная револьверная головка (рис. 5.30). Она позволяет вести как токарную обработку, так и фрезерную. Токарный инструмент устанавливается в инструментальный блок, который крепится на револьверной головке с помощью специального ключа или болтов. Способ крепления зависит от вида револьверной головки, который выбирает заказчик при покупке станка.

Использование вращающегося инструмента в револьверной головке возможно благодаря наличию редуктора мощностью от 1,5 кВт до 7,5 кВт, расположенного внутри головки, но при этом необходимо иметь специальные инструментальные оправки, позволяющие передавать вращение от редуктора к инструменту. Время смены инструмента (поворота револьверной головки) составляет 0,26 с, что значительно сокращает вспомогательное время обработки.

Револьверная головка позволяет устанавливать люнет, который занимает три места для инструмента. При этом люнет может быть подвижным благодаря перемещению револьверной головки по направляющим станка. На практике при обработке одной детали чаще используется инструментальный шпиндель, имеющий больше технологических возможностей, чем револьверная головка.

Дополнительные возможности машинообрабатывающего центра MT2500SZ:

- наличие системы настройки вылета инструмента. Использование данного устройства позволяет свести к минимуму погрешности установки, выверки и настройки инструмента. Устройство находится над первым шпинделем в защищенном от процесса обработки месте и выдвигается во время замера вылета инструмента с последующей корректировкой управляющей программы;

- встроенная измерительная система. Аналогично координатно-измерительной машине измерение детали на станке производится специальной измерительной головкой "RENISHAW", установленной в инструментальный шпиндель. Замеры головкой производятся 2-х видов: замеры базовых поверхностей для определения системы координат обрабатываемой заготовки; замеры обработанных на станке поверхностей для определения годности изготавливаемой детали;

- подача СОЖ через шпиндель. При этом должен применяться специальный инструмент с внутренними отверстиями для подачи охлаждения;

- кабинетные ограждения зоны обработки. Машинообрабатывающий центр имеет надежные раздвижные двери, блокирующиеся в процессе обработки. Смотровое окно изготовлено из многослойного высокопрочного стекла;

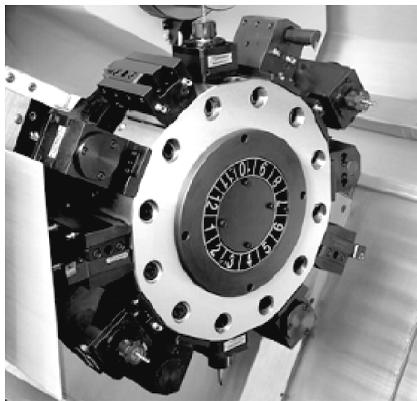


Рис. 5.30. Револьверная головка

– управление зажимом патрона педалью обеспечивает удобство установки и снятия детали, значительно экономит время на зажим-разжим приспособления, позволяет снизить погрешность установки детали, так как оператор в процессе установки использует обе руки. Для тонкостенных деталей возможна предварительная настройка силы закрепления;

– для разработки и редактирования управляющих программ непосредственно на станке в систему числового программного управления "FANUC" встроена система программирования "MAPPS II". Данная система благодаря расширенному набору стандартных циклов позволяет быстро в автоматическом режиме проектировать управляющие программы для простых деталей на стойке станка.

## Глава 6

# ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА К ТОКАРНЫМ СТАНКАМ

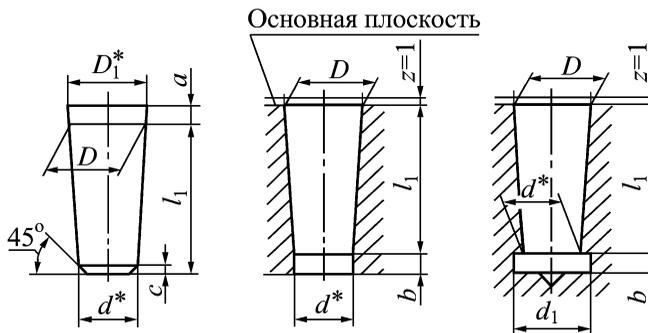
К вспомогательным устройствам токарных станков относятся приспособления или технологическая оснастка для закрепления заготовок. Они должны обеспечивать полное соответствие посадочных мест, элементов креплений, присоединительных размеров используемого токарного станка и режущего инструмента; высокую точность, достаточную жесткость и быстродействие при установке, наладке и закреплении режущего инструмента; возможность полной компенсации погрешностей взаимного расположения инструмента и обрабатываемой заготовки при плавающем или качающемся закреплении инструмента; высокую износостойчивость и компенсацию изнашивания.

При необходимости в состав вспомогательных устройств должны входить элементы и приспособления, повышающие надежность работы режущего инструмента, например приспособления для дробления стружки, подачи СОТС в зону резания, перегрузочно-предохранительные устройства и др.

### 6.1. УГЛЫ УКЛОНА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОНУСОВ

В табл. 6.1–6.5 приведены размеры внутренних и наружных инструментальных конусов.

#### 6.1. Укороченные инструментальные конусы Морзе (ГОСТ 9953–82), мм



\* Размеры для справок.

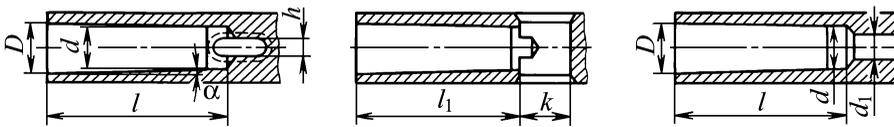
Окончание табл. 6.1

Обозначение конуса	Конус Морзе	Конусность	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$l_1$	$a$ , не более	$b$	$c$
V10 V12	1	1 : 2,047	10,094 12,065	10,3 12,2	9,4 11,1	9,8 11,5	14,5 18,5	3,5	3,5	1
V16 V18	2	1 : 20	15,733 17,78	16 18	14,5 16,2	15 16,8	24 32	5	4	1,5
V22 V24	3	1 : 19,922	21,793 23,825	22 24,1	19,8 21,3	20,5 22	40,5 50,5		4,5	2

Примечания: 1.  $z$  – максимально допускаемое отклонение положения основной плоскости, в которой находится диаметр  $D$ , от ее теоретического положения.

2. Размеры  $D_1$  и  $d$  – теоретические; определяются соответственно по диаметру  $D$  и номинальным размерам  $a$  и  $l_1$ .

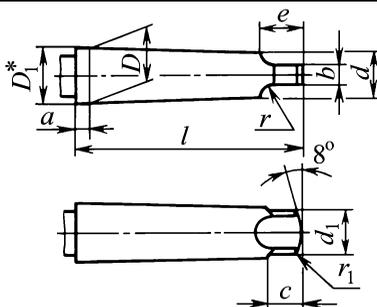
6.2. Внутренние конусы Морзе токарных станков и переходных втулок, мм



Конус Морзе	$D$	$d$	$l$	$l_1$	$k$	$h$	$d_1$	$\alpha$
0	9,045	6,7	52	49	15	3,9	–	1°29'27"
1	12,065	9,7	56	52	19	5,2	7,0	1°25'43"
2	17,780	14,9	67	62	22	6,3	11,5	1°25'50"
3	23,825	20,2	84	78	27	7,9	14,0	1°26'16"
4	31,267	26,5	107	98	32	11,9	18,0	1°29'15"
5	44,399	38,2	135	125	38	15,9	23,0	1°30'26"
6	63,348	54,6	188	177	47	19,0	27,0	1°29'36"

Примечание. Размер  $d_1$  – рекомендуемый.

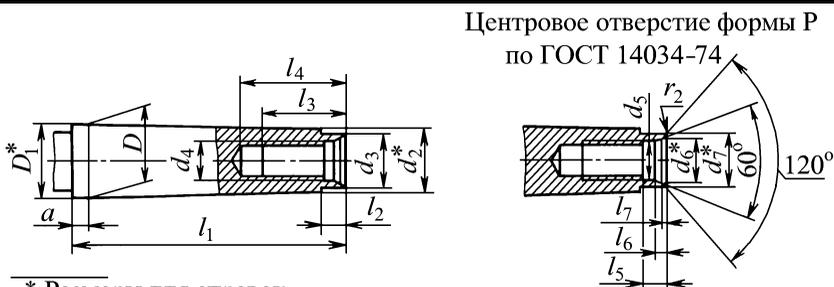
## 6.3. Наружные конусы Морзе с лапкой (ГОСТ 25557–82), мм



\* Размер для справок.

Конус Морзе	$D$	$D_1^*$	$d$	$d_1$	$l$	$a$	$b$	$e$	$c$	$r$	$r_1$
0	9,045	9,2	6,1	6,0	59,5	3,0	3,9	10,5	6,5	4	1,0
1	12,065	12,2	9,0	8,7	65,5	3,5	5,2	13,5	8,5	5	1,2
2	17,780	18,0	14,0	13,5	80,0	5,0	6,3	16,0	10,0	6	1,6
3	23,825	24,1	19,1	18,5	99,0	5,0	7,9	20,0	13,0	1	2,0
4	31,267	31,6	25,2	24,5	124,0	6,5	11,9	24,0	16,0	8	2,5
5	44,399	44,7	36,5	35,7	156,0	6,5	15,9	29,0	19,0	10	3,0
6	63,348	63,8	52,4	51,0	218,0	8,0	19,0	40,0	27,0	13	4,0

## 6.4. Наружные конусы Морзе с резьбовым отверстием (ГОСТ 25557–82), мм



\* Размеры для справок.

Конус Морзе	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$l_7$	$r_2$
1	9,4	9,0	M6	6,4	8,0	8,5	57	5	6	24	3,5	1,53	0,6	0,2
2	14,6	14,0	M10	10,5	12,5	13,2	69		24	32	4,5	1,90		
3	19,8	19,0	M12	13,0	15,0	17,0	86	7	28	37	6,0	2,30	0,6	0,6
4	25,9	25,0	M16	17,0	20,0	22,0	109	9	32	42	8,0	3,20		
5	37,6	35,7	M20	21,0	26,0	30,0	136	10	40	53	10,0	5,50	1,4	2,5
6	53,9	51,0	M24	25,0	31,0	36,0	190	16	50	65	11,0	6,60		

Примечание. Значения  $D$  и  $D_1$  – см. в табл. 6.3.

### 6.5. Углы уклона конусов с нормальной конусностью

Конус- ность	Угол уклона конуса		Конус- ность	Угол уклона конуса	
	расчетный	приближенный		расчетный	приближенный
1 : 200	0°8'36"	1/8°	1 : 7	4°5'8"	4°
1 : 100	0°17'11"	1/4°	1 : 5	5°42'38"	5 3/4°
1 : 50	0°34'23"	1/2°	7 : 24	8°17'50"	–
1 : 30	0°57'17"	1°	1 : 3	9°27'44"	9 1/2°
1 : 20	1°25'56"	1 1/2°	1 : 1,866	15°	–
1 : 15	1°54'33"	2°	1 : 1,207	22°30"	–
1 : 12	2°23'39"	2 1/2°	1 : 0,866	30°	–
1 : 10	2°51'45"	2 3/4°	1 : 0,652	37°30"	–
1 : 8	3°34'35"	3 1/2°	1 : 0,500	45°	–

### 6.2. ЦАНГОВЫЕ ЗАЖИМЫ

Цанговые зажимы – разрезные пружинные гильзы – применяются для точного центрирования и надежного зажима режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком, а также для установки и закрепления пруткового материала или тонкостенных заготовок путем центрирования их по наружной или внутренней цилиндрической поверхности.

Конструктивное оформление цанговых устройств и цанг весьма разнообразно и зависит от назначения, типа станка и формы закрепляемой поверхности заготовки. Основные конструктивные элементы цанги следующие (рис. 6.1): I – рабочая часть (губка, служащая зажимным элементом) включает в себя клиновое передаточно-усилительное звено; II – упругая часть – состоит из лепестков и переходного участка; III – присоединительная часть – включает в себя направляющий поясик и резьбовую часть.

Существует несколько типов цанговых зажимных устройств:

– в которых цанга вталкивается в центрирующий корпус (рис 6.2, а); недостаток этих устройств – возможность осевого перемещения цанги;

– с постоянным положением цанги в момент зажима (рис. 6.2, б); закрепле-

ние инструмента осуществляется при помощи перемещающегося стакана, сжимающего лепестки цанги; смещение цанги в осевом направлении ограничивается колпаком;

– в которых цанга втягивается с помощью натяжной тяги в точно центрованное конусное отверстие втулки, установленной в шпинделе станка (рис. 6.2, в); при этом разрезная часть цанги стягивается и закрепляет заготовку; недостаток таких устройств – осевое

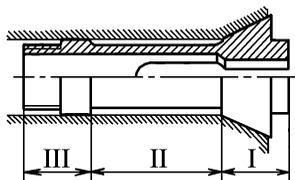
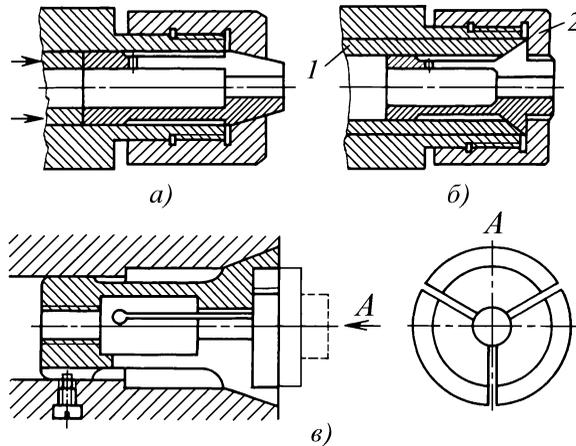


Рис. 6.1. Основные конструктивные элементы цанги



**Рис. 6.2. Конструкции цанговых устройств:**

*a* – цанга выталкивается в центрирующий корпус; *б* – положение цанги постоянно в момент зажима; 1 – стакан; 2 – колпак; *в* – цанга втягивается в конусное отверстие втулки

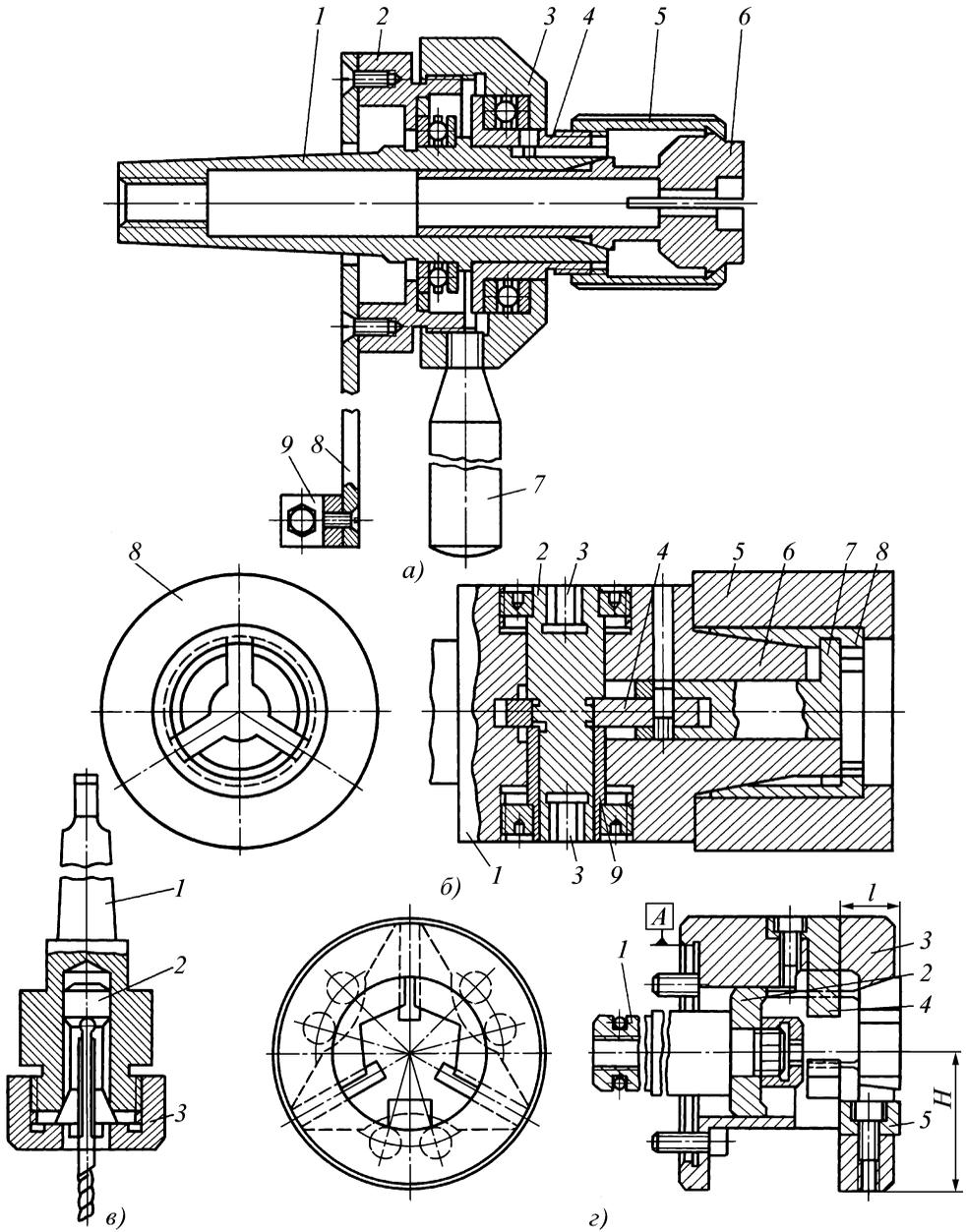
перемещение цанги вместе с заготовкой в направлении от упора, вызывающее погрешности размеров по длине обрабатываемой заготовки.

Выбор материала для изготовления цанг и способ их термической обработки должны обеспечить достаточно высокое сопротивление изнашиванию рабочей поверхности цанги и упругие пружинные свойства лепестков. Цанги небольших размеров с тонкими стенками изготавливают из углеродистых сталей У7А–У10А, У12А или из легированных 4ХС, 9ХС, 18ХГТ, 65Г; крупные цанги часто изготавливают из цементируемых сталей 12ХН3А или 15ХА. Рабочую часть цанги, подвергающуюся истиранию, закалывают в зависимости от марки стали до 56...61 HRC, а пружинную часть – до 36,5...41,5 HRC.

Цанговый патрон с несмещающейся цангой позволяет осуществлять закрепление заготовок без остановки шпинделя токарного станка и предотвращать перемещение цанги в осевом направлении, а следовательно, и обрабатываемой заготовки. Патрон (рис. 6.3, *a*) состоит из корпуса с конусом Морзе, посредством которого он фиксируется в шпинделе токарного станка, цанги, накидной гайки фланца, резьбового кольца, планки, двух упорных подшипников, рукоятки, втулки и распорной скобы с винтом. Планка закреплена на фланце винтами.

Особенность конструкции патрона заключается в том, что цанга имеет два конусных участка. Один такой участок устанавливается в конусное отверстие корпуса, другой, расположенный на разрезной части, служит для сжатия цанги резьбовым кольцом. При вращении шпинделя корпус с цангой и заготовкой также вращаются, а фланец с накидной гайкой остаются неподвижными.

В патроне можно использовать как термообработанные цанги, так и цанги, не подвергнутые термообработке. Последние можно растачивать под диаметр обрабатываемой заготовки. Наличие в корпусе резьбового отверстия позволяет устанавливать упоры, что расширяет технологические возможности патрона.



**Рис. 6.3. Цанговый патрон:**

*a* – с несмещающейся цангой: 1 – корпус; 2 – фланец; 3 – накидная гайка; 4 – втулка; 5 – резьбовое кольцо; 6 – цанга; 7 – рукоятка; 8 – планка; 9 – скоба; *б* – для закрепления заготовок типа втулок: 1 – корпус; 2 – валик; 3 – гнезда под ключ; 4 – тяга; 5 – обрабатываемая заготовка; 6 – конус; 7 – шток с выступами; 8 – цанга; 9 – втулка; *в* – сверлильный: 1 – корпус; 2 – цанга; 3 – гайка; *г* – для закрепления заготовок сложной нецилиндрической формы: 1 – тяга; 2 – цанга; 3 – корпус; 4 – упор; 5 – неподвижный кулачок

*Цанговый патрон для закрепления на токарном станке заготовок типа втулок с базированием на отверстие* состоит из корпуса (рис. 6.3, б) с коническим хвостовиком. В цилиндрической части корпуса размещен механизм зажима детали и конус. В радиальном сквозном отверстии корпуса установлен валик 2 с двумя шестигранными отверстиями, эксцентричным пояском и двумя цилиндрическими центрирующими шейками. Одна шейка расположена в отверстии корпуса 1, вторая – во втулке 9. На эксцентричный поясок надета тяга 4, соединенная винтом со штоком 7, на торце которого имеются три выступа, связывающие тягу со сменной цангой 8. Цанга имеет три продольных паза и кольцевую канавку. Чтобы надеть цангу, необходимо совместить канавки с выступами штока, дослать ее до упора выступов в торец кольцевой канавки и повернуть примерно на  $30^\circ$  в любую сторону. Но перед этим валик надо поворачивать до тех пор, пока шток не займет крайнее правое положение.

Заготовку 5 надевают на цангу и поворачивают валик до отказа с определенной силой. Эксцентричный поясок, расположенный на валике 2, переместит тягу, шток и связанную с ним цангу влево; произойдет зажим заготовки. С целью обеспечения сборки на валик с одной стороны надета втулка 9.

*Цанговые сверлильные патроны* обычно используют для закрепления сверл с цилиндрическим хвостовиком малого диаметра (рис. 6.3, в). Цанга расположена в отверстии корпуса и конусом сопряжена с конусной фаской отверстия. При завинчивании гайки торец ее смещает цангу, которая под действием конусной фаски отверстия корпуса сжимается и закрепляет инструмент, вставленный в цангу. При отвинчивании гайки цанга, упруго деформируясь, разжимается и освобождает инструмент. Для надежности работы патрона угол конуса цанги делают несколько большим (на  $1 \dots 1,5^\circ$ ) угла конуса отверстия в корпусе.

Цанговые патроны надежно закрепляют инструмент и хорошо его центрируют при условии, если диаметр хвостовика инструмента соответствует отверстию цанги. Поэтому для крепления в цанговом патроне инструментов с разными диаметрами хвостовиков к патрону придается набор цанг, обычно с интервалом диаметров 0,1 мм.

Быстрый зажим деталей сложной нецилиндрической формы и их хорошее центрирование при обточке, расточке и подрезке на высокопроизводительных полуавтоматах достигается применением цангового патрона (рис. 6.3, г). На станок патрон устанавливается по базовому отверстию А и закрепляется шестью винтами. Заготовка в патроне базируется по диаметру на неподвижном кулачке 5, а по торцу – до упора 4 и зажимается двухлепестковой цангой 2, которая перемещается в конусе корпуса 3. Движение цанге передается через тягу 1 от пневмоцилиндра станка. Благодаря особому профилю лепестков цанги достигается хорошее центрирование и зажим заготовки. Сменный опорный кулачок позволяет обеспечить настройку патрона на размер  $H$  с изменением в диапазоне 20...30 мм, а сменный упор – настройку патрона для зажима заготовки на длину  $l$  с диапазоном изменения в пределах 12 мм.

## 6.3. СВЕРЛИЛЬНЫЕ ПАТРОНЫ

Самоцентрирующие сверлильные патроны являются более универсальным и быстродействующим вспомогательным инструментом по сравнению с цанговым зажимом; они позволяют производить жесткое закрепление инструмента с широким диапазоном размеров. Такая универсальность обеспечивается подвижностью закрепляющих элементов патрона, которые с помощью специального механизма могут перемещаться одновременно и на одинаковое расстояние. Имеется несколько конструктивных разновидностей самоцентрирующих патронов.

Двух- и трехкулачковые сверлильные патроны, в которых инструмент закрепляют при помощи ключа, получили широкое распространение. В *двухкулачковом патроне* (рис. 6.4) призматические кулачки 2 и 3, смонтированные в корпусе 1, перемещаются с помощью винта 4 с правой и левой резьбой. Винт имеет квадратное отверстие под ключ; резьбовые витки винта входят в резьбовые углубления кулачков. При вращении винта кулачки расходятся или сближаются, что позволяет закрепить или освободить инструмент.

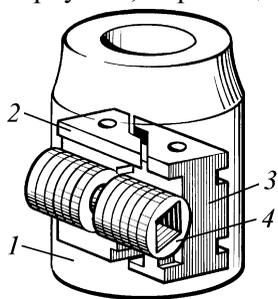


Рис. 6.4. Сверлильный двухкулачковый патрон

*Сверлильный трехкулачковый патрон* (рис. 6.5) состоит из корпуса 2, втулки 3, кулачков 6 и разрезного кольца 4. В верхней части кулачков нарезана резьба, сопрягающаяся с резьбой на кольце 4. Кольцо запрессовано во втулке 3, которую при закреплении сверла вначале вращают вручную, а затем ключом 5. На конце ключа 5 имеется зубчатое колесо, которое входит в зацепление с зубьями на торце втулки. При повороте

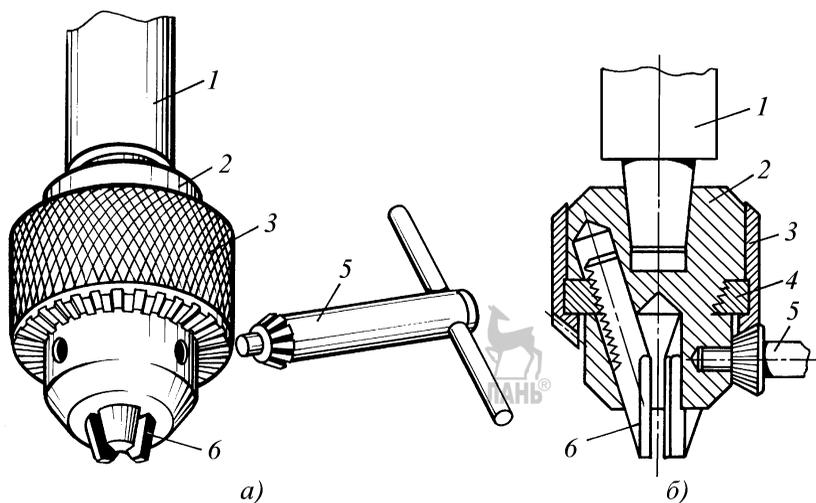
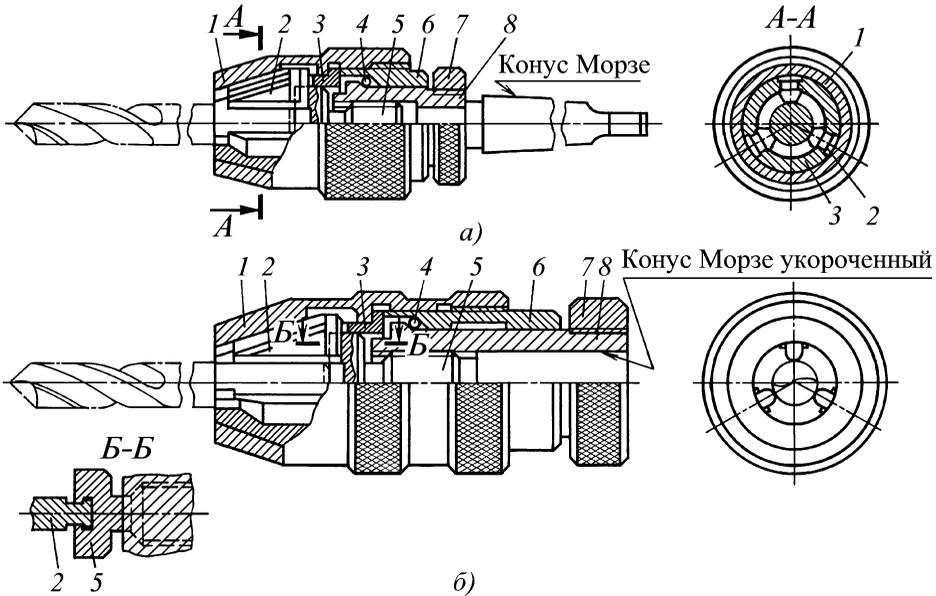


Рис. 6.5. Общий вид (а) и схема (б) сверлильного трехкулачкового патрона



**Рис. 6.6. Бесключевые сверлильные трехкулачковые патроны с конусом Морзе (а) и с внутренним укороченным конусом Морзе (б):**

1 – корпус; 2 – кулачки; 3 – обойма; 4 – шарики; 5 – винт; 6 и 8 – втулки; 7 – кольцо

ключа поворачивается втулка вместе с кольцом. Кольцо навинчивается на кулачки, размещенные в трех наклонных пазах. Оси пазов сходятся в одной точке; при перемещении кулачков концы их сближаются, центрируют и зажимают сверло. Чтобы освободить сверло, втулку следует повернуть в обратном направлении. Для установки в пиноли задней бабки станка патрон снабжен коническим хвостовиком 1.

Основные размеры трехкулачковых патронов с ключом приведены в ГОСТ 8522–79 (в ред. 1985 г.). Согласно этому стандарту патроны подразделяются на семь типоразмеров и позволяют закреплять инструмент с диаметром хвостовика 0,5...20,0 мм.

*Сверлильные трехкулачковые бесключевые патроны* предназначены для закрепления сверл и других инструментов с диаметром хвостовика 2...12 мм. Патроны, позволяющие крепить инструмент рукой (без ключа), хорошо центрируют инструмент и надежно его удерживают при работе. Патрон может иметь хвостовик с конусом Морзе (рис. 6.6, а) или может быть выполнен с внутренним укороченным конусом Морзе (рис. 6.6, б).

Корпус 1 патрона имеет на наружной поверхности сетчатую накатку. Внутри корпуса вставлена и втулкой закреплена обойма 3, в трех пазах которой под углом 120° размещены кулачки 2. Своими Т-образными торцами кулачки 2 вставлены в Т-образные радиальные пазы головки винта 5. Винт связан с втулкой 8 левой резьбой. При вращении рукой корпуса 1 по часовой стрелке вместе с ним вращается обойма 3 с кулачками, находящимися в пазах обоймы. Кулачки

своими торцами передают вращение на винт 5, который вывинчивается из втулки 8 и смещает кулачки в осевом направлении. Скользя по внутренней конической поверхности корпуса, кулачки сближаются и закрепляют инструмент.

При работе винт 5 под действием крутящего момента от сил резания стремится вывернуться из втулки 8, что увеличивает силы, закрепляющие инструмент, а следовательно, и надежность его крепления. Чтобы уменьшить силы трения при закреплении или раскреплении инструмента, между буртами втулок 8 и 6 размещены шарики.

Для смены инструмента корпус поворачивается против часовой стрелки, при этом винт 5 ввинчивается во втулку 8 и Т-образными пазами головки тянет кулачки. Скользя заплечиками по пазам обоймы 3, кулачки размыкаются и освобождают инструмент. Кольцо 7, запрессованное на конце втулки 8, позволяет удерживать патрон при закреплении и раскреплении инструмента, а также предохраняет патрон от повреждений.

Патроны сверлильные трехкулачковые бесключевые (ГОСТ 15935–88) подразделяются на шесть типоразмеров, позволяющих осуществлять крепление инструмента с диаметром хвостовика 0,2...16,0 мм. Патроны имеют укороченный конус Морзе под хвостовик.

*Трехкулачковый самоцентрирующий сверлильно-фрезерный патрон "Спутник"* (рис. 6.7) состоит из корпуса 1, в головке которого имеются три сквозных наклонных к оси патрона отверстия, расположенных относительно друг друга под углом  $120^\circ$  по окружности. На части наружной цилиндрической поверхности корпуса нарезана левая трапецеидальная резьба. Внутри корпуса имеется сквозное отверстие, в котором со стороны хвостовика по оси патрона нарезана резьба, а со стороны головки установлен регулировочный упор 6, позволяющий точно фиксировать инструмент по оси. В случае необходимости упор можно извлечь из патрона и использовать сквозное отверстие для закрепления удлиненного двустороннего инструмента или пруткового материала.

При закреплении инструмент вводят внутрь патрона до касания регулировочного упора 6 и вращают гайку 2 по часовой стрелке. Гайка 2, имеющая три резьбы разного шага, профиля и направления, одной из них (левой трапецеидальной) наворачивается на корпус 1 патрона, а другой (правой метрической)

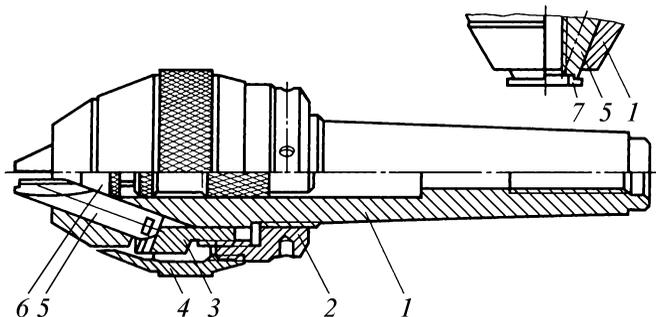


Рис. 6.7. Сверлильно-фрезерный патрон "Спутник"

свертывается со втулки 3, от чего последняя получает осевое перемещение по наружной цилиндрической поверхности корпуса. Втулка 3 помимо наружной резьбы имеет на торце наклонные, сквозные, расположенные относительно друг друга под углом  $120^\circ$  Т-образные пазы, которыми при закреплении создается осевое перемещение кулачков 5 в сквозных наклонных к оси патрона отверстиях корпуса 1. Жесткое закрепление инструмента и его освобождение осуществляют накидным ключом. Этим же ключом может производиться извлечение самого патрона из пиноли задней бабки, переходной втулки или шпинделя станка. Для этого между торцами патронов и гайки 2 устанавливают разрезную шайбу и, устраняя зазор вращением гайки против часовой стрелки вначале вручную, а затем ключом, производят съем патрона. Кожух 4 наворачивают на третью наружную резьбу гайки 2 с целью предохранения патрона от засорения и ограничения расхождения кулачков 5.

В кулачках патрона "Спутник" имеется специальное расточенное отверстие, в которое можно установить кольцо 7 для расшлифовки рабочих поверхностей кулачков в случае преждевременной потери точности центрирования.

Патрон "Восход" (рис. 6.8) состоит из пустотелого корпуса 1, на головке которого имеются левая метрическая резьба и три сквозных, наклонных к оси патрона цилиндрических отверстия, расположенных относительно друг друга под углом  $120^\circ$ . Внутри корпуса со стороны головки размещен регулировочный упор 6, а со стороны хвостовика нарезана резьба, в которую ввернут винт 7, выполняющий роль лапки. На наружной цилиндрической поверхности корпуса 1 установлена втулка 4, имеющая на торце наклонные, сквозные, расположенные относительно друг друга под углом  $120^\circ$  Т-образные пазы. При наворачивании на головку корпуса 1 кожуха 3 пазы упираются в торец кулачков, сообщая им перемещение в наклонных к оси патрона отверстиях корпуса 1. Чтобы освободить закрепленный инструмент, необходимо накидным ключом повернуть кожух 3 против часовой стрелки до упора в запорное кольцо 5, которое потянет втулку 4 назад и разведет кулачки 2.

При закреплении пруткового материала необходимо вывернуть винт и извлечь из корпуса регулируемый упор. Быстросменные патроны позволяют быстро заменять инструмент или промежуточный элемент с закрепленным в нем инструментом.

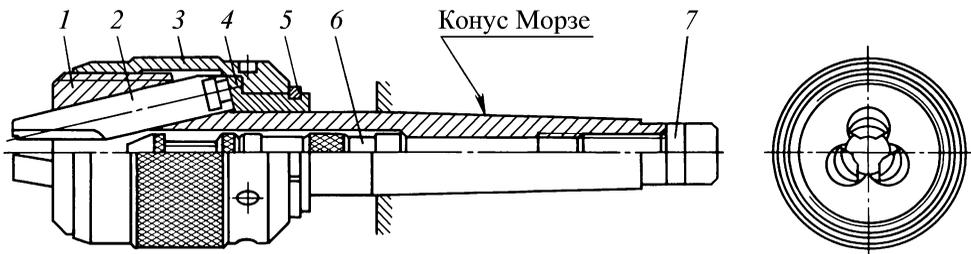
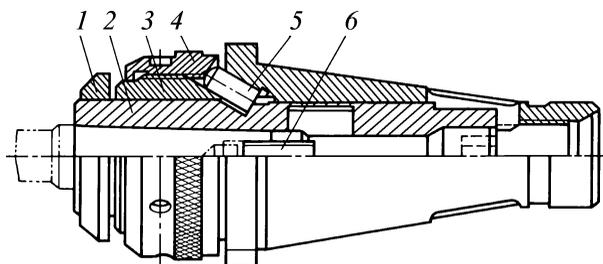


Рис. 6.8. Кулачковый патрон "Восход"



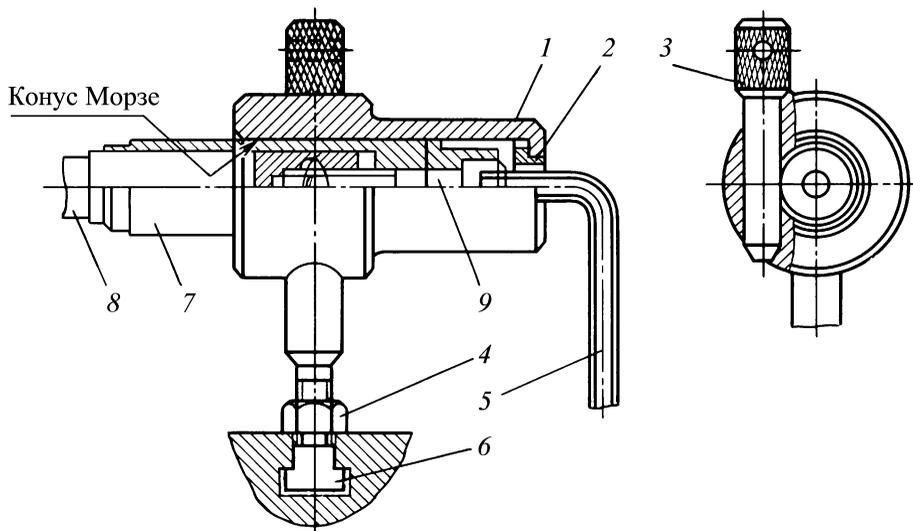
**Рис. 6.9. Универсальный патрон "Мечта":**

1 – кольцо; 2 – переходная втулка; 3 – корпус; 4 – гайка; 5 – толкатель; 6 – винт

Для закрепления переходных втулок с инструментом применяется патрон "Мечта" (рис. 6.9). В корпус патрона переходная втулка 2 вводится так, чтобы наклонная выточка на втулке оказалась со стороны толкателя 5, расположенного в наклонном отверстии корпуса патрона 3. При вращении гайки 4 по часовой стрелке толкатель 5 попадает в наклонную выточку втулки 2 и перемещает ее вдоль оси, затягивая инструмент в корпус патрона. Окончательное закрепление осуществляется ключом.

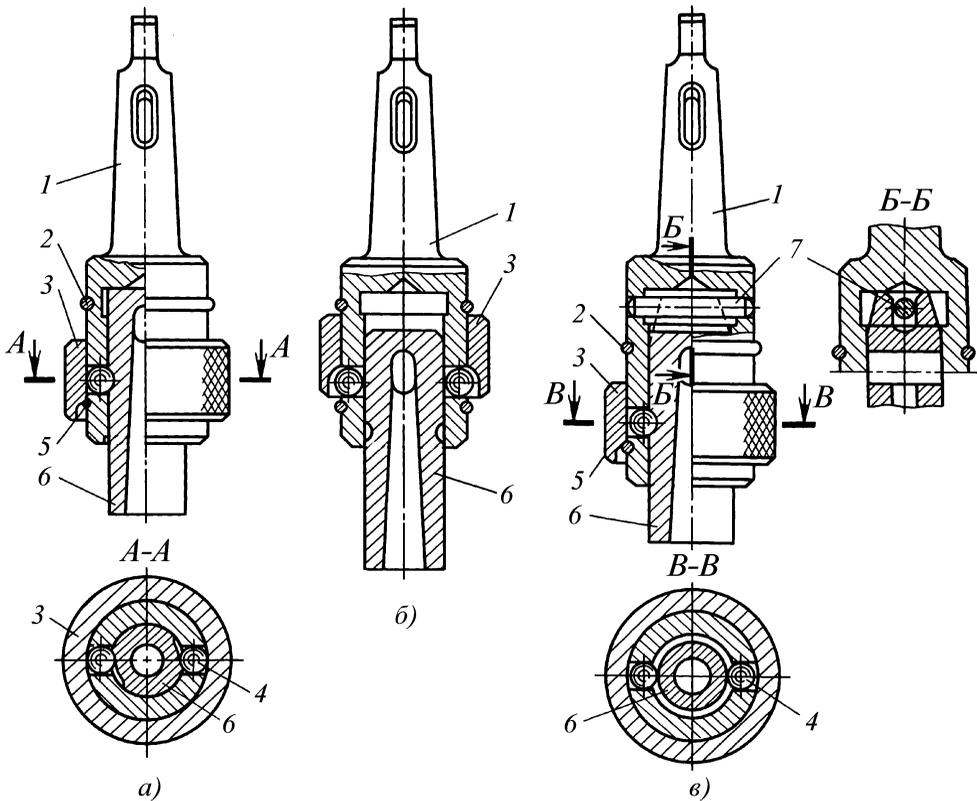
Извлекается инструмент из патрона при вращении гайки в обратную сторону. Гайка своим торцом давит на кольцо или бурт переходной втулки, сталкивая ее с мертвой точки. При этом раздается звуковой щелчок, сигнализирующий о приближении момента самопроизвольного выпадания инструмента из корпуса патрона.

В комплект патрона "Мечта" входит приспособление для безударного закрепления и извлечения инструмента из переходных втулок (рис. 6.10).



**Рис. 6.10. Приспособление для безударного закрепления и извлечения инструмента:**

1 – корпус; 2, 7 – втулки; 3 – фиксатор; 4 – гайка; 5 – ключ; 6 – сухарь; 8 – инструмент; 9 – винт



**Рис. 6.11. Быстросменные патроны:**

*a* – с ведущими шариками; *б* – без инструмента; *в* – с ведущей шпилькой; 1 – корпус с хвостовиком; 2, 5 – пружинные кольца; 3 – обойма; 4 – шарики; 6 – втулка; 7 – шпилька

Приспособление закрепляется на верстаке или столе станка посредством сухаря *б*, входящего в паз, и гайки и работает следующим образом. В корпус *1* устанавливается втулка *7* и инструмент *8*, имеющий со стороны нерабочего конца отверстие с резьбой, которое посредством ключа *5* вворачивается в винт *9*, затягивающий инструмент во втулку *7*. Втулка *7* имеет отверстие, в котором она после установки в корпус *1* стопорится фиксатором *3*. Для извлечения инструмента *8* из втулки *7* ключ *5* вращается в обратном направлении и винт *9* выворачивается из инструмента, упирается во втулку *2*, установленную в корпусе *1* и выталкивает инструмент из втулки *7*.

*Быстросменные патроны с ведущими шпильками* (рис. 6.11, *а*) состоят из корпуса *1*, выполненного заодно с хвостовиком. В цилиндрическом отверстии корпуса размещается сменная втулка *6* с гнездом под инструмент. Крутящий момент от корпуса патрона переходной втулке передается через два шарика *4*, находящихся в поперечных гнездах корпуса. Для замены втулки *6* с инструментом следует переместить обойму *3* до упора в пружинное кольцо *2*, заложенное в канавку корпуса. В таком положении (рис. 6.11, *б*) шарики под действием

втулки 6 с инструментом переместятся в радиальном направлении до упора в край обоймы 3 и выйдут из углублений втулки. Втулка извлекается из патрона. Перемещение обоймы 3 в другую сторону ограничивается вторым пружинным кольцом 5.

*Быстросменные патроны с ведущей шпилькой* (рис. 6.11, в) позволяют передавать крутящие моменты значительно большие, чем патроны с ведущим шариком. Шпилька в патронах служит поводком для сменных втулок, в которых имеется соответствующий открытый паз на конце. Шарик в патроне лишь удерживают втулку от выпадания, а крутящий момент не передают, поэтому на втулках делается кольцевая канавка, а не углубление.

К каждому быстросменному патрону прилагается комплект сменных втулок (вставок) с гнездами под различный инструмент.

#### 6.4. ПАТРОНЫ ДЛЯ РАЗВЕРТОК И МЕТЧИКОВ

Жесткое закрепление осевого инструмента (зенкеров и разверток) не всегда обеспечивает получение точных размеров отверстий. Одна из причин такого явления – несоосность обрабатываемого отверстия и жестко закрепленного инструмента.

Самоустанавливающиеся патроны обеспечивают возможность перемещения инструмента при работе с целью достижения соосности инструмента и обрабатываемого отверстия. Для этой цели имеются три вида патронов: качающиеся, позволяющие инструменту устанавливаться под некоторым углом к оси шпинделя; плавающие, которые обеспечивают перемещение инструмента в направлении, перпендикулярном к его оси, и самоустановку в отверстии; качающиеся и плавающие, которые обеспечивают инструменту угловые смещения и перемещения в направлении, перпендикулярном к оси шпинделя станка.

*Качающийся патрон* для разверток (рис. 6.12) состоит из корпуса 1, в отверстии которого на штифте 4 с некоторым зазором установлена втулка 5 с коническим отверстием под хвостовик развертки. Шарик 3 и подпятник 2 образуют осевую опору втулки 5. При работе втулка может качаться в пределах имеющегося зазора, обеспечивая поворот развертки на некоторый угол относительно оси шпинделя и, следовательно, некоторое смещение оси развертки относительно оси обрабатываемого отверстия. Патрон прост по конструкции, но при его использовании развертка работает с перекосом, что ухудшает качество поверхности обрабатываемого отверстия.

*Плавающие патроны* обеспечивают свободное со-  
вмещение оси инструмента с осью обрабатываемого от-

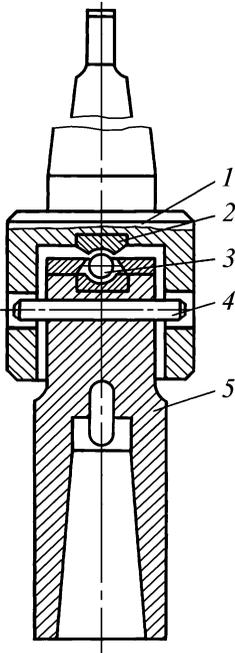
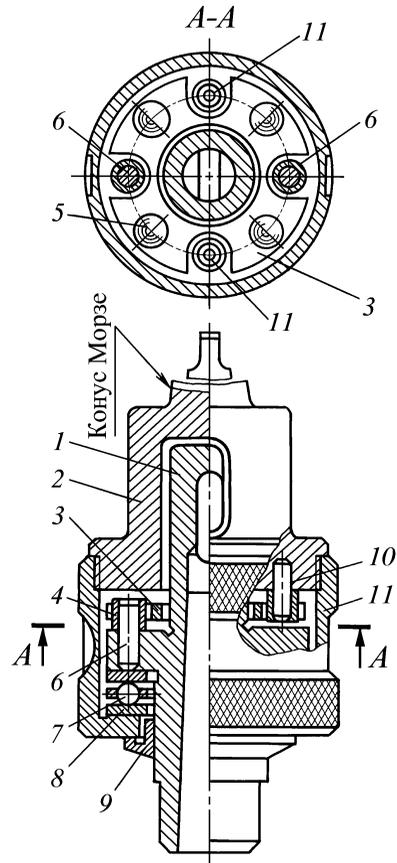


Рис. 6.12. Качающийся патрон

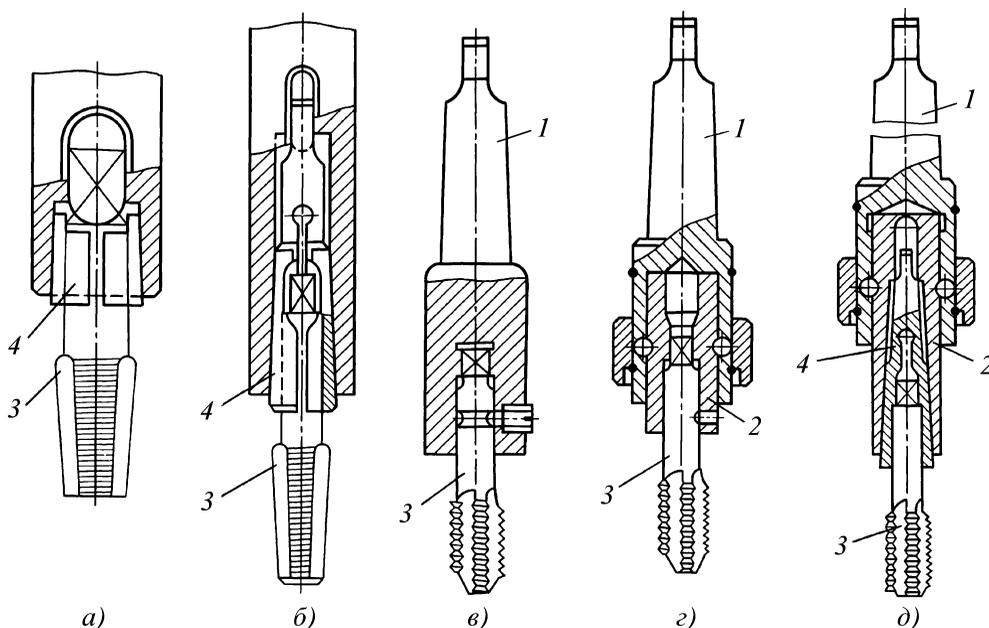


**Рис. 6.13. Плавающий патрон:**

1 – корпус; 2 – хвостовик; 3 – поводковое кольцо; 4 – втулка; 5, 7 – шарики; 6, 10 – штифты; 8 – кольцо; 9 – предохранительная втулка; 11 – гайка

верстия без перекоса инструмента. Плавающий патрон с коническим хвостовиком (рис. 6.13) состоит из корпуса 1 с коническим отверстием под хвостовик инструмента. Во фланце корпуса запрессованы два штифта 6, на которые надеются втулки 4. Такие же два штифта 10 запрессованы в двух диаметрально противоположных отверстиях торца хвостовика 2; на штифтах 10 также находятся втулки. Между фланцем корпуса и торцом хвостовика расположено поводковое кольцо 3, в четырех гнездах которого размещены шарики 5, передающие осевую силу инструмента через фланец хвостовика. В поводковом кольце имеются четыре паза, в которые входят втулки штифтов 6 и 10. Таким образом, при работе патрона крутящий момент от хвостовика 2 к корпусу 1 передается через штифты 10, поводковое кольцо 3 и штифты 6.

Поджим фланца корпуса к торцу хвостовика осуществляется гайкой 11, соединенной с хвостовиком резьбой. Между гайкой и фланцем корпуса для уменьшения трения установлены шарики 7, находящиеся в сепараторе между двумя кольцами 8. Втулка 9 на корпусе предохраняет патрон от загрязнений. Конструкция патрона исключает перекос инструмента при работе и допускает смещение ("плавание") до 1,5 мм корпуса 1 с инструментом в плоскости, перпендикулярной к оси вращения.



**Рис. 6.14. Типы жесткого крепления метчиков в патроне:**

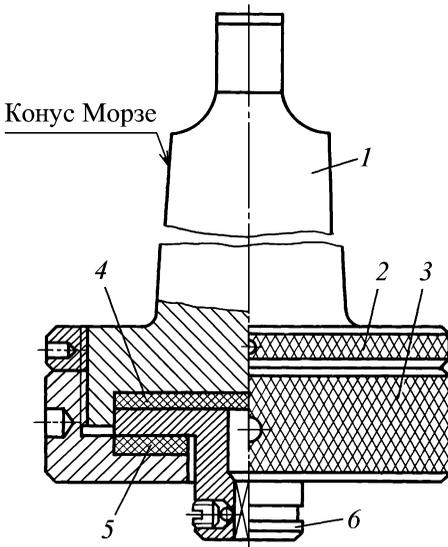
*a, б* – с помощью разрезных втулок; *в* – непосредственно в патроне; *г, д* – в быстрозменном патроне; *1* – хвостовик; *2* – втулка переходная; *3* – метчик; *4* – втулка разрезная

От способа крепления метчика на станке во многом зависит качество нарезаемой резьбы. Конструкцию патрона для закрепления метчика выбирают, исходя из условий работы, применяемого оборудования, вида заготовки, способа нарезания резьбы. Разновидности патронов для жесткого крепления метчиков представлены на рис. 6.14.

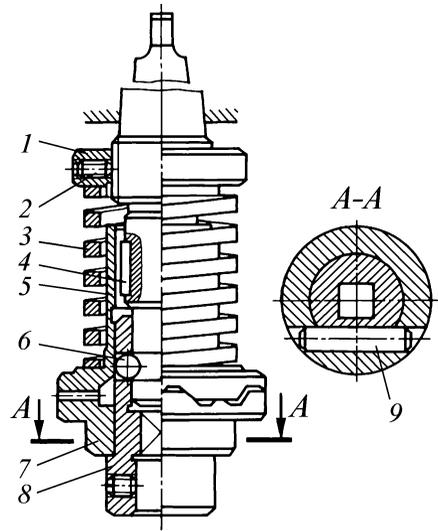
Определенные трудности возникают при нарезании резьб в глухих отверстиях или в заготовках из труднообрабатываемых материалов, когда существует реальная опасность перегрузки и поломки метчика из-за его упора в дно нарезаемого отверстия, затупления или защемления стружкой и т.п. В этих случаях обычно применяют предохранительные самовыключающиеся патроны, настроенные на определенный крутящий момент. Такие патроны автоматически выключаются, если момент сил сопротивления превышает заданный крутящий момент.

Жесткое крепление метчиков выполняют обычно в тех случаях, когда с одного установка сверлят отверстие и затем нарезают в нем резьбу.

*Предохранительные патроны* автоматически ограничивают крутящий момент, возникающий в процессе резания, предохраняя метчик от поломки. Обычно предохранительные патроны настраивают на передачу момента, превышающего момент резания на 5%. Настройку выполняют с помощью динамометрических устройств. Крутящий момент резания определяется по формулам или по таблицам.



**Рис. 6.15. Предохранительный фрикционный патрон**



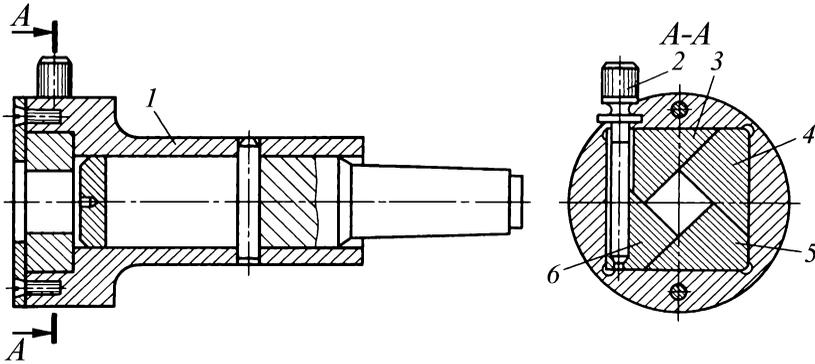
**Рис. 6.16. Пружинно-кулачковый предохранительный патрон:**

1 – гайка; 2 – винт; 3 – пружина; 4 – шпонка; 5 – верхняя полумуфта; 6 – шарики; 7 – нижняя полумуфта; 8 – втулка; 9 – штифт

Предохранительный фрикционный патрон (рис. 6.15) состоит из корпуса 1, в котором между двумя фрикционными дисками 4 и 5 при помощи гайки 3 крепится фланец втулки 6. Контргайкой 2 фиксируется положение нажимной гайки 3. Втулка берется соответственно диаметру метчика, который устанавливается в гнезде втулки и крепится винтом. Превышение момента резания на метчике приведет к проворачиванию втулки 6. При замене втулки требуется настройка патрона на нужный крутящий момент.

*Пружинно-кулачковый предохранительный патрон* (рис. 6.16) предназначен для нарезания резьб в глухих отверстиях. Патрон имеет хвостовик, на нижней части которого расположена втулка с гнездом для установки метчика, стопорящегося винтом. Три шарика 6, находясь в гнездах втулки, входят в кольцевую канавку хвостовика и фиксируют положение втулки в осевом направлении. Штифтом на втулке закреплена нижняя полумуфта 7, которая своими кулачками сцеплена с верхней полумуфтой 5. На верхнюю полумуфту, установленную в средней части хвостовика на шпонке, действует сила, обусловленная натяжением пружины, которое создается гайкой 1.

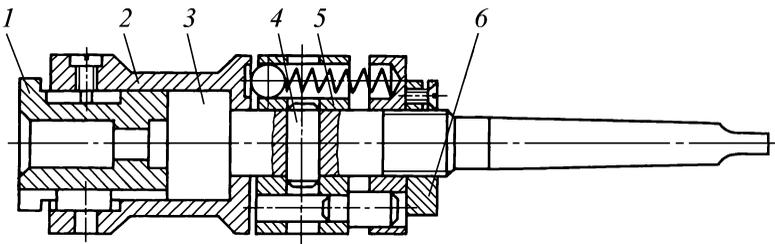
В процессе работы, когда возникает момент резания, превышающий установленный на муфте, метчик перестает вращаться, так как вращение от хвостовика на метчик передаваться не будет; торцовые кулачки верхней полумуфты будут проскальзывать по кулачкам нижней полумуфты, которая вместе со втулкой и метчиком останется неподвижной, что и предотвратит поломку метчика.



**Рис. 6.17. Самоцентрирующий патрон**

*Самоцентрирующий патрон* предназначен для закрепления метчиков со стороны квадрата державки до 12 мм. Регулируют отверстие по размеру и закрепляют метчик следующим образом. В квадратном отверстии корпуса 1 патрона (рис. 6.17) смонтированы четыре кулачка 3–6 и винт 2, ввинченный в резьбовое отверстие одного из кулачков. Винт при вращении остается на месте, а кулачок 3 перемещается внутри квадрата корпуса вверх по винту. При перемещении кулачок 3 смещается вправо, и все кулачки симметрично сходятся к центру патрона. Таким образом, при закреплении метчика происходит самоцентрирование. Патрон закрепляют в пиноли задней бабки. При сборке винт вместе с кулачком вставляют в торец корпуса. При использовании описанного патрона обеспечивается возможность закрепления метчиков различных диаметров.

Полотка метчиков при нарезании резьбы как в глухих, так и сквозных отверстиях исключается при применении резьбонарезного патрона (рис. 6.18), который обеспечивает компенсацию шага резьбы, регулирование крутящего момента и реверсирование. Патрон состоит из корпуса со сменной втулкой. На оправке посредством штифта закреплена направляющая втулка с подпружиненными шариками и натяжной гайкой.



**Рис. 6.18. Резьбонарезной патрон:**

1 – сменная втулка; 2 – корпус; 3 – оправка; 4 – штифт; 5 – направляющая втулка; 6 – натяжная гайка

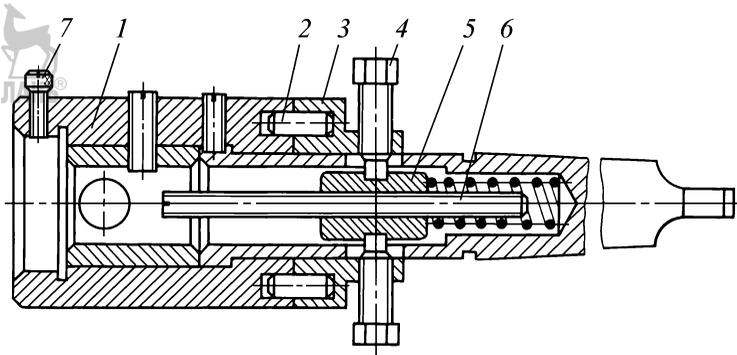


Рис. 6.19. Плашкодержатель с автоматическим выключением

Плашкодержатель с автоматическим выключением подачи (рис. 6.19) состоит из хвостовика, на левом конце которого посажен корпус 1, а на правом втулка 3 с запрессованными в ней пальцами 2. Во втулку 3 завинчиваются винты 4, концы которых заходят в отверстия муфты 5. Внутри муфты 5 размещен упорный регулировочный винт 6. Плашку закрепляют винтом 7 в гнезде корпуса 1. Сам плашкодержатель закрепляют в пиноли задней бабки станка.

В процессе нарезания резьбы конец заготовки выходит из плашки и своим торцом упирается в торец винта 6, заставляя его перемещаться внутри хвостовика. На винте 6 навинчена муфта 5; сжимая пружину, она перемещается в том же направлении, что и винт 6. В результате перемещения муфты 5 движение через винты 4 передается втулке, которая перемещается по наружной поверхности хвостовика до тех пор, пока пальцы 2 не выйдут из отверстий корпуса. В этот момент корпус вместе с плашкой начинает вращаться. Затем переключают фрикцион на обратный ход, и плашка отводится. Регулируя винт 6, можно нарезать резьбу на заготовках разной длины.

Автоматическое прекращение подачи при нарезании резьбы на заданную длину плашками обеспечивается самовыключающимся плашкодержателем, показанным на рис. 6.20. Плашкодержатель с плашкой, расположенный в отверстии корпуса, после схода кулачков начинает вращаться вместе с заготовкой, и плашка уже не нарезает резьбу. Длина нарезания устанавливается разводом кулачков путем поворачивания маховичка пиноли задней бабки, применение такого плашкодержателя исключает перекося плашки и повышает безопасность при резьбонарезании.

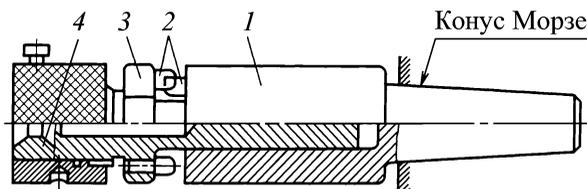


Рис. 6.20. Самовыключающийся плашкодержатель:  
1 – корпус; 2 – кулачки; 3 – плашкодержатель; 4 – плашка

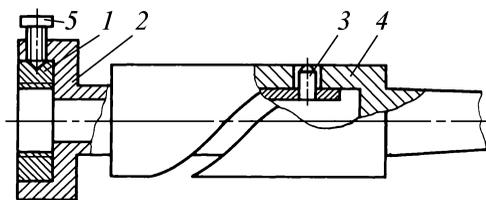


Рис. 6.21. Плашкодержатель с винтовым пазом

При применении *плашкодержателя с винтовым пазом* нет необходимости прилагать усилия к задней бабке для захвата заготовки плашкой. Такой плашкодержатель (рис. 6.21) состоит из корпуса 4, снабженного винтовым пазом, подвижной втулки 2 со штифтом 3 и плашки 1, закрепляемой винтом. В процессе работы втулка со штифтом 3, взаимодействующим с винтовым пазом корпуса, перемещается в осевом направлении, в результате чего осуществляется самозатягивание плашки.

Приспособление для сверления глубоких отверстий, развертывания и нарезания резьбы плашками и метчиками (рис. 6.22) состоит из корпуса, который коническим хвостовиком устанавливается в пиноль задней бабки токарного станка. В отверстии корпуса 5 перемещается шток 2, на одной стороне которого установлены сверлильный патрон 1 или головка 9, для крепления плашек, метчиков или разверток. Для снятия со штока патрона или головки имеется съемник 8. Шток перемещается в осевом направлении при помощи рычага 6, рамки 4, тяги 3 и кронштейна 7. Применение данного приспособления позволяет сократить вспомогательное время. При работе с метчиками или плашками исключается их увод, так как установка осуществляется строго по оси и без перекосов, что обеспечивает высокое качество резьбы.

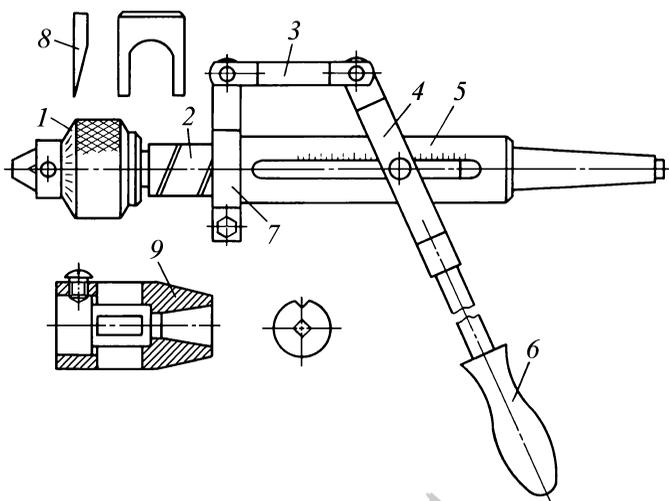


Рис. 6.22. Приспособление для сверления глубоких отверстий и нарезания резьбы

### 6.5. РЕЗЬБОНАРЕЗНЫЕ ГОЛОВКИ

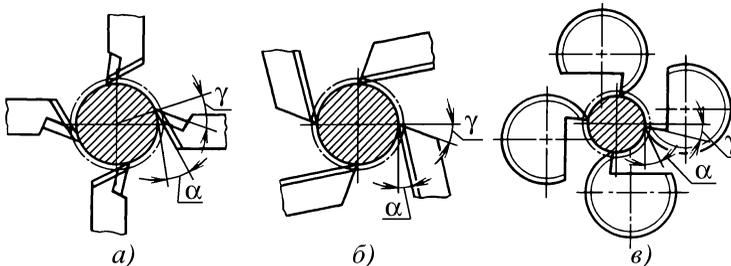
По сравнению с монолитными резьбонарезными инструментами головки не требуют реверсирования (вывертывания), что наполовину сокращает время нарезания резьбы. Головки позволяют регулировать средний диаметр резьбы и допускают установку в одном корпусе различных гребенок, что делает инструмент универсальным. По конструкции резьбонарезные головки делятся на вращающиеся, невращающиеся и универсальные. В них применяются радиальные, тангенциальные и круглые гребенки (рис. 6.23).

При нарезании наружной резьбы большое распространение получили головки с круглыми гребенками, так как они просты по конструкции, позволяют работать с большим числом переточек и обладают большей стойкостью, чем радиальные и тангенциальные гребенки.

В приведенной на рис. 6.24 конструкции невращающейся винторезной головки нарезание наружной резьбы выполняют круглыми резьбонарезными гребенками с кольцевой нарезкой, которые выточкой устанавливаются на кулачках равномерно по окружности на равном расстоянии от центра и крепятся винтами.

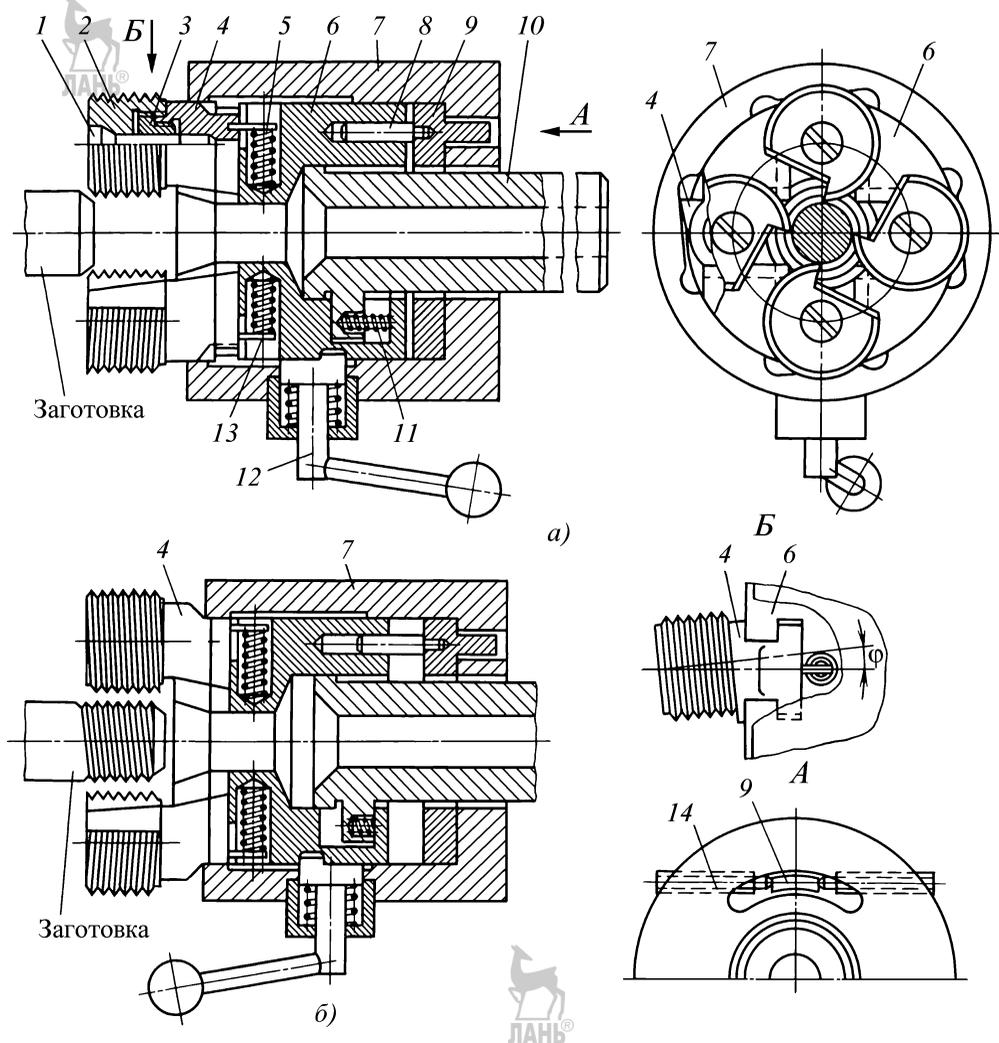
Опорная поверхность кулачков обеспечивает угол наклона  $\varphi$  витков резьбонарезных гребенок 2, а также смещение витков соседних гребенок на  $1/z$  шага резьбы, где  $z$  – число гребенок. Пружинами через штифты 13 кулачки 4 прижимаются к обойме 7, которая посредством рукоятки может перемещаться вдоль корпуса 6. Наладку резьбонарезных гребенок на размер производят или по годной готовой детали, или по проходному рабочему резьбовому калибру, которые устанавливают в рабочую зону. Вместе с кольцом 9 посредством штифта 8 поворачивается корпус 6 с кулачками 4, которые, перемещаясь по скошенным поверхностям, удаляются или приближаются к оси головки. Остановку процесса обработки резьбы, а также возврат резьбонарезных гребенок в исходное положение осуществляют поворотом рукоятки 12.

Внутреннюю резьбу чаще всего нарезают резьбонарезными головками с призматическими гребенками, режущие кромки которых равноудалены от оси корпуса и имеют заходной конус. Число гребенок в комплекте зависит от размера головки. Гребенки смещены относительно друг друга на угол, равный углу подъема винтовой линии нарезаемой резьбы.



**Рис. 6.23. Резьбонарезные гребенки:**

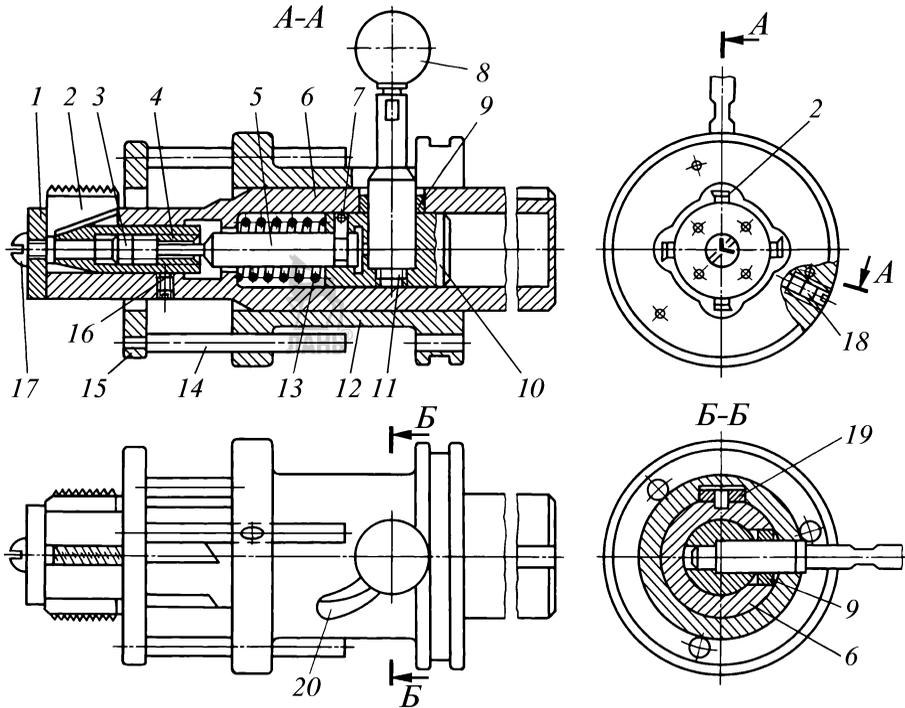
*a* – радиальная; *b* – тангенциальная; *v* – круглая



**Рис. 6.24. Невращающаяся винторезная головка для нарезания наружной резьбы в рабочем (а) положении и с открытыми гребенками (б):**

1 – крепежный винт; 2 – гребенки; 3 – фиксатор; 4 – кулачки; 5 – пружины; 6 – корпус; 7 – обойма; 8 – штифт; 9 – кольцо для изменения размера резьбы; 10 – хвостовик; 11 – пружина; 12 – рукоятка; 13 – штифты; 14 – винты

Гребенки 2 (рис. 6.25) расположены в радиальных пазах корпуса резьбонарезной невращающейся головки, торец которого закрыт фланцем 1. Гребенки могут перемещаться по конической части втулки 4, в результате чего изменяется расстояние от оси головки до рабочей части гребенки. Втулка 4, связанная с тягой, перемещается внутри корпуса 6 (вдоль оси) с сердечником 10 под действием пружины или от рукоятки 11 с шаровым наконечником 8. Тяга 5 соединена с втулкой резьбой, а с сердечником – проточкой, в которую входит стопор 7. Корпус 6 имеет паз, по которому перемещается рукоятка 11.



**Рис. 6.25. Невращающаяся головка для нарезания внутренней резьбы:**

- 1 – фланец; 2 – гребенка; 3 – шлицевая часть тяги для наладки на размер; 4 – втулка; 5 – тяга; 6 – корпус; 7 – стопор; 8 – наконечник рукоятки; 9 – муфта; 10 – сердечник; 11 – рукоятка; 12 – корпус; 13 – пружина; 14 – стержень; 15 – кольцо для автоматического отключения; 16 и 18 – стопоры; 17 – стопор фланца; 19 – шпонка; 20 – фигурный паз муфты

Наладку на размер резьбонарезных гребенок осуществляют при снятых фланце 1 и стопоре 17. В освободившееся отверстие на шлицы вставляют торцовый ключ, которым поворачивают тягу 5 внутри втулки 4. Последняя удерживается от вращения стопором 16, который входит в осевой паз. Вращая тягу 5, можно выдвигать или убирать внутрь корпуса 6 коническую часть втулки 4. При этом гребенки 2 или выдвигаются, увеличивая наружный диаметр резьбы, или сдвигаются к оси головки, уменьшая диаметр резьбы.

## Глава 7

# ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

---

Для закрепления заготовок на металлорежущих станках применяют различные типы приспособлений: механические, пневматические, гидравлические, электрические, вакуумные, магнитные.

В зависимости от вида производства станочные приспособления подразделяются на специальные, специализированные, универсальные, разборные, неразборные, одноместные, многоместные, групповые, немеханизированные, механизированные, автоматизированные и др.

### 7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Согласно рекомендациям ВНИИНМАШ Р 50-54-11-87 "Единая система технологической подготовки производства. Общие положения по выбору, проектированию и применению средств технологического оснащения" переналаживаемые станочные приспособления подразделяются на несколько систем, совокупность которых представляет единый комплекс приспособлений, применяемых во всех типах производства.

*Система стандартных универсальных безналадочных приспособлений (УБП)* характеризуется применением универсальных регулируемых приспособлений, не требующих использования сменных установочных и зажимных наладок. Переналадка таких приспособлений осуществляется регулированием подвижных элементов. Система УБП включает в себя комплексы универсальных приспособлений, входящих в комплект оснастки, которая поставляется предприятиям-потребителям вместе со станком. Приспособления системы УБП предназначены для базирования и закрепления широкой номенклатуры заготовок различной формы в условиях единичного и мелкосерийного производства.

*Система стандартных универсальных наладочных приспособлений (УНП)* характеризуется разделением элементов приспособлений на базовые и сменные. Базовые элементы – постоянная часть приспособлений; их изготавливают заранее по соответствующим стандартам. Сменные установочные и зажимные элементы наладки применяются как универсальные, которые изготавливают заранее, так и специальные, изготавливаемые заводом-потребителем по мере необходимости. Переналадка таких приспособлений для установки и закрепления различных заготовок осуществляется путем замены сменных наладок. При смене объекта производства базовая постоянная часть приспособления используется многократно. Проектированию и изготовлению подлежат лишь наиболее простые и недорогие сменные части – специальные наладки.

УНП содержат комплексы токарных и других приспособлений с универсальными базовыми поверхностями, предназначенными для базирования сменных наладок. Приспособления системы УНП предназначены для базирования и закрепления заготовок различной формы в условиях единичного серийного многономенклатурного производства. Применение такой системы особенно целесообразно при групповой обработке.

*Система стандартных специализированных наладочных приспособлений (СНП)* состоит (аналогично системе УНП) из базового элемента и комплекса сменных наладок, но отличается более высокой степенью механизации, а также применением многоместных приспособлений, и, следовательно, обеспечивает более высокую производительность в условиях специализированного серийного производства.

*Систему универсально-сборных приспособлений (УСП)* собирают из стандартных элементов с высокой степенью точности. Фиксация элементов и узлов осуществляется системой шпонка–паз. УСП – специальные приспособления кратковременного пользования – состоят из элементов и узлов многократного применения с пазами шириной 8, 12 и 16 мм. Высокая точность элементов УСП обеспечивает сборку приспособлений без последующей механической доработки. После использования компоновок их разбирают на составные части, многократно используемые в различных сочетаниях в новых компоновках.

*Система неразборных специальных приспособлений (НСП)* состоит из неперенастраиваемых элементов и узлов, которые нельзя повторно использовать в других компоновках. Конструкции приспособлений такой системы предназначены для одной определенной операции и должны быть максимально упрощены.

## 7.2. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК

Правильность установки обрабатываемых заготовок в приспособлении достигается применением специальных установочных элементов. Однако под действием сил резания в процессе обработки правильность положения заготовки может быть нарушена. Для устранения влияния этого фактора, т.е. для того, чтобы заготовка сохраняла неизменность положения относительно режущего инструмента в течение всего времени выполнения данной операции, ее необходимо надежно закрепить. Это достигается согласованием движений обрабатываемой заготовки и инструмента с помощью специальных направляющих элементов, упоров, ограничителей, индикаторов и т.п.

Выбором схемы закрепления заготовки и одновременно способа ее базирования добиваются определенного относительного расположения опорных элементов, заготовки и точки приложения, а также направления силы зажима. При этом руководствуются следующими соображениями:

– для уменьшения силы зажима при закреплении заготовки необходимо выбирать такой способ ее базирования, при котором сила резания была бы направлена на какой-либо из опорных элементов, расположенных на линии действия этой силы или вблизи ее;

– для облегчения контакта заготовки с опорными элементами и устранения возможного ее сдвига при закреплении силу зажима следует направлять перпендикулярно к поверхности опорного элемента; в отдельных случаях силу зажима можно направлять так, чтобы заготовка одновременно прижималась к поверхности двух опорных элементов;

– в целях устранения деформации заготовки при закреплении точку приложения силы зажима надо выбирать так, чтобы линия ее действия пересекала опорную поверхность опорного элемента; лишь при закреплении особо жестких заготовок можно допустить, чтобы линия действия силы зажима проходила между опорными элементами;

– для уменьшения смятия поверхностей заготовки при закреплении необходимо уменьшить давление в местах контакта зажимного устройства с заготовкой путем рассредоточения силы зажима; это достигается применением в зажимных устройствах контактных элементов соответствующей конструкции, которые позволяют распределять силу зажима поровну между двумя или тремя точками, а иногда даже рассредоточивать ее по некоторой поверхности;

– для уменьшения вибраций и деформаций заготовки под действием силы резания следует повышать жесткость системы заготовка–приспособление увеличением числа мест зажима заготовки и приближения их к обрабатываемой поверхности.

### 7.3. ТОКАРНЫЕ ПАТРОНЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Токарные патроны общего назначения относятся к универсальным безналадочным приспособлениям, значительная часть которых стандартизована; патроны централизованно изготавливают следующих классов точности: нормального Н, повышенного П, высокого В и особо высокого А.

*Четырехкулачковые патроны* применяют для закрепления заготовок с неравномерным припуском, а также при изготовлении эксцентриков, при обработке отверстий со смещенными осями и др. Корпусы четырехкулачковых патронов могут быть использованы в качестве планшайб для установки заготовок по обработанным базам.

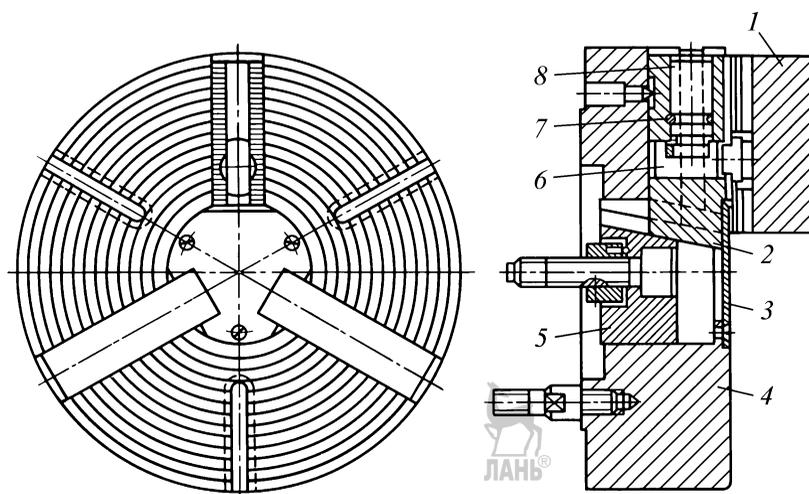
*Трехкулачковые самоцентрирующие патроны* предназначены для установки и закрепления заготовок типа тел вращения: фланцев, дисков, колец, втулок, стаканов, валов и т.д. По конструкции эти патроны подразделяются на спирально-реечные, клиновые, рычажные, комбинированные. Патроны обычно оснащаются двумя комплектами цельных кулачков – прямыми и обратными, а также комплектом сборных кулачков. Наладки сборных кулачков могут быть закаленными или не подвергнутыми термообработке. Форму губок накладных сборных кулачков можно менять в зависимости от вида обработки и формы заготовки.

*Спирально-реечный самоцентрирующий патрон* по ГОСТ 2675–80 (в ред. 1988 г.) централизованно изготавливают трех типов: с цилиндрическим центрирующим пояском, устанавливаемый на шпиндель станка через переходной фланец; с креплением непосредственно на фланцевые концы шпинделей под пово-

ротную шайбу; с креплением непосредственно на фланцевые концы шпинделей по ГОСТ 12595–2003 в двух исполнениях, т.е. с цельными и сборными кулачками, десяти типоразмеров (80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500 и 630 мм). К недостаткам патронов следует отнести значительное изнашивание поверхностей спирали и рейки, в связи с чем точность центрирования закрепляемой заготовки уменьшается.

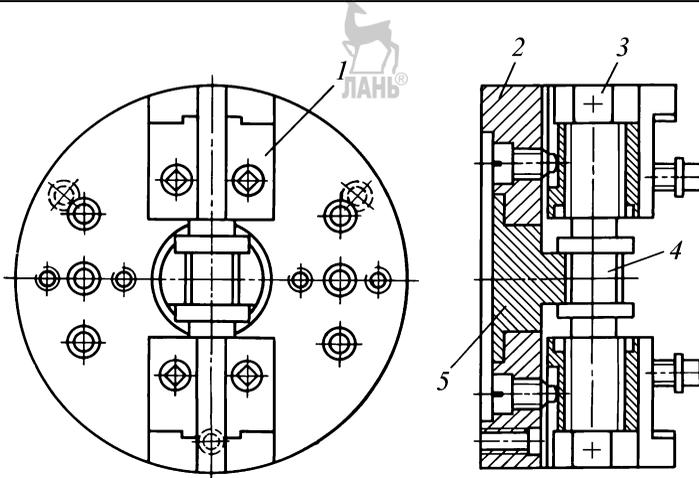
*Патроны самоцентрирующие клиновые быстропереналаживаемые* (рис. 7.1) предназначены для центрирования и закрепления заготовок на токарных и токарно-револьверных станках в условиях серийного производства. Зажим и разжим заготовки в патроне выполняется эксцентриковым устройством от механического привода, установленного на заднем конце шпинделя станка. После перестановки каждого кулачка *1* на требуемый диаметр их растачивают. Отсутствие винтов для крепления кулачков позволяет располагать зажимные поверхности ближе к переднему торцу корпуса, что уменьшает вылет заготовки, повышая жесткость ее крепления.

*Двухкулачковые самоцентрирующие переналаживаемые патроны* (ГОСТ 14903–69 (в ред. 1989 г.)) служат для установки небольших заготовок сложной формы (детали арматуры и др.). Перемещение основных кулачков *1* этого патрона (рис. 7.2) осуществляется посредством винта *3*, один конец которого имеет правую резьбу, а другой – левую. Соответствующие резьбы имеются и в кулачках. В средней части винта патрона сделана шейка с заплечками *4*, входящими в направляющую *5*, прикрепленную к корпусу патрона *2*. Поэтому винт при вращении осевого перемещения не имеет, а перемещаются с одинаковой скоростью основные кулачки с прикрепленными к ним накладными кулачками.



**Рис. 7.1. Патрон быстропереналаживаемый:**

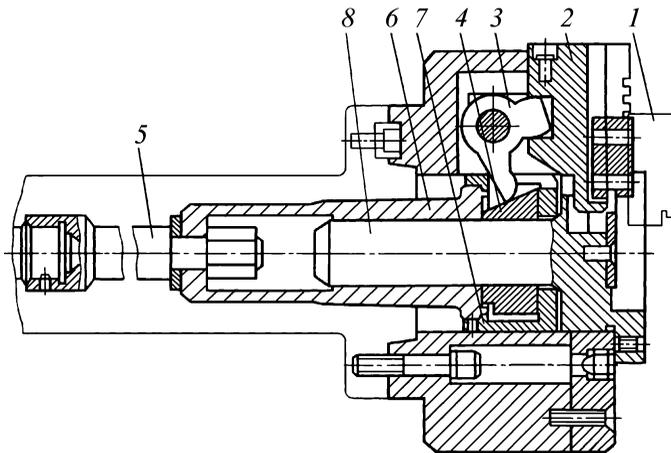
*1* – незакаленный кулачок; *2* – основной кулачок; *3* – крышка; *4* – корпус; *5* – шток; *6* – прижим; *7* – штифт; *8* – эксцентрик



**Рис. 7.2. Патрон двухкулачковый перенастраиваемый:**

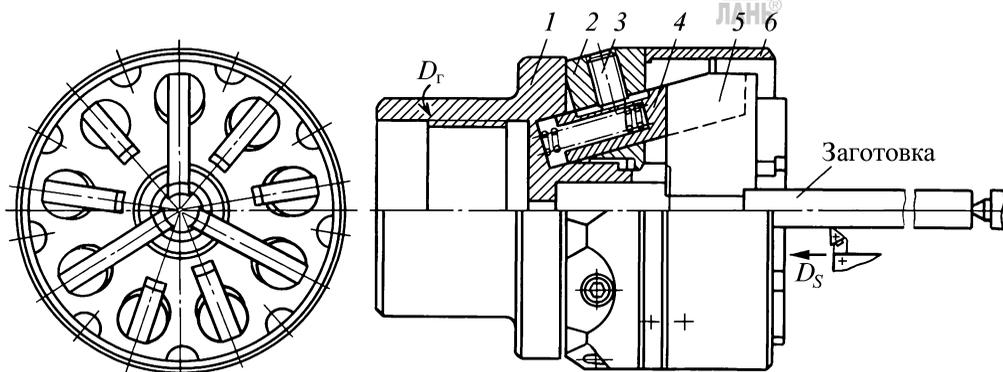
1 – основные кулачки; 2 – корпус; 3 – винт; 4 – шейка с заплечиками; 5 – направляющая

*Комбинированный патрон К300* предназначен для патронных и центровых работ при обработке поковок, отливок, штампованных заготовок и проката (рис. 7.3). Патрон – универсально-наладочный. Он состоит из постоянной базовой части и сменных наладок-вставок. При наладке патрона для работы с применением сменной вставки обрабатываемые заготовки центрируются и закрепляются вспомогательными кулачками 1, устанавливаемыми и закрепляемыми в пазах основных кулачков 2. Сила зажима кулачками передается от привода тягой 5 через втулки и клинорычажный механизм. Наладка патрона на центровые работы осуществляется сменой вставки 8, в которой установлен подпружиненный центр. Заготовка устанавливается в центрах патрона и пиноли задней бабки станка. Крутящий момент передается заготовке вспомогательными самоупа-



**Рис. 7.3. Комбинированный патрон:**

1, 2 – вспомогательные и основные кулачки; 3 – двуплечий рычаг; 4 – втулка коническая; 5 – тяга; 6, 7 – втулки; 8 – сменная вставка



**Рис. 7.4. Самозажимной патрон:**

1 – планшайба; 2 – корпус; 3 – стопорный винт; 4 – хвостовик кулачка; 5 – кулачок;  
6 – кожу

навливающимися кулачками, что обеспечивается плаванием в радиальном направлении втулки с клиновыми пазами из-за наличия широкой выточки в наружной цилиндрической поверхности хвостовика вставки.

При обработке заготовок в диапазоне диаметров 30...120 мм с поджимом пинолью задней бабки целесообразно применять *самозажимной патрон* с плавающими кулачками (рис. 7.4).

В корпусе патрона под углом  $15^\circ$  к оси расположены девять цилиндрических отверстий. В эти отверстия вставляются цилиндрические хвостовики, привинченные к зажимным кулачкам под углом  $15^\circ$ . Зажимные кулачки размещены в профрезерованных через центры отверстий радиальных пазах на рабочем торце корпуса.

Первые три кулачка служат для зажима заготовок диаметром 30...60 мм, вторые – 60...90 мм, третьи – 90...120 мм. Ход кулачков 13 мм. Заготовка устанавливается одним концом в кулачки патрона, а второй ее конец поджимается центром задней бабки. Под нагрузкой хвостовики кулачков перемещаются в наклонных отверстиях, кулачки сближаются и зажимают заготовку. При отводе пиноли задней бабки пружины отжимают кулачки, и заготовка освобождается.

В случае необходимости растачивания рабочих поверхностей кулачков их зажимают стопорными винтами.

## 7.4. КУЛАЧКИ К САМОЦЕНТРИРУЮЩИМ ТОКАРНЫМ ПАТРОНАМ

Токарные патроны оснащаются двумя комплектами прямых и обратных цельных кулачков и комплектом сборных кулачков.

Для быстрой и удобной фиксации заготовки в патроне с высокой степенью центрирования и надежностью закрепления без следов от зажима кулачков, а также быстрой переналадки на обработку различных заготовок разработаны сборные кулачки различных конструкций.

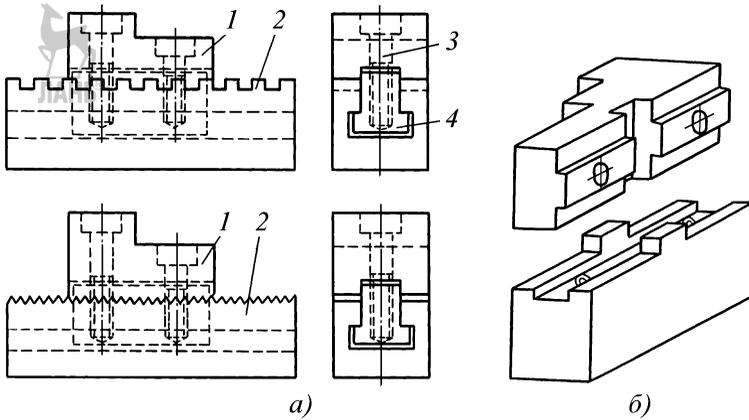


Рис. 7.5. Сменные накладные кулачки

На рис. 7.5, а показана форма поверхностей сопряжения накладного 1 и основного 2 кулачков, стягиваемых после перестановки винтами 3 через Т-образный сухарь 4. На рис. 7.5, б сменные накладные кулачки сопрягаются с основными шпоночными выступами и пазами. Форма губок кулачков зависит от формы закрепляемых заготовок и может быть самой разнообразной. Для повышения точности центрирования обычно применяют сырые накладные кулачки, которые растачивают на месте.

Расширение технологических возможностей сборных стандартных кулачков возможно за счет применения специальных наладок 2 и 3 (рис. 7.6) и рас-

точки в основании кулачка резьбовых отверстий на глубину 4...5 мм с целью создания дополнительной опоры для цилиндрического выступа универсальных наладок в радиальном направлении. Фиксация наладок вокруг своей оси в пазах основания кулачка осуществляется с помощью квадратного или шестигранного выступа, являющегося продолжением цилиндрического выступа. В зависимости от диаметра закрепляемой заготовки наладки устанавливаются и закрепляются в нижнем или верхнем резьбовом отверстии. Незначительная доработка стандартных сборных кулачков превращает их в универсальные, которые позволяют заменить до десяти – двадцати комплектов наладок.

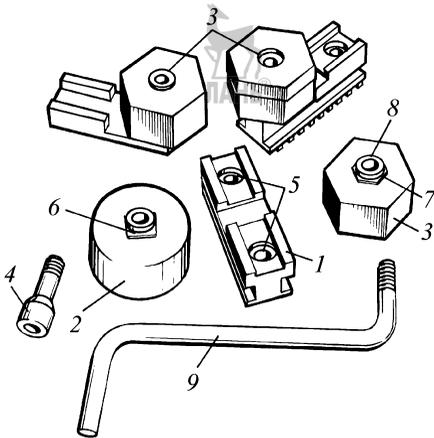
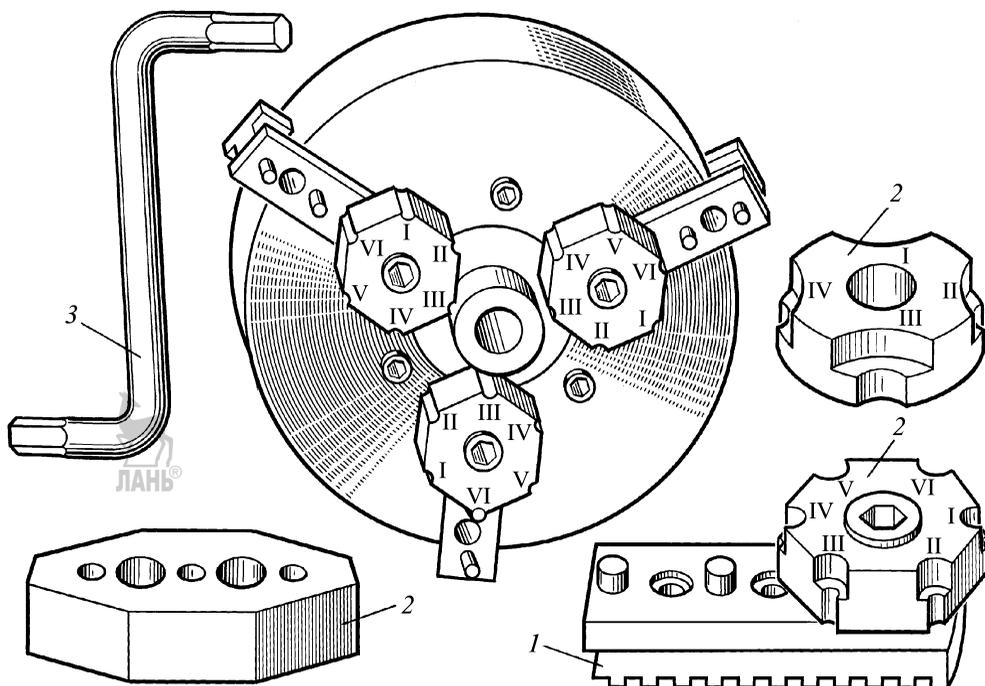


Рис. 7.6. Универсальные кулачки:

- 1 – основание стандартного кулачка;
- 2, 3 – специальные наладки; 4 – винт;
- 5 – резьбовые отверстия;
- 6, 7, 8 – квадратный, шестигранный и цилиндрический выступы;
- 9 – торцовый шестигранный ключ

Сборные универсальные кулачки высокой точности (рис. 7.7) предназначены для предварительной и окончательной обработки различных заготовок. Они состоят



**Рис. 7.7. Сборные универсальные кулачки высокой точности:**

1 – основание кулачка; 2 – различные наладки; 3 – ключ;

I–VI – различные положения наладок

из термически обработанного основания кулачка (рейки) 1, в котором запрессованы четыре цилиндрических пальца, между пальцами имеются три отверстия с резьбой. Такая конструкция кулачков позволяет с помощью Г-образного ключа 3 быстро, точно и удобно фиксировать и закреплять наладки 2 различной конфигурации: шестигранные, цилиндрические, прямоугольные, специальные. Основание точных сборных универсальных кулачков можно заново изготовить, а можно реконструировать прямые или обратные стандартные кулачки. Основание может служить базой для закрепления самых различных прижимных устройств и приспособлений.

Расширение технологических возможностей наладок осуществляется перестановкой их на три пары выступов-фиксаторов на основании кулачка в зависимости от диаметра закрепляемой заготовки (малого, среднего, большого). Применяя три комплекта таких наладок, токарь располагает 36 вариантами закрепления заготовки, из них он всегда может выбрать самый оптимальный.

Приспособления для расточки кулачков используются для восстановления кулачков и их доработки. Рабочие поверхности кулачков самоцентрирующих патронов со временем изнашиваются, что приводит к увеличению допускаемого биения в патроне и браку при обработке. Кроме того, часто у токаря возникает необходимость в расточке кулачков на строго определенную глубину и диаметр, с тем чтобы закрепить точно, удобно и надежно заготовку.

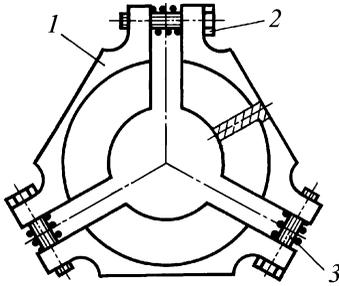


Рис. 7.8. Хомут для расточки кулачков самоцентрирующих патронов

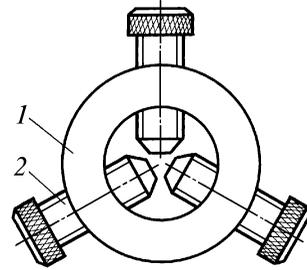


Рис. 7.9. Приспособление для расточки кулачков

Хомут для расточки кулачков самоцентрирующих патронов (рис. 7.8) состоит из трех планок 1, которые с помощью винтов 2 и пружин 3 объединены в одну конструкцию. Внутренние плоскости планок расположены под углом  $120^\circ$ , что обеспечивает самоцентрирование приспособления по кулачкам токарного патрона.

Хомут в растянутом состоянии накладывают на разведенные кулачки и закрепляют на них винтами 2. С помощью ключа патрона зажимают или разжимают кулачки для создания определенного натяга и затем производят расточку или обточку.

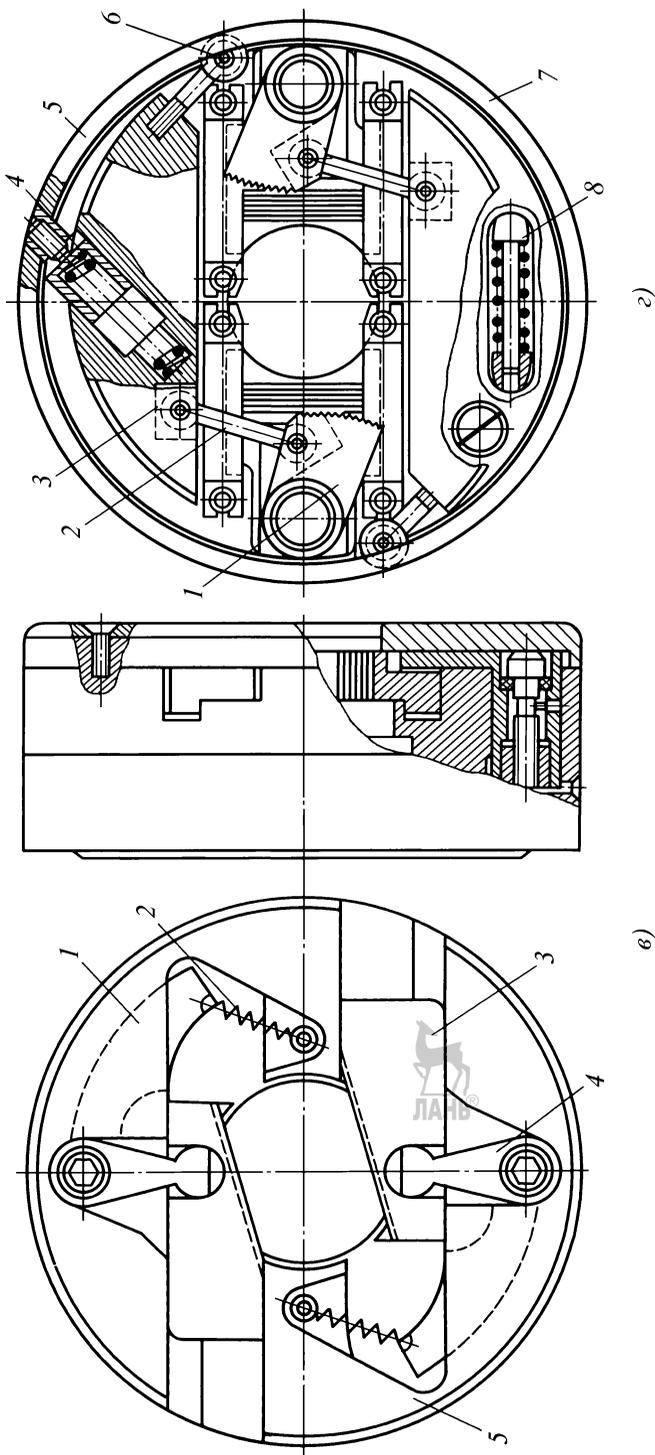
Приспособление для расточки кулачков (рис. 7.9) состоит из кольца 1 с тремя резьбовыми отверстиями, расположенными под углом  $120^\circ$  по окружности, и регулировочных винтов 2.

### 7.5. ТОКАРНЫЕ ПОВОДКОВЫЕ ПАТРОНЫ

Трехкулачковый поводковый патрон с плавающим центром (рис. 7.10, а) состоит из корпуса с тремя двуплечими рычагами 2 и плавающего центра 5. Он применяется при закреплении заготовок, имеющих значительные отклонения формы поверхности, и обеспечивает повышение точности обработки за счет равномерного распределения силы зажима между кулачками. Наличие упора 4 обеспечивает базирование заготовки по торцу.

Патрон поводковый, представленный на рис. 7.10, б, предназначен для закрепления заготовок типа валов. В отверстии конусного хвостовика 3 установлены плавающий центр 6 и пружина, расположенная между резьбовыми втулками. В задний торец центра установлена штанга 2. Корпус 8 патрона имеет проточку под диск 7, в котором закреплены через  $120^\circ$  три подвижных пальца 4. На них закрепляются сменные эксцентриковые кулачки с зубчатыми поверхностями и поворотный кожух 9. Диск, поворачиваясь, увлекает за собой кулачки, которые пазы захватывают неподвижные пальцы 4 и, перемещаясь вместе с диском, поворачиваются относительно пальцев, в результате чего кулачки равномерно захватывают заготовку, передавая ей крутящий момент. Раскрытие кулачков осуществляется поворотом кожуха против часовой стрелки и фиксируется подпружиненными фиксаторами. С патроном поставляются три комплекта сменных кулачков, на торцах которых маркируется диапазон диаметров заготовок.





**Рис. 7.10. Поводковый патрон (окончание):** *в* – с креплением рифлеными клиньями:  
 1 – противовес; 2 – пружина; 3 – рифленые клинья; 4 – рычаги; 5 – корпус; 6 – кулачок; 7 – шагун;  
 8 – груз; 9 – пружина; 10 – плавающая планшайба; 11 – ось; 12 – корпус; 13 – паз корпуса



Поводковый патрон, представленный на рис. 7.10, в, предназначен для крепления валов при их обточке в центрах. Заготовку размещают между жестким центром, закрепленным в шпинделе станка, и вращающимся центром, установленным в пиноли задней бабки.

При вращении шпинделя противовесы 1, закрепленные на рычагах 4, расходятся, перемещая сферические головки рычагов, размещенных в фигурных пазах клиньев; заготовка закрепляется.

При увеличении силы резания клинья 3 автоматически усиливают зажим заготовки, надежно удерживая ее от проворота. После остановки станка пружины через противовесы и рычаги возвращают клинья в исходное положение. Применение таких патронов особенно эффективно при автоматизации процессов установки и снятия заготовки.

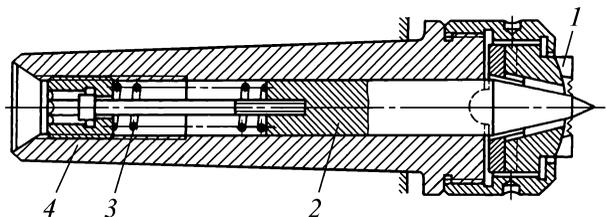
Самозажимной поводковый патрон (рис. 7.10, з). Заготовку вала размещают между жестким центром, закрепленным в шпинделе, и вращающимся центром, установленным в пиноли задней бабки. При включении станка центробежные силы заставляют грузы преодолеть сопротивление пружин 4 и повернуться вокруг оси б в направлении от оси центров, увлекая за собой кулачки, связанные с грузами шатунами 2. Кулачки зажимают заготовку. При остановке станка действие центробежных сил прекращается, и пружины, находящиеся в пазах корпуса, возвращают грузы и кулачки в исходное положение. Плавающая планшайба, перемещаясь внутри корпуса, компенсирует несоосность необработанной заготовки относительно ее центров. При использовании патрона значительно сокращается вспомогательное время при обработке.

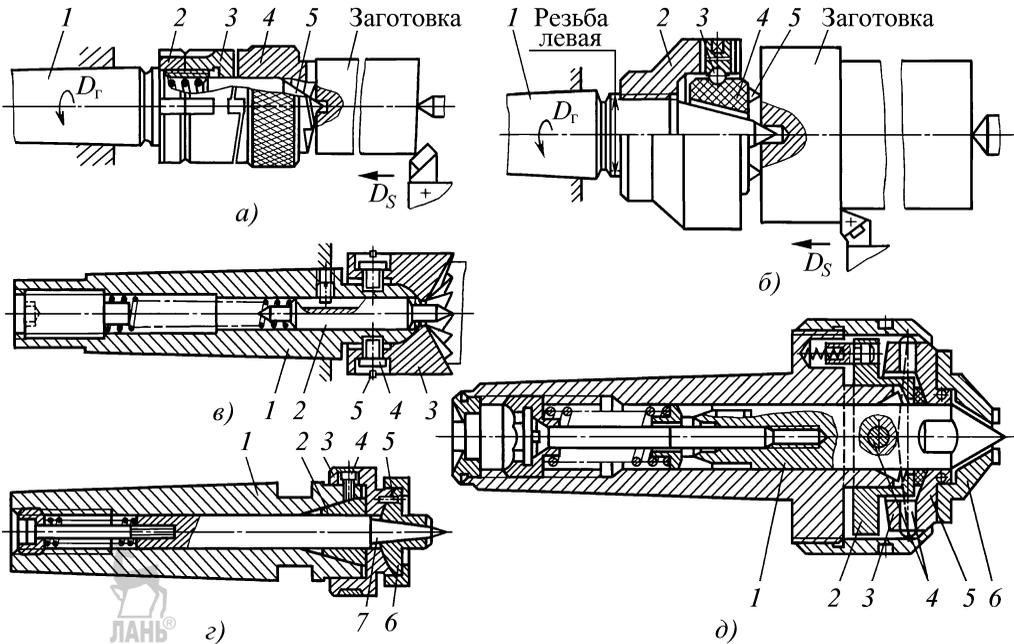
## 7.6. ЦЕНТРЫ ПОВОДКОВЫЕ ЗУБЧАТЫЕ

*Вращающийся торцовый центр* (рис. 7.11) предназначен для получистовой и чистовой обработки валиков на проход. При поджатии обрабатываемого вала вращающимся центром плавающий центр 2, сжимая пружину 3, входит внутрь корпуса 4, и торец вала упирается в зубья поводка 1. Поворотом маховика задней бабки достигается врезание зубьев поводка 1 в торец вала. При этом обеспечивается передача вращения и предотвращается поворачивание вала в процессе обработки. Благодаря шарнирному соединению поводок самоустанавливается.

Для ускоренного зажима заготовок деталей типа валов при обработке с установкой в центрах применяется поводковый центр (рис. 7.12, а). Торцы поводка 4 и втулки 3, навинченной на корпус, имеют скошенные кулачки. Втулка для предотвращения самоотвинчивания фиксируется контргайкой 2. Для центрирования заготовки используется плавающий центр 5. При поджиме заготовки центром задней бабки левый торец заготовки упирается в зубцы поводка. При реза-

Рис. 7.11. Вращающийся торцовый центр





**Рис. 7.12. Поводковый центр:**

*а* – для ускоренного зажима заготовок: 1 – корпус; 2 – контргайка; 3 – втулка; 4 – поводок; 5 – плавающий центр; *б* – виброгасящий: 1 – хвостовик с центром; 2 – чашка; 3 – шарик; 4 – резиновая шайба; 5 – штырь-поводок; *в* – для обработки валиков диаметром 10...60 мм: 1 – корпус; 2 – плавающий центр; 3 – зубчатый поводок; 4 – винт; 5 – кольцо; *г* – для обработки валиков диаметром до 35 мм: 1 – корпус; 2 – цапга; 3 – втулка; 4 – винт; 5 – штифт; 6 – самоустанавливающийся поводок; 7 – подпружиненный центр; *д* – для чистового обтачивания: 1 – плавающий центр; 2 – стакан; 3 – люлька; 4 – ролик; 5 – водило; 6 – самоустанавливающийся поводок

нии зажим осуществляется вследствие того, что кулачки втулки при вращении отжимают поводок на заготовку и зубцы поводка плотно прижимаются к ее торцу. Чем больше крутящий момент при резании, тем надежнее крепление заготовки. Аналогичный способ закрепления заготовки характерен для виброгасящего поводкового центра (рис. 7.12, б). Гашение вибраций осуществляется с помощью резиновой поводковой шайбы 4, шарнирно закрепленной на чашке 2, которая навинчивается на резьбу, нарезанную на цилиндрической части корпуса поводкового центра. На торцевой поверхности резиновой шайбы закреплены два пирамидообразных закаленных штыря 5. Некоторый перекосяк шайбы и равномерное зажатие заготовки с неподрезанным торцом обеспечиваются восемью шариками 3, расположенными по окружности. В момент установки заготовки в центрах чашка с поводковой шайбой находится в крайнем левом положении, затем она вывертывается и вручную осуществляется предварительный поджим штырей поводковой шайбы к торцу заготовки. Во время обработки штыри вдавливаются в заготовку, и происходит ее надежное закрепление.

Поводковый центр, представленный на рис. 7.12, в, предназначен для обработки валиков диаметром 10...60 мм на токарных станках. Зубчатый поводок 3 шарнирно установлен на корпусе патрона. Крутящий момент передается поводку двумя винтами 4. Кольцо предохраняет винты от самоотвинчивания. Плавающий центр 2 предназначен для центрирования заготовки.

Поводковый центр, представленный на рис. 7.12, з, предназначен для обработки валов диаметром до 35 мм. Самоустанавливающийся поводок 6 контактирует сферической поверхностью со втулкой 3. Крутящий момент от шпинделя станка передается через корпус втулке винтом 4, а поводку 6 – штифтом 5. Подпружиненный центр под действием усилия вращающегося центра задней бабки закрепляется цангой 2.

Поводковый центр, приведенный на рис. 7.12, д, предназначен для чистового обтачивания валов диаметром 15...120 мм, что обеспечивается комплектом сменных кулачков диаметром 13...110 мм. Самоустанавливающийся поводок может качаться в двух плоскостях с помощью двух пар роликов 4, расположенных в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях в пазах стакана 2, люльки 3 и водила 5, перемещаясь по поверхности стакана. Наличие плавающего центра обеспечивает постоянную базу по торцу заготовки.

## 7.7. ЦЕНТРЫ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

*Вращающийся центр* (рис. 7.13) предназначен для обработки валов при повышенных режимах резания. В корпусе 6 установлен центр 1 на подшипниках качения: радиальном 4, упорном 5 и коническом 3. Между наружным кольцом конического подшипника и крышкой установлено упорное звено – тарельчатая пружина 2. Под действием осевых нагрузок на центр внутреннее кольцо конического подшипника смещается вправо в результате контактных деформаций в стыках внутреннего кольца конического и упорного подшипников. При этом тарельчатая пружина перемещает наружное кольцо конического подшипника в том же направлении, компенсируя образующийся в нем зазор.

*Подпружинивающий задний центр* с устройством осевого колебательного движения представлен на рис. 7.14. В качестве упругого звена в центре применен пакет тарельчатых пружин 7. Он установлен между внутренними торцами

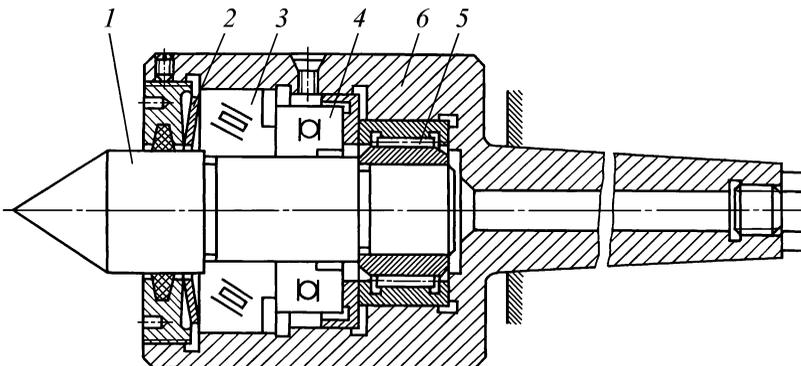
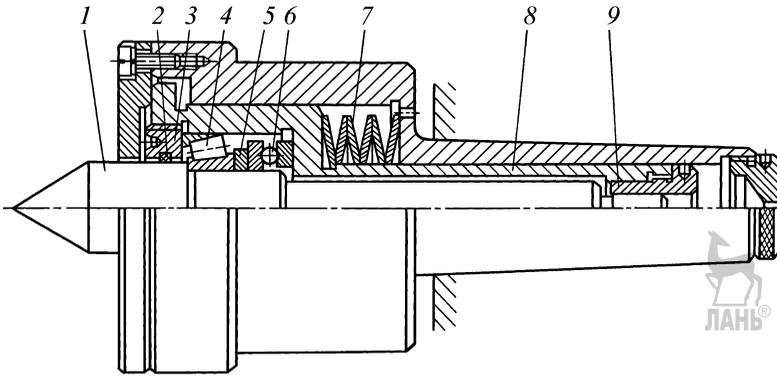
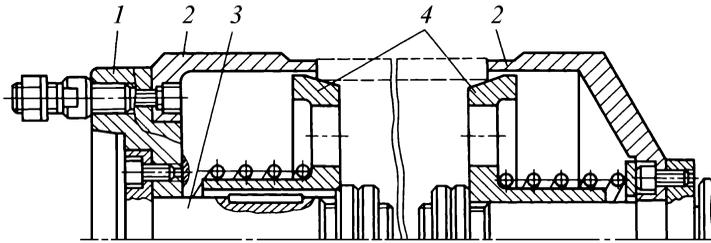


Рис. 7.13. Вращающийся центр



**Рис. 7.14. Подпружинивающий задний центр:**

1 – центр; 2 – сальник; 3 – гайка; 4 – конический подшипник; 5 – компенсационное кольцо; 6 – упорный подшипник; 7 – пакет тарельчатых пружин; 8 – стакан; 9 – втулка



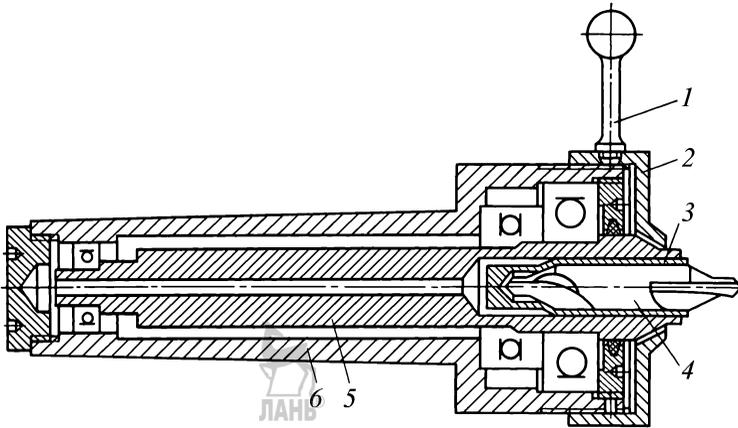
**Рис. 7.15. Грибковые плавающие центры:**

1 – корпус; 2 – упор; 3 – вал; 4 – плавающие центры

бронзового стакана 8 и корпуса. В стакане на коническом и упорном подшипнике и в бронзовой втулке 9 установлен вращающийся центр. Зазоры в подшипниках выбраны с помощью компенсационного кольца 5 и гайки 3, ввинченной в стакан. С одной стороны центр закрыт крышкой, закрепленной винтами, и уплотнен сальником, с другой – в него ввернута пробка.

При обработке тонкостенных заготовок (втулок, цилиндров, гильз) полностью исключается брак по овальности при их обработке в *грибковых плавающих центрах* (рис. 7.15). Корпус приспособления устанавливается на шпинделе станка, на котором крепятся упор и вал. Грибок за счет пружины центрирует обрабатываемую заготовку по внутреннему диаметру. В заднюю бабку на центр устанавливают второй упор и плавающий грибок. Грибки изготовлены подпружиненными, что исключает жесткое центрирование заготовки по внутреннему диаметру, при котором искажение внутренней поверхности копируется на наружный диаметр.

*Вращающийся центр-сверло* (рис. 7.16) предназначен для центрирования и поддержания заготовки в процессе обработки. В передней части центрального валика в его конусном отверстии крепится центровочное сверло 4 с помощью цапговой втулки 3. Для засверливания центровочного отверстия осуществляется торможение центрального валика стопорной гайкой 2, взаимодействующей своим



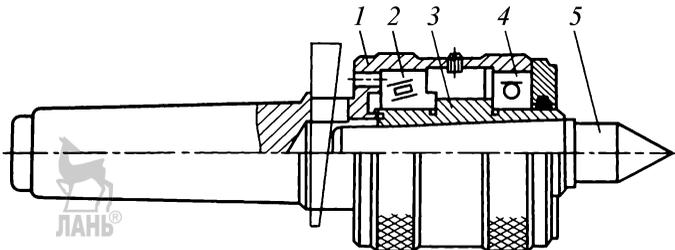
**Рис. 7.16. Вращающийся центр-сверло:**

1 – рукоятка; 2 – стопорная гайка; 3 – цанговая втулка; 4 – центровочное сверло;  
5 – центровой валик; 6 – корпус

центральный коническим отверстием с конической поверхностью центрального валика. По достижении требуемой глубины отверстия стопорную гайку поворачивают при помощи рукоятки 1, освобождая при этом центральный валик; сверло получает возможность вращаться вместе с заготовкой и одновременно поддерживает ее в процессе обработки.

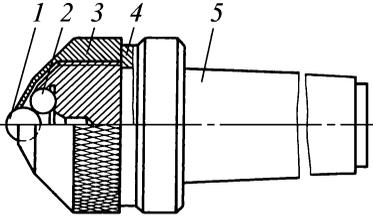
*Универсальный корпус для съемных вращающихся центров* (рис. 7.17) обеспечивает быструю смену центральных валиков-вставок. Это значительно снижает номенклатуру вращающихся центров на заводах.

*Шариковый упорный центр* (рис. 7.18) применяется при обработке конических заготовок с поджатием и смещением задней бабки станка. Обычные вращающиеся центры в процессе работы разбивают центральные отверстия и в результате этого преждевременно изнашиваются. Вращающийся центр оснащен упорным шариком 1, опирающимся на три шарика 2 меньшего диаметра, расположенных в сферической выточке корпуса и зафиксированных крышкой и упругой шайбой. Центр надежен в эксплуатации и прост в изготовлении.

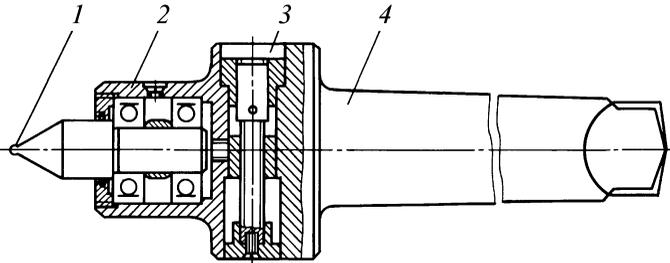


**Рис. 7.17. Универсальный корпус для съемных вращающихся центров:**

1 – корпус; 2, 4 – подшипники конический, радиальный; 3 – втулка; 5 – центровой валик



**Рис. 7.18. Шариковый упорный центр:**  
1, 2 – шарики; 3 – крышка; 4 – упругая шайба; 5 – корпус



**Рис. 7.19. Специальный вращающийся центр:**  
1 – центр, оснащенный шариком; 2 – корпус; 3 – винт; 4 – хвостовик

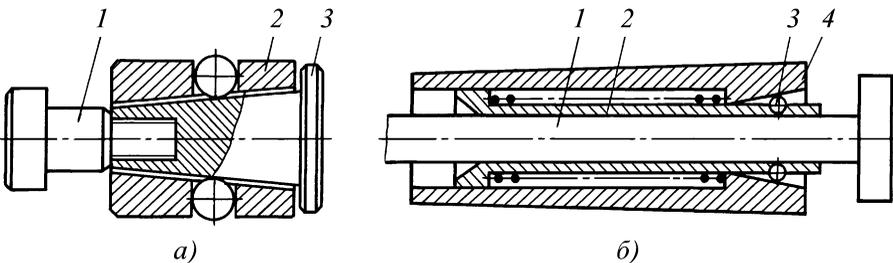
*Специальный вращающийся центр* применяют для обтачивания конусов валиков, а также для компенсации появляющейся конусообразности при обработке цилиндрических валиков (рис. 7.19).

Хвостовик 4 центра 1 крепят в пинولى задней бабки. В корпусе 2 имеется соединение типа ласточкина хвоста. Оно обеспечивает смещение корпуса до 15 мм в зависимости от габаритных размеров корпуса центра. Отсчет осуществляется по нониусу микрометрического винта с ценой деления 0,01 мм.

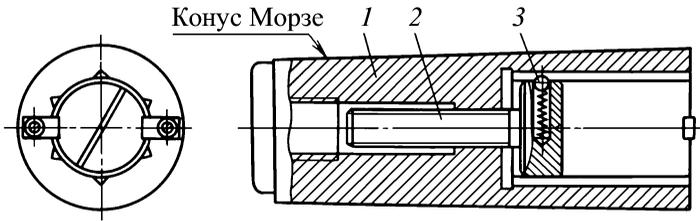
Во избежание скалывания вращающегося центра или изнашивания центрального отверстия в конструкции центра предусмотрен специальный шарик. При использовании центра значительно сокращается вспомогательное время и повышается качество обработки.

## 7.8. УПОРЫ

*Внутришпиндельный шариковый упор* (рис. 7.20, а) с успехом применяется при подрезке торцов валиков длиной от 1000 мм.



**Рис. 7.20. Внутришпиндельный упор:**  
а – шариковый: 1 – винт; 2 – корпус; 3 – конус упора; б – пружинный: 1 – упор; 2 – обойма; 3 – шарики; 4 – конусная втулка



**Рис. 7.21. Шпиндельный упор:**

1 – корпус; 2 – упорный винт; 3 – шариковый фиксатор

Заклинивание упора происходит с помощью шариков, скользящих по его конусной части. Снятие упора производится легким ударом прутка по торцу винта, после чего конус упора выходит из корпуса, шарики опускаются, и упор легко вынимается из шпинделя.

*Внутришпиндельный пружинный упор* (рис. 7.20, б) предназначен для установки заготовок равной длины (до 100 мм) внутри патрона станка.

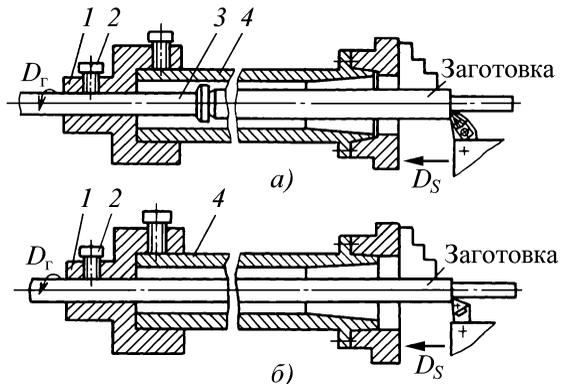
Шарики, размещенные в обойме, контактируют с одной стороны с упором, с другой – с конусным отверстием втулки. Под действием пружины они заклинивают упор, не давая ему возможности перемещаться внутрь шпинделя. Для настройки упора на заданную длину его легко можно перемещать в направлении задней бабки станка.

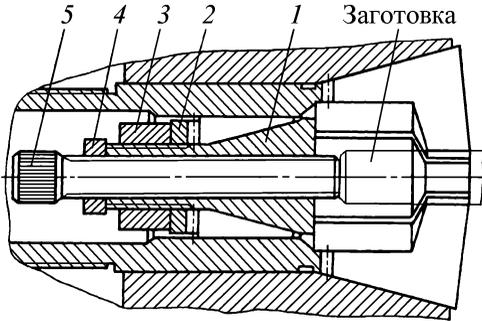
*Шпиндельный упор* (рис. 7.21) позволяет сократить вспомогательное время на установку заготовок, повысить качество обрабатываемых валов диаметром до 40 мм. Установка необходимого размера вылета заготовки из кулачков патрона осуществляется вращением упорного винта 2, с помощью которого можно изменять размер с шагом 0,25 мм. Постоянство установленного размера вылета заготовки (130...180 мм) из кулачков патрона обеспечивается шариковым фиксатором, который под действием пружины входит в продольные пазы корпуса и тем самым препятствует вывертыванию или вывертыванию винта.

При обработке длинных валов для уменьшения смещений и вибраций, а также обеспечения заданной точности обработки применяют специальные шпиндельные упоры. На выступающий из передней бабки конец шпинделя 4 насаживают муфту 1 и закрепляют ее винтом 2 (рис. 7.22, а). Через отверстие в

**Рис. 7.22. Схема обработки с применением упорной штанги (а) и муфты (б) в качестве шпиндельного упора:**

1 – муфта; 2 – винты; 3 – упорная штанга; 4 – шпиндель





**Рис. 7.23. Цанговый упор:**

1 – конус; 2 – разжимная втулка; 3 – гайка;  
4 – контргайка; 5 – регулировочный винт-упор

муфте проходит упорная штанга 3, которая является шпиндельным упором для заготовки. Положение штанги фиксируется винтом 2. Аналогичное крепление муфтой может быть использовано для стопорения длинной прутковой заготовки, пропускаемой через центральное отверстие шпинделя станка (рис. 7.22, б). В этом случае диаметр отверстия в муфте должен соответствовать диаметру прутка.

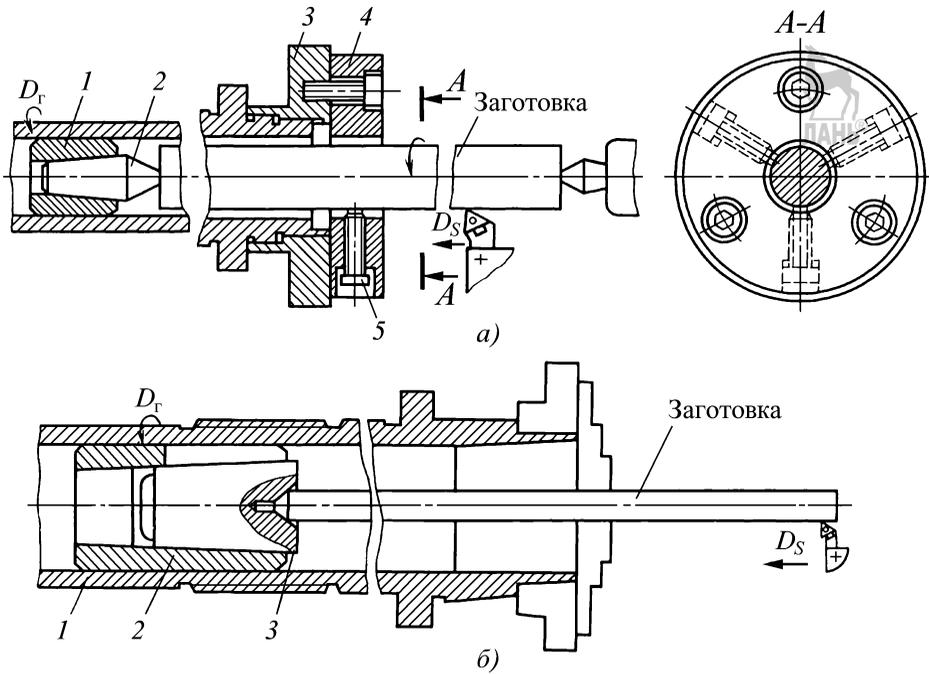
При серийном изготовлении деталей с целью сокращения времени установки заготовки на заданный размер и обеспечения нужной длины проточки применяется *цанговый упор* (рис. 7.23). Гайка 3 подпирает разжимную втулку 2, наружный диаметр которой при движении ее по конусу изменяется, за счет чего устройство удерживается в цанге. После того как устройство вставлено в цангу, регулировочный винт-упор настраивают на нужный размер обработки.

У длинных нежестких валов целесообразно обрабатывать вначале один конец вала, а затем другой, закрепляя кулачками патрона или поводковой планшайбой среднюю его часть. Необработанный конец вала вводится внутрь шпинделя и упирается в шпиндельный центр, вставленный в цанговую (разрезную) втулку (рис. 7.24, а), или в обратный центр (рис. 7.24, б). При поджиге пиноли задней бабки конический хвостовик центра разжимает втулку и стопорит ее в отверстии шпинделя.

*Барабанный упор* (рис. 7.25) имеет в корпусе шесть или восемь регулируемых винтов-упоров 1, расположенных по окружности. Они настраиваются на необходимый размер и фиксируются гайками 2. Основанием 4 упор устанавливается на станине станка перед суппортом и закрепляется прижимной планкой 5. Барабан в необходимое положение устанавливается сферическим фиксатором 3.

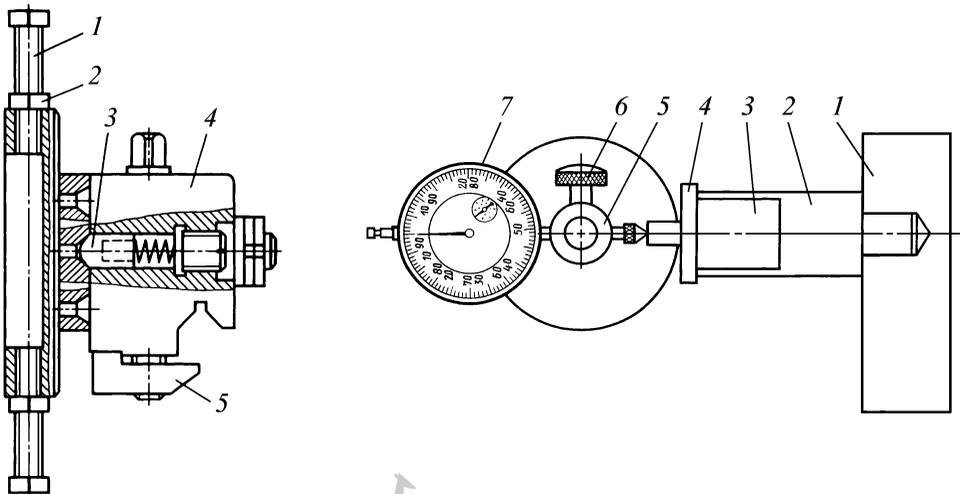
Барабанный упор не позволяет выполнять обработку коротких заготовок и не обеспечивает высокую точность линейных размеров.

*Магнитный индикаторный упор* (рис. 7.26) состоит из корпуса 2, закрепленного в суппорте 1 токарного станка, и магнита 3, который предохраняется от засорения козырьком. Точное линейное расстояние выдерживается и контролируется с помощью индикатора 7, закрепленного в магнитной стойке, которая устанавливается напротив магнитного упора.



**Рис. 7.24. Схема обработки нежесткого вала:**

*a* – центрированного: 1 – цанговая втулка; 2 – центр; 3 – планшайба; 4 – поводковое кольцо; 5 – винт-поводок; *б* – нецентрированного: 1 – шпиндель; 2 – цанговая втулка; 3 – обратный центр

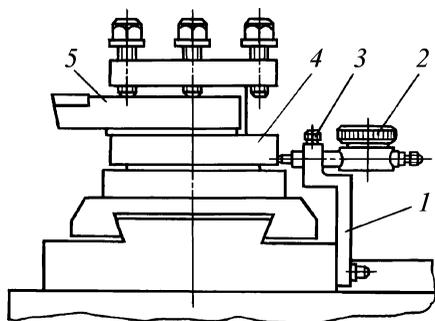


**Рис. 7.25. Барабанный упор:**

1 – винт-упор; 2 – гайка;  
3 – фиксатор; 4 – основание;  
5 – прижимная планка

**Рис. 7.26. Магнитный индикаторный упор:**

1 – суппорт; 2 – корпус; 3 – магнит; 4 – эталон;  
5 – стойка; 6 – винт; 7 – индикатор



**Рис. 7.27. Индикаторная стойка:**  
 1 – стойка; 2 – индикатор; 3 – винт;  
 4 – резцедержатель; 5 – резец

Если требуется выдержать несколько точных линейных размеров, между индикатором и магнитным упором устанавливаются элементы – эталоны этих размеров – регулируемые (универсальные) или постоянные. Эти элементы удерживаются на корпусе с помощью магнитного упора, их легко сменить при достижении нужного размера.

Индикаторная стойка для контроля фиксации резцедержателя обеспечивает точную фиксацию инструмента даже при установке верхних салазок суппорта под углом к резцедержателю (рис. 7.27).

Индикаторная стойка 1 через шайбу крепится винтом к поперечным салазкам суппорта. Индикатор 2 вводится в отверстие стойки и, коснувшись ножкой резцедержателя, стопорится винтом 3. Если при повороте резцедержателя вокруг своей оси индикатор обнаружит ошибку в его фиксации, сразу же вводится корректировка этой величины в установку лимба.

## 7.9. ЛЮНЕТЫ

При обработке с применением *неподвижного универсального люнета* (рис. 7.28) необязательно протачивать на валу специальную шейку. Отклонение от круглости, неодинаковые диаметры отдельных участков вала воспринимаются пружиной. В основании люнета 1 установлены два шарикоподшипника 5. В отверстие крышки 2 вставлен валик 3 с пружиной, на конце которого подвижно закреплена серьга 4 с двумя шарикоподшипниками 5. При закреплении обрабатываемого вала опускают крышку люнета и гайкой регулируют положение валика. Затем рукояткой поворачивают эксцентрик, в специальный паз которого входит штифт, установленный в крышке, и крышка перемещается к центру люнета.

При этом пружина прижимает серьгу с верхними подшипниками к валу, и последний зажимается между верхними и нижними подшипниками люнета.

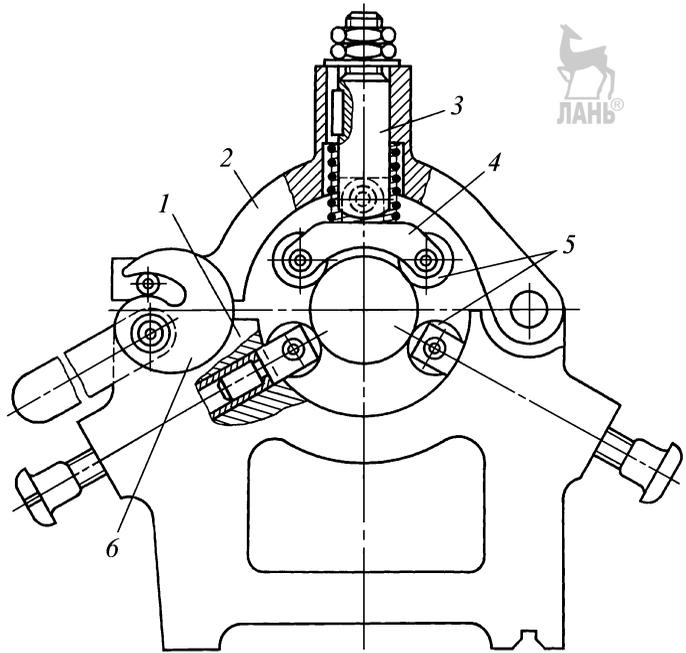
*Люнет для отрезки тонких прутковых заготовок* (рис. 7.29) состоит из кронштейна 1, в котором размещены шарикоподшипник 3 сменная втулка 2.

Кронштейн устанавливается на каретке на месте, предназначенном для подвижного люнета. Пруток выдвигается до упора 5 и зажимается в патроне. Отрезной резец закрепляют в резцедержателе 6, а специальный или фасонный резец – в дополнительном резцедержателе 4. Врезание в пруток первоначально осуществляется отрезным резцом, установленным в поперечном суппорте, а затем фасонным резцом; после этого отрезают заготовку.



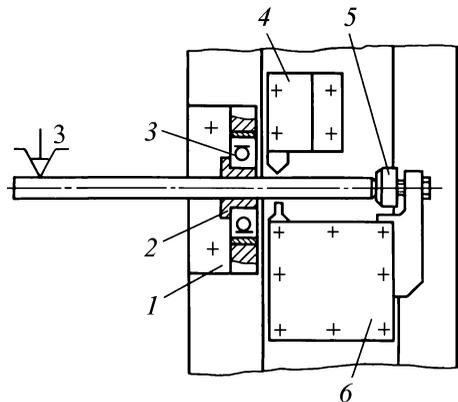
**Рис. 7.28. Неподвижный универсальный люнет:**

- 1 – основание; 2 – крышка;  
3 – валик; 4 – серьга;  
5 – шарикоподшипники;  
6 – эксцентрик

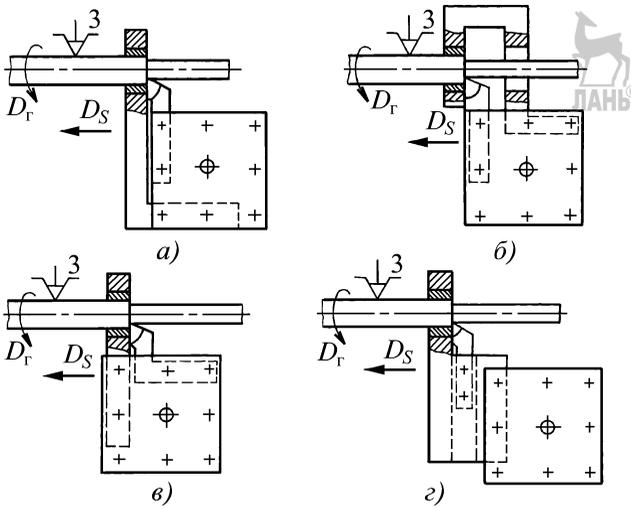


При обработке нежестких длинных заготовок перед проходным упорным резцом устанавливают люнетную планку с втулкой, закрепленной в резцедержателе (рис. 7.30). Диаметр переходных закаленных втулок, вставляемых в планку, соответствует диаметру прутковой заготовки, и ось втулки располагается точно на уровне оси шпинделя. Резец режущей кромкой устанавливается вплотную к отверстию и настраивается на заданную глубину обработки (без лимба). Отверстие в планке под базирование переходных втулок обрабатывается на этом же станке. Инструмент для обработки отверстия (сверло, развертка) устанавливается в шпинделе станка. Этим обеспечивается совпадение оси шпинделя и планки. Повторная установка планки производится по меткам, нанесенным на хвостовик планки резцедержателя. При обработке валов таким способом поперечные салазки суппорта следует стопорить клиньями.

Многорезцовая обработка применяется при точении длинных нежестких заготовок. При такой обработке уменьшается прогиб заготовки за счет компенсации сил резания в одной плоскости, а также сокращается время выполнения операции. Установка вылета инструмента на размер осуществляется по эталонной детали. В некоторых конст-

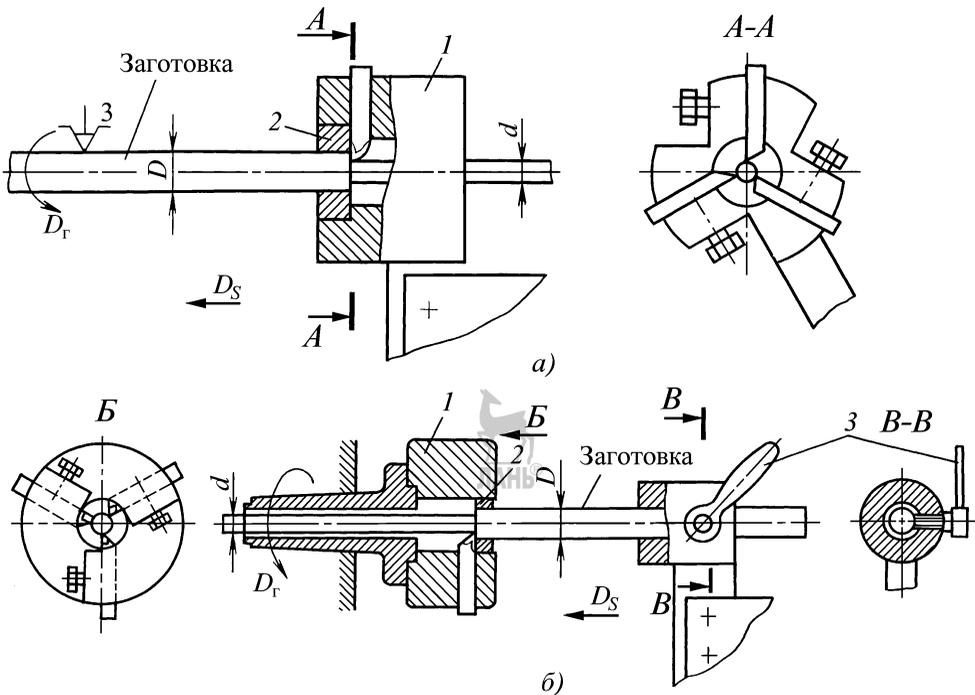


**Рис. 7.29. Люнет для отрезки прутковых заготовок**



**Рис. 7.30. Способы крепления длинных валов с помощью планок с люнетными втулками:**

*а, б, в* – кронштейн люнетной втулки закреплен в резцедержателе; *г* – резец с люнетной втулкой закреплен в специальной державке



**Рис. 7.31. Схема обтачивания прутковой заготовки многорезцовой невращающейся (а) и вращающейся (б) головками:**

*1* – резцовая головка; *2* – направляющая втулка; *3* – рукоятка

ружках многорезцовых невращающихся головок (рис. 7.31, *а*) прутки центрируются сменной закаленной втулкой, вплотную примыкающей к режущим кромкам вставных резцов головки. Державка с многорезцовой головкой закрепляется в суппорте станка, а поперечный суппорт стопорится после настройки.

Разновидностью данного метода обработки является установка головок в шпиндель станка или в трехкулачковый патрон. В этом случае головка (рис. 7.31, б) получает вращательное движение, а обрабатываемая заготовка – движение подачи. Прутковая заготовка зажимается винтом во втулке, установленной в резцедержателе, и подается автоматической подачей суппорта во вращающуюся головку, обтачивающую пруток до заданного диаметра. Сменная втулка в резцовой головке служит для направления заготовки. Для исключения прогиба прутка необходимо периодически отвертывать рукоятку и отводить суппорт от резцовой головки. Свободный конец прутковой заготовки можно пропускать в осевое отверстие корпуса задней бабки, предварительно вывинтив пиноль. Если обрабатываемый пруток очень длинный, то заднюю бабку снимают и конец прутка подпирают специальной стойкой, установленной за станком.

При обработке нежестких деталей часто возникают вибрации, которые влияют на качество обработанной поверхности и приводят к преждевременному затуплению или поломке инструмента.

*Люнет-виброгаситель* (рис. 7.32) позволяет вести точение заготовок малой жесткости (с отношением длины к диаметру  $\geq 30$ ) без вибраций. Он выполнен в виде рычага с роликами. Один конец рычага 1 шарнирно связан с резцедержателем 2 посредством паза и пальца 4. Ролики 2 соприкасаются с обрабатываемой заготовкой непосредственно за резцом. Другой конец рычага через тарельчатый демпфер трения 5 соприкасается с кареткой суппорта 6. Полученная таким образом замкнутая механическая система обеспечивает эффективное виброгашение, уменьшение упругих деформаций и повышение качества обработки. В исходном положении рычаг виброгасителя под действием пружины 7 удерживается на кронштейне 8, закрепленном на каретке суппорта.

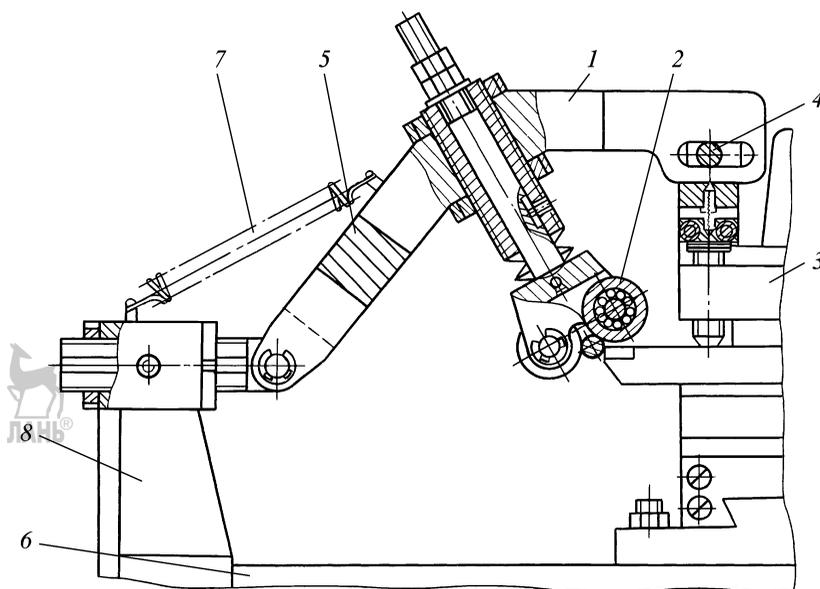


Рис. 7.32. Люнет-виброгаситель

### 7.10. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСЦЕНТРИКОВ

Приспособление для обработки эксцентриковых заготовок на токарном станке изображено на рис. 7.33.

Обрабатываемая заготовка устанавливается в самоцентрирующем патроне, закрепленном на поворотном диске 3, по окружности которого нанесено 360 делений. Переналадка приспособления для установки требуемого эксцентриситета осуществляется винтом 1 по линейке 6. Точно эксцентриситет настраивается лимбом 2. Зазор между направляющими и фланцем устраняют клином 4. Закрепление фланца в рабочем положении осуществляют фиксирующим винтом 5. При обработке нескольких эксцентричных поверхностей, равно удаленных от центра заготовки, пользуются поворотным диском 3.

*Патрон для обточки и расточки эксцентриков* (рис. 7.34) предназначен для обработки наружных и внутренних эксцентриков. Перемещение заготовки относительно оси станка для обеспечения требуемого эксцентриситета осуществляется посредством вращения винта 5, закрепленного в планке 4. При этом фланец 2 вместе с закрепленным на нем патроном 3 перемещается относительно оси оправки 1. Перемещение его определяется по нониусу планки 4, закрепленной на фланце 2.

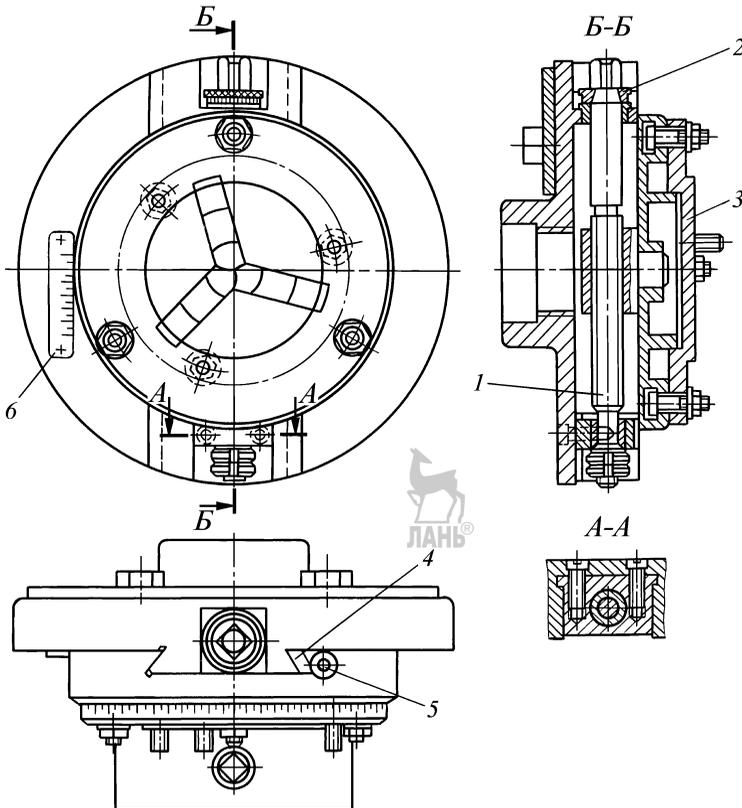


Рис. 7.33. Приспособление для обработки эксцентриковых заготовок

Эксцентриковое наладочное приспособление для установки и закрепления заготовки с отверстием для обработки наружной поверхности (рис. 7.35) состоит из базового фланца и сменных наладок б.

Наладка устанавливается в гнездо ползуна 4 по шпоночному пазу и закрепляется гайкой 5. Настройка приспособления на заданный эксцентриситет осуществляется перемещением ползушки в пазу головки хвостовика посредством винта 2. Отсчет эксцентриситета производится по шкале нониуса. Для закрепления ползуна предназначен стопорный винт. При ширине заготовки 50 мм, наружном диаметре 90 мм и внутреннем 32 мм максимальный эксцентриситет составляет не более 10 мм.

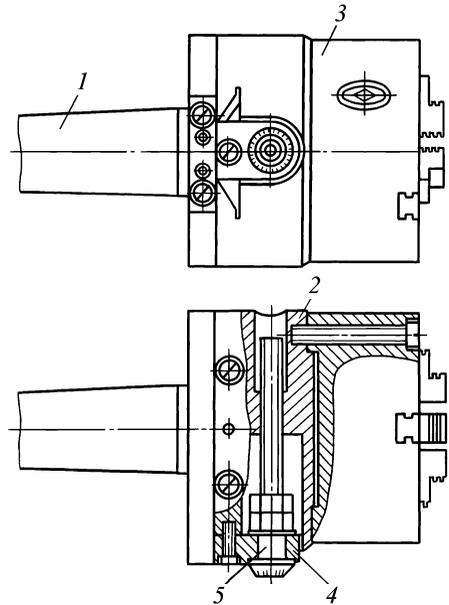


Рис. 7.34. Патрон для обточки и расточки эксцентриков

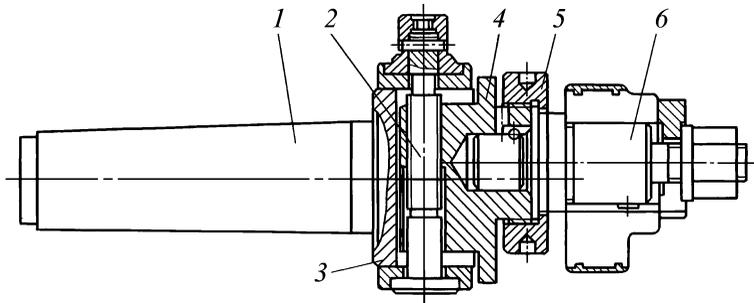


Рис. 7.35. Эксцентриковое наладочное приспособление:

1 – оправка; 2 – винт; 3 – базовый фланец; 4 – ползун; 5 – гайка; 6 – сменные наладки

### 7.11. ПЛАНШАЙБЫ, УГОЛЬНИКИ, ОПРАВКИ

Для изготовления кронштейнов, стоек, корпусов и других деталей сложной конфигурации применяются (особенно в мелкосерийном и единичном производстве) приспособления на базе комплекта УСП. Комплект состоит из плит, планшайб, угольников, упоров, планок, прихватов, винтов, гаек и других деталей. В случае установки заготовки на регулируемый угольник положение заготовки относительно оси шпинделя станка может регулироваться при помощи горизонтального и вертикального винтов.

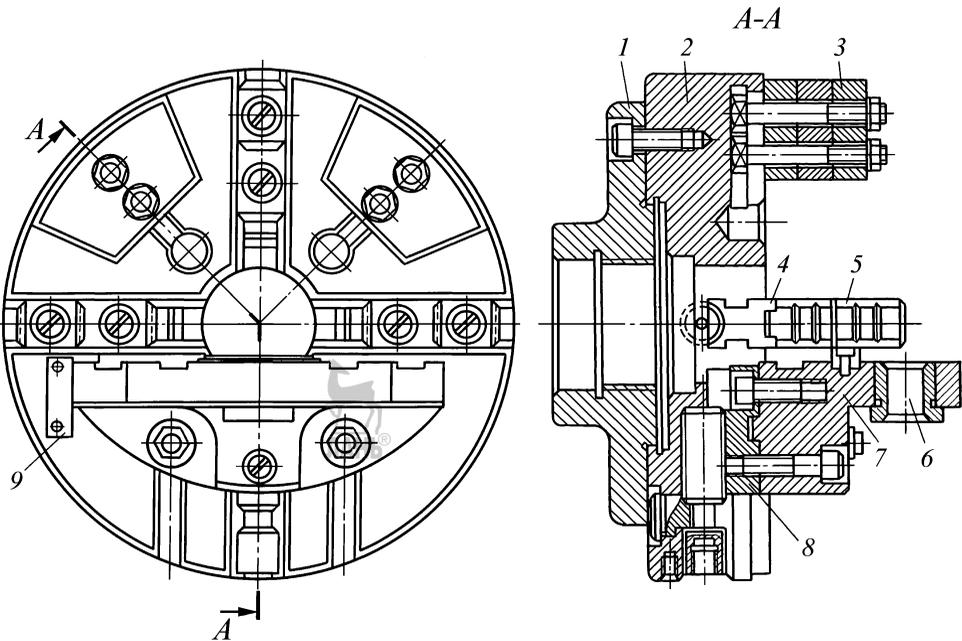
Специализированное переналаживаемое приспособление (рис. 7.36) предназначено для обработки стоек и кронштейнов. На планшайбе закреплён винта-

ми корпус 2, имеющий четыре радиальных паза. Три из них служат для направления основных кулачков 4, на которых закрепляются сменные зажимные кулачки 5. В четвертом пазу помещен сухарь 8 с установленным на нем угольником 7. Кулачки и угольник перемещаются с помощью индивидуальных винтов. При наладке приспособления радиальное перемещение угольника определяют по шкале нониуса; после этого угольник закрепляют.

На верхней плоскости угольника для закрепления установочных элементов или непосредственно обрабатываемых заготовок имеются взаимно-перпендикулярные калиброванные с резьбовыми отверстиями Т-образные пазы, а также отверстие под центрирующую втулку 6, ось которой должна пересекаться с осью шпинделя. Эта втулка служит для установки сменных центрирующих пальцев, применяемых при базировании обрабатываемых заготовок по отверстию. Для устранения дисбаланса служат грузы.

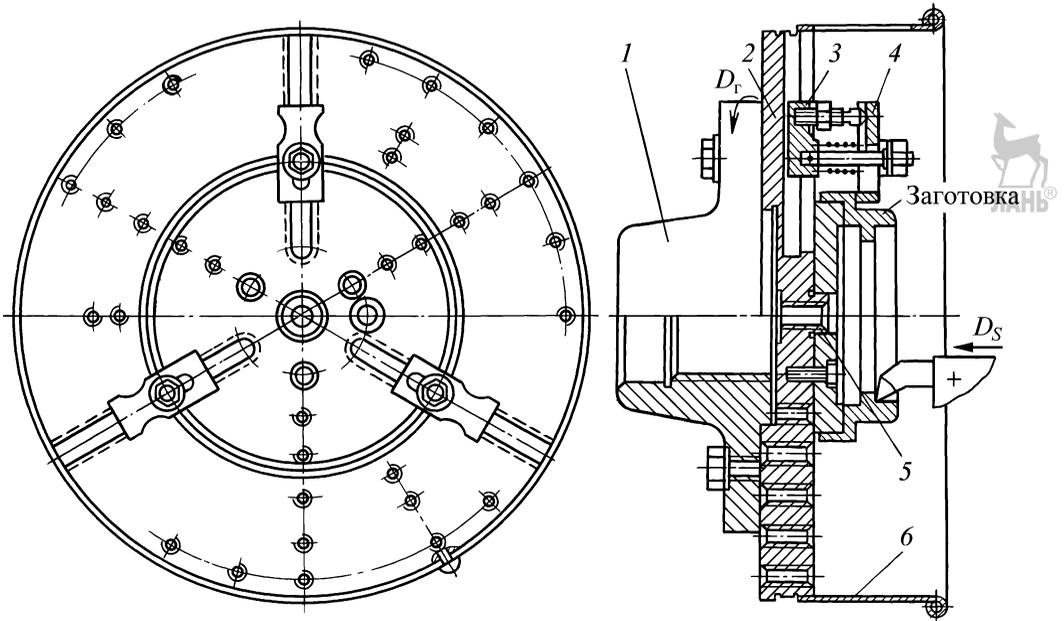
При использовании соответствующих наладок на подобных приспособлениях можно устанавливать и обрабатывать самые разнообразные заготовки, для которых прежде проектировались специальные приспособления.

Заготовки деталей типа ступицы могут быть закреплены при помощи технологической планшайбы с резьбовыми отверстиями и прихватами (рис. 7.37). По радиальным пазам перемещаются сухари с прихватами, которые служат для закрепления заготовок. В резьбовые отверстия можно ввертывать винты и костыли для дополнительного зажима несимметричных заготовок либо острые



**Рис. 7.36. Специализированное перенастраиваемое приспособление:**

1 – планшайба; 2 – корпус; 3 – грузы; 4 – основные кулачки; 5 – сменные зажимные кулачки; 6 – центрирующая втулка; 7 – угольник; 8 – сухарь; 9 – шкала нониуса



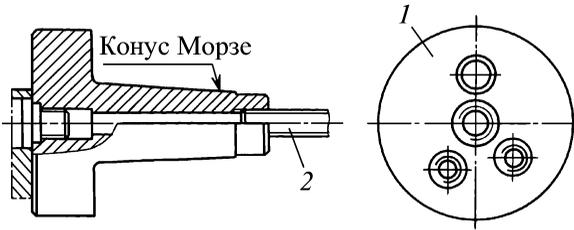
**Рис. 7.37. Технологическая планшайба с резьбовыми отверстиями и прихватами:**

1 – корпус планшайбы; 2 – планшайба; 3 – сухарь; 4 – планка-прихват;  
5 – центрирующая бобышка; 6 – сменная переходная базирующая шайба

штыри для закрепления заготовки с поджимом задним центром. В центре технологической планшайбы находится центрирующая бобышка, на которой базируется сменная переходная базирующая шайба. Использование планшайб со штырями позволяет исключить сложный способ выверки и закрепления заготовок сложной конфигурации в четырехкулачковом патроне.

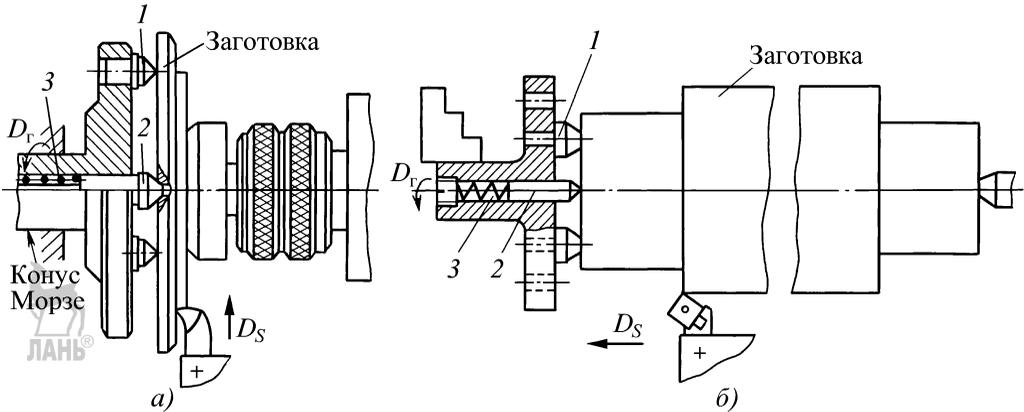
Для расширения технологических возможностей универсальных планшайб, применяемых на токарном станке, в них растачивается выточка, на которую центрируются унифицированные сменные переходники, имеющие одинаковый посадочный выступ для центрирования и центральное резьбовое отверстие для крепления заготовки к планшайбе винтом-штрелелем, проходящим через отверстие в шпинделе. Каждой обрабатываемой заготовке соответствует свой переходник с гнездом или выступом по базовой поверхности.

Применение *планшайбы для обработки корпусов и рычагов* обеспечивает высокую точность изготовления, сокращает время на установку. Точность обработки обеспечивается повышенной точностью межцентровых расстояний отверстий. Планшайба (рис. 7.38) состоит из корпуса и тяги. На рабочей части планшайбы расположены ступенчатые отверстия. Планшайба центрируется на станках по конусу Морзе с затяжкой. Установка и крепление заготовки на планшайбу осуществляются с помощью специальных болтов, устанавливаемых в ступенчатые отверстия. Расточенное первое отверстие считается базовым для последующей установки и обработки заготовки.



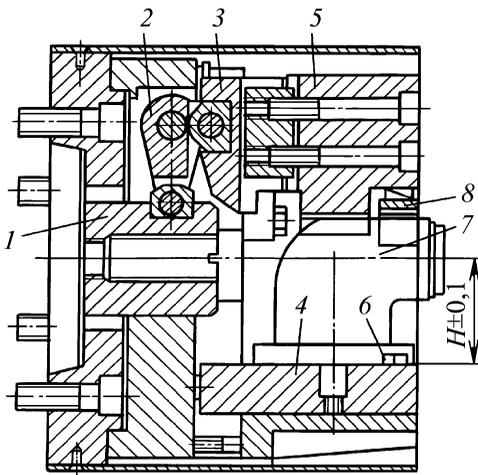
**Рис. 7.38. Планшайба для обработки корпусов и рычагов:**

1 – корпус; 2 – тяга



**Рис. 7.39. Технологическая оправка (а) и планшайба (б) со штырями:**

1 – штырь; 2 – плавающий центр; 3 – пружина



**Рис. 7.40. Унифицированная планшайба для обработки угловых фланцев:**

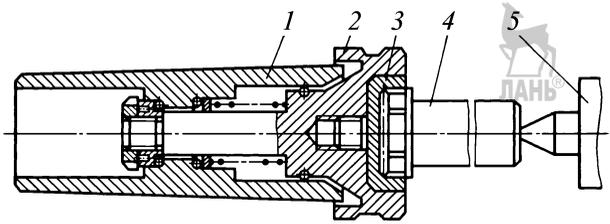
1 – втулка; 2 – рычаг; 3 – основание кулачка;  
4 – плоскость основания; 5 – кулачок;  
6 – срезанные пальцы; 7 – заготовка;  
8 – плавающая призма

Технологическая оправка и планшайба с острыми штырями, расположенными на их торцах по окружности, служат для закрепления заготовок типа ступенчатого вала (рис. 7.39, а) и диска (рис. 7.39, б). Штыри плотно вставляются в отверстия и могут при необходимости выбиваться с обратной стороны. Положение штырей и их количество можно менять в зависимости от конкретных условий работы. Оправка закрепляется непосредственно в конической расточке шпинделя, а планшайба – на шпинделе станка либо в кулачках патрона. Сила зажима заготовки регулируется поджимом пиноли задней бабки.

Для сокращения вспомогательного времени на зажим и разжим при обработке угловых фланцев применяется унифицированная планшайба (рис. 7.40). Заготовка в планшайбе предварительно

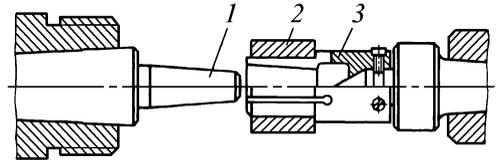
**Рис. 7.41. Оправка для обработки заготовок без остановки станка:**

1 – оправка; 2 – поводок; 3 – многогранная вставка; 4 – обрабатываемая заготовка; 5 – вращающийся задний центр



**Рис. 7.42. Оправка для обработки втулок:**

1 – оправка; 2 – разжимная цанга; 3 – втулка



базируется на срезанные пальцы и на плоскость основания. Зажим заготовки и работа планшайбы происходят следующим образом. При включении пневмоцилиндра втулка 1 перемещается влево. Через рычаг 2 она перемещает основание кулачка 3, и происходит зажим заготовки. Одновременно происходит окончательное базирование заготовки плавающей призмой 8. В зависимости от типоразмера заготовки получают размер  $H$  с помощью сменных переходных плит, базированных на пальцы и на плоскость основания и закрепляемых винтом через резьбовое отверстие основания.

Оправка для обработки заготовок без остановки станка представлена на рис. 7.41. Вращающаяся часть оправки собрана на поводке 2 и соединена с корпусом при помощи разжимной пружины, шайбы и накрученных на хвостовик фансонной гайки и контргайки.

Оправка предназначена для обработки заготовок без остановки вращения шпинделя. Для уменьшения трения поводок установлен в корпус оправки на подшипниках. В поводок ввернута сменная вставка с многогранным гнездом.

Оправку устанавливают в шпиндель станка. В многогранную вставку помещают обрабатываемую заготовку 4 и поджимают ее вращающимся задним центром 5. При этом поводок 2, сжимая пружину своим наружным конусом, прижимается к внутренней конусной части корпуса. Вращение передается от корпуса поводку, который приводит во вращение заготовку.

После обработки задний центр отводят и пружина отжимает поводок, который перестает вращаться. Корпус вращается, а обработанная деталь 4 при этом освобождается.

Оправка для обработки втулок без остановки станка (рис. 7.42) хвостовиком устанавливается в шпиндель станка. Другой конец ее служит для закрепления втулки. На вращающемся центре устанавливают разжимную цангу 2, на которую надевают подлежащую обработке втулку 3. Передвигая пиноль задней бабки, цангу перемещают по направлению к оправке 1. При этом конус оправки разжимает цангу, и втулка надежно закрепляется на оправке.

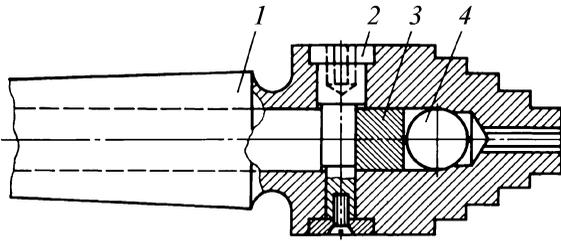


Рис. 7.43. Многоступенчатая оправка для обработки колец и втулок

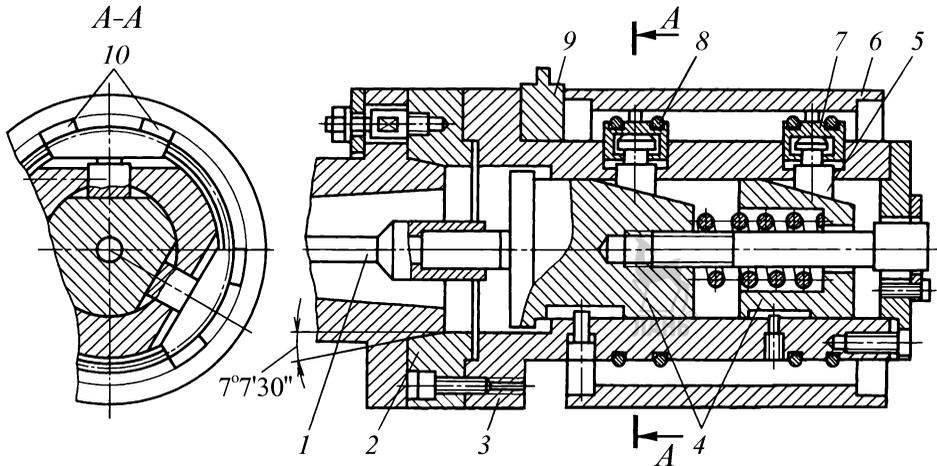
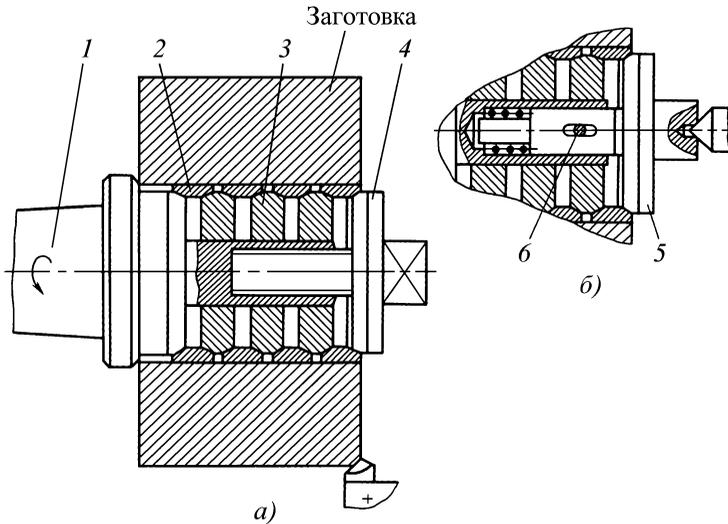


Рис. 7.44. Разжимная оправка:

1 – шток; 2 – планшайба; 3 – корпус; 4 – ползуны; 5 – плунжер; 6 – обрабатываемая заготовка; 7 – сектор; 8 – пружина; 9 – быстросъемный установ; 10 – нажимной выступ

Многоступенчатую оправку для обработки колец и втулок различных типоразмеров целесообразно использовать в условиях мелкосерийного производства. Она состоит (рис. 7.43) из корпуса 1, закрепленного в шпинделе станка, эксцентрикового валика 2, штока 3, шарика 4. При повороте валика 2 шток 3 перемещается вправо и толкает шарик 4, который разжимает пружинную разрезную часть корпуса 1; заготовка закрепляется.

Повышение производительности при обработке тонкостенных труб с использованием отверстия в качестве базовой поверхности достигается применением *разжимной оправки* (рис. 7.44). Она обеспечивает надежное закрепление при значительном перепаде размеров базового отверстия обрабатываемых труб. Оправка состоит из планшайбы 2 и корпуса 3, которые соединены винтами. В корпусе размещены два ползуна 4, перемещающиеся в осевом направлении. Осевое перемещение ползунам передается через шток 1, который соединен с пневмо- или гидроприводом. Для уменьшения деформации при зажиме каждый плунжер снабжен двумя нажимными выступами 10. Труба устанавливается на сектора плунжеров до быстросъемного установа 9. Зажим осуществляется за счет передвижения ползунов из крайнего правого положения вправо. Такое перемещение ползунов вынуждает плунжера и сектора двигаться в радиальном



**Рис. 7.45. Оправка с разжимными кольцами для закрепления втулок:**

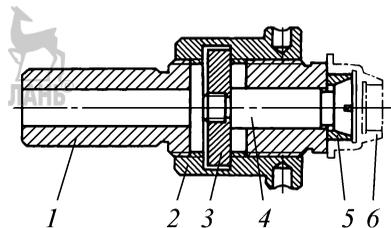
- 1 – корпус; 2 – разжимное кольцо; 3 – нажимная шайба;  
4 – нажимной винт; 5 – нажимной диск; 6 – штифт

направлении в распор, в результате этого заготовка оказывается зажатой. После ее зажима на оправке быстросъемный установ убирается с целью возможного обеспечения подрезки и расточки левого торца. Разжим осуществляется за счет перемещения ползунов из крайнего правого положения влево, при этом сектора под действием пружин возвращаются в исходное положение.

Техническая характеристика оправки следующая: ход штока 15...20 мм; ход зажимных секторов 5,5...7,5 мм; угол подъема наклонной плоскости плунжеров 20°.

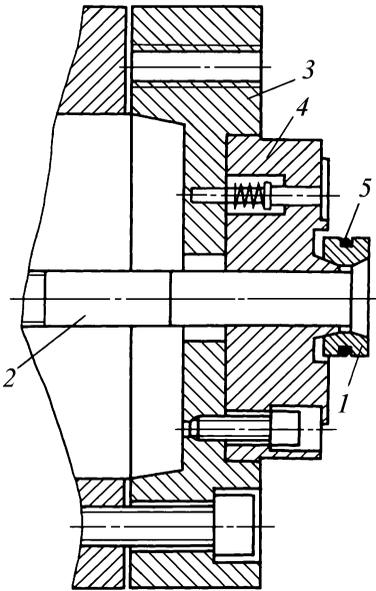
Для надежного центрирования и ускоренного закрепления втулок применяются *оправки с разжимными разрезными кольцами* (рис. 7.45, а). При заворачивании нажимного винта 4 он воздействует на первое кольцо, разжимая его. Одновременно кольцо сдвигает первую шайбу, а шайба сдвигается и разжимает второе кольцо и т.д. Ускоренный зажим достигается с помощью нажимного диска (рис. 7.45, б), поджимаемого пинолью задней бабки (вручную или от пневмопривода).

*Разжимная оправка с разрезной втулкой* (рис. 7.46) предназначена для крепления заготовок с небольшим вылетом и базированием по внутренней цилиндрической поверхности. В оправке движется шток 4, разжимающий центрирующую втулку. При помощи гайки 2 и сухаря 3 через шток осуществляется крепление обрабатываемой заготовки.

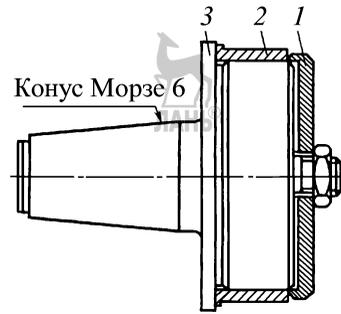


**Рис. 7.46. Разжимная оправка с разрезной втулкой:**

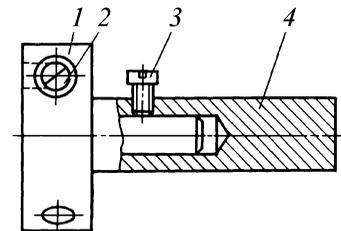
- 1 – корпус оправки; 2 – гайка;  
3 – сухарь; 4 – шток;  
5 – разжимная втулка;  
6 – заготовка



**Рис. 7.47. Разжимной патрон для крепления тонкостенных заготовок:**  
 1 – разрезная втулка; 2 – палец;  
 3 – планшайба; 4 – фланец; 5 – пружина



**Рис. 7.48. Специальная оправка для обработки заготовок типа стаканов:**  
 1 – шайба; 2 – заготовка; 3 – оправка



**Рис. 7.49. Быстропереналаживаемое приспособление для крепления резцов:**  
 1 – поворотный барабан; 2 – зажимной винт; 3 – фиксатор барабана; 4 – державка

Для крепления тонкостенных заготовок применяется *разжимной патрон* (рис. 7.47). Крепление осуществляется с помощью пальца 2 от пневмопривода. Размер патрона зависит от внутреннего диаметра заготовок (20...70 мм). Патрон состоит из планшайбы, фланца, пальца, сменной разрезной втулки, которую подбирают в зависимости от размеров отверстия обрабатываемой заготовки. Фиксируется разрезная втулка пружиной.

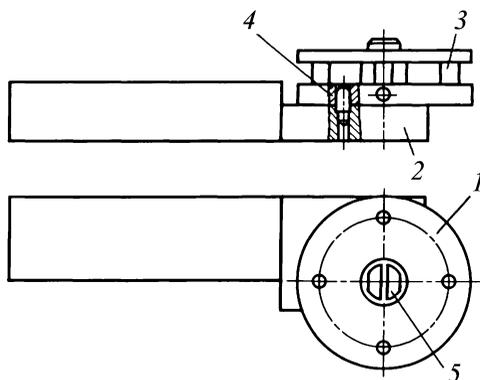
При обработке деталей типа стаканов на токарных станках применяется специальная оправка (рис. 7.48), которая обеспечивает получение высокой точности деталей, так как при закреплении деформация практически исключена. При обработке оправка вставляется конусной частью в шпиндель станка, затем на нее насаживается заготовка, которая прижимается шайбой 1 и затягивается гайкой.

*Быстропереналаживаемое приспособление* (рис. 7.49) предназначено для крепления расточных резцов на токарном станке. Державка с барабаном устанавливается в резцедержателе станка. Применение барабана с тремя закрепленными расточными резцами исключает проверку положения резца (по центру). Вспомогательное время сокращается за счет того, что замена одного резца другим осуществляется поворотом барабана 1 и фиксацией в заданном положении винтом 2.

Применение *четырёхпозиционной накатной оправки* (рис. 7.50) обеспечивает быструю и точную переналадку при обработке различных профилей.

**Рис. 7.50. Четырехпозиционная оправка:**

1 – кассета; 2 – корпус; 3 – ролики;  
4 – фиксатор; 5 – осевой винт



Оправка закрепляется в резцедержателе токарного станка. Отпуская осевой винт 5, устанавливают нужный профиль накатки, затем винт фиксируется, и происходит обработка. При помощи четырех осей в оправке могут крепиться четыре различных ролика.

## 7.12. МОДУЛЬНАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОСНАСТКА

Широко используется оборудование, для которого тип инструментальной оснастки играет важную роль (токарные и фрезерные станки с ЧПУ, многофункциональные станки и обрабатывающие центры). Если на станках инструменты меняются вручную, то время на замену и размерную настройку инструмента снижает производительность. Многие станки имеют устройства автоматической замены инструмента. В обоих случаях эффективность работы зависит от типа инструментальной оснастки. Существуют два основных способа смены инструмента на токарных станках с ЧПУ: ручной и автоматической.

### *Ручная смена инструмента.*

На оборудовании с ручной сменой инструмента время, необходимое для смены инструмента, определяет степень его использования, а следовательно, скорость изготовления деталей. Если сократить время на смену инструмента (вспомогательное время), доля машинного времени, когда станок обрабатывает детали, увеличится, и эффективность использования оборудования возрастет. Если переналадка подобного оборудования со стандартным инструментом может занимать часы, то использование быстросменной оснастки сократит это время до секунд.

Остановки, связанные с заменой изношенного инструмента, также значительно сокращаются при использовании быстросменной оснастки. Если обычно машинное время составляет треть от всего фонда времени, то с быстросменной оснасткой его долю можно значительно увеличить.

### *Автоматическая смена инструмента.*

Для станков с автоматической заменой инструмента фактор времени не является основным. В этом случае на первый план выходят жесткость и надежность, точность позиционирования, гибкость, простота обслуживания и хранения. Жесткость оснастки обеспечивает надежную и производительную работу инструмента, гибкость и взаимозаменяемость.

*Модульной инструментальной оснасткой* называется оснастка, построенная на основе модульного принципа, пригодная для всех без исключения операций металлообработки, позволяющая: обеспечить надежную и производительную работу инструмента, гибкость и взаимозаменяемость, простоту сборки и разборки, минимальное количество станков, высокую точность центрирования, виброустойчивость в широком диапазоне режимов резания, жесткость соединений в радиальном и осевом направлениях при максимальных нагрузках.

Модульная система оснастки обеспечивает увеличение эффективности как на отдельных станках, так и на целых производственных участках. Для обоих вариантов – ручного и автоматического – модульная система оснастки, построенная на современном типе соединения, приносит значительную выгоду. В настоящее время существуют несколько известных зарубежных производителей модульных систем оснастки: Sandvik Coromant (система "Coromant Capto"); ISCAR (система "ITS-BORE"); Hertel (система FTS); Widia (система MFX) и ряд других. В России в этой области известны работы д-ра техн. наук, проф. Базрова Б.М и многих других.

Применение модульной инструментальной оснастки возможно в следующих случаях:

– когда приходится часто перенастраивать оборудование на обработку партий различных деталей, необходима достаточная технологическая гибкость инструментальной оснастки, чтобы можно было быстро составлять разнообразные

наладки различной длины, тем самым обеспечивая наибольшую производительность;

– если необходимо оснастить несколько станков с различными по типу и размеру отверстиями шпинделей;

– когда из-за сложной конфигурации изделия для обработки требуется много специального инструмента;

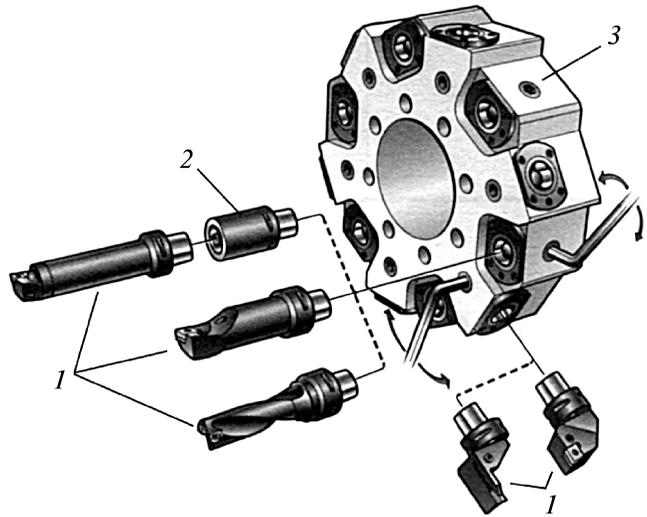
– модульная оснастка позволяет значительно сократить номенклатуру вспомогательного инструмента за счет применения одних и тех же инструментов на различных операциях как на токарных станках, так и на обрабатывающих центрах.

"Coromant Capto" – инструментальная система эффективная для точения, фрезерования, сверления и растачивания. Одни и те же инструменты, патроны и переходники могут быть использованы на различных операциях и видах станков, что позволяет использовать одну инструментальную систему для всего производства.



**Рис. 7.51. Модульная инструментальная оснастка системы "Coromant Capto"**

**Рис. 7.52. Пример  
быстросменной оснастки с  
использованием  
стандартных базовых  
блоков**



Можно составлять разнообразные наладки, используя переходники, патроны и инструменты разных длин в любых сочетаниях (рис. 7.51). Одна и та же система может быть использована на станках разных типов разными способами. Например, используются стандартные базовые блоки на токарном станке с ЧПУ, которые устанавливаются на те же поверхности, что и обычный инструмент (рис. 7.52). Режущие головки *1* могут устанавливаться в револьверную головку *3* непосредственно или через переходную втулку *2*.

### 7.13. ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Токарные станки 1М63, 16К20П, 1А661 имеют привод механической подачи верхних салазок суппорта. Короткие конические поверхности обтачиваются при механической подаче верхних салазок суппорта, повернутых на заданный угол. Обработка же длинных конических поверхностей выполняется методом двух подач, т.е. сочетанием продольной подачи каретки и механической подачи повернутых верхних салазок (рис. 7.53). Угол поворота верхних салазок  $\beta$  определяется из решения треугольника подач по теореме синусов:

$$\frac{S_{\text{в}}}{\sin \alpha} = \frac{S_{\text{п.к}}}{\sin(\beta \pm \alpha)},$$

где  $S_{\text{в}}$  – подача верхних салазок, мм/об;  $S_{\text{п.к}}$  – продольная подача каретки, мм/об; заданный угол наклона обрабатываемой конической поверхности; угол поворота верхних салазок; знак "+" при движении верхних салазок на токаря; "-" при движении салазок от токаря.

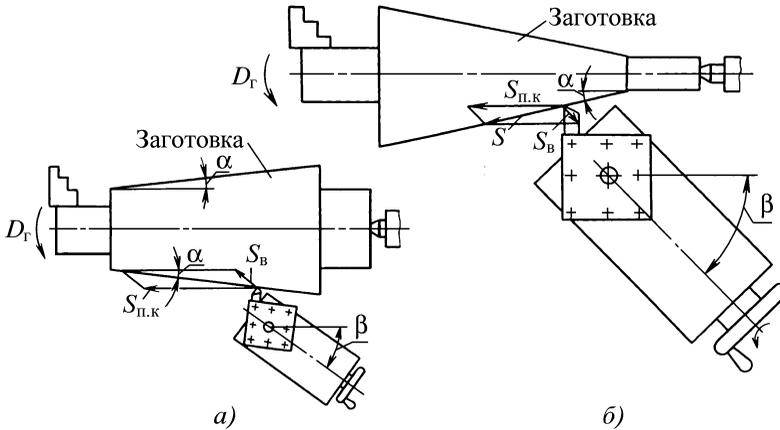


Рис. 7.53. Схема обработки конической поверхности методом двух подач при подаче верхних салазок от токаря (а) и на токаря (б)

Угол поворота верхних салазок определяется из формулы

$$\sin(\beta \pm \alpha) = \frac{S_{п.к}}{S_B} \sin \alpha,$$

где

$$\beta \pm \alpha = \arcsin\left(\frac{S_{п.к}}{S_B} \sin \alpha\right).$$

Тогда

$$\beta = \alpha \pm \arcsin\left(\frac{S_{п.к.}}{S_B} \sin \alpha\right),$$

где "–" – при движении на токаря; "+" при движении от токаря.

Отношение  $S_{п.к}/S_B = A$  для каждого станка постоянно. Для его определения составляется уравнение баланса кинематической цепи от ходового вала к реечному зубчатому колесу и к винту верхних салазок:

для станка 16К20П (рис. 7.54, а)

$$S_{п.к} = 1 \frac{30}{30} \frac{4}{21} \frac{36}{41} \frac{17}{66} \pi \cdot 3 \cdot 10;$$

$$S_B = 1 \frac{30}{30} \frac{4}{21} \frac{36}{36} \frac{24}{29} \frac{29}{18} \frac{20}{20} \frac{20}{36} \frac{20}{20} 5;$$

для станка 1М63 (рис. 7.54, б)

$$S_{п.к} = 1 \frac{24}{44} \frac{3}{36} \frac{55}{55} \frac{22}{66} \pi \cdot 4 \cdot 12;$$

$$S_B = 1 \frac{24}{44} \frac{3}{36} \frac{52}{52} \frac{63}{20} \frac{31}{31} \frac{30}{30} \frac{25}{25} 5;$$

$$A = \frac{S_{п.к}}{S_B} = 30.$$



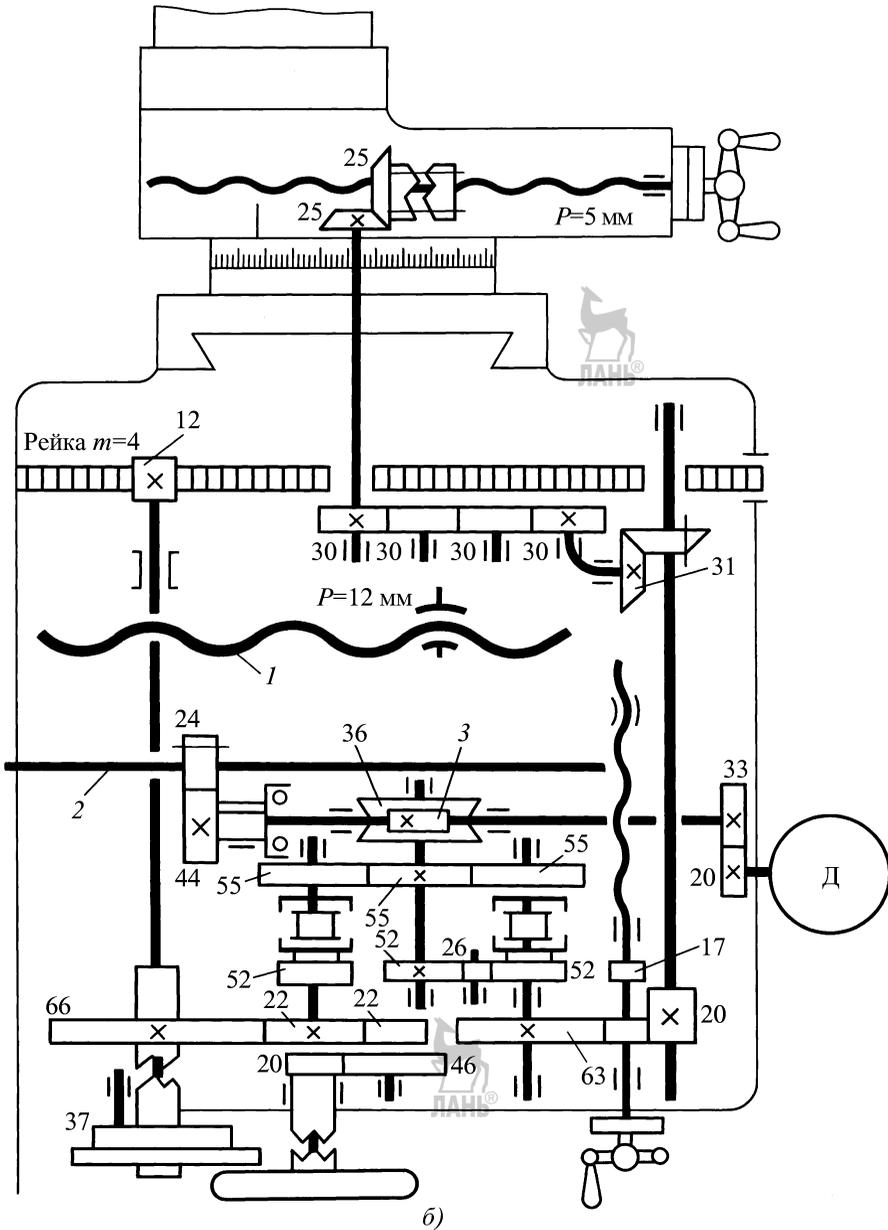


Рис. 7.54. Кинематическая схема фартука и верхних салазок токарно-винторезных станков 16К20П (а) и верхних салазок 1М163 (б) (окончание)

Определим угол поворота верхних салазок:

$$\beta = \alpha \pm \arcsin\left(\frac{S_{\text{п.к}}}{S_{\text{в}}}\sin\alpha\right);$$

$$\sin 1^{\circ}08'45'' = 0,02;$$

$$3,19 \sin \alpha = 3,19 \cdot 0,02 = 0,0638;$$

$$\arcsin 0,0638 = 3^{\circ}39'48'';$$

$$\beta = 3^{\circ}39'48'' + 1^{\circ}08'45'' = 4^{\circ}48'33''.$$

Подача для настройки станка рассчитывается по теореме косинусов (см. рис. 7.53, б):

$$S^2 = S_{п.к}^2 + S_B^2 - 2S_{п.к}S_B \cos \beta,$$

где  $S_{п.к} = S_{кор.под}$ , т.е. подаче, настраиваемой коробкой подач;  $S$  – выбранная подача, мм/об.

Так как  $S_{п.к}/S_B = A$ , то  $S_B = S_{п.к}/A$ . Тогда

$$S^2 = S_{п.к}^2 + \left(\frac{S_{п.к}}{A}\right)^2 - \frac{2S_{п.к}}{A} \cos \beta;$$

$$S^2 = S_{п.к}^2 \left(1 + \frac{1}{A^2} - \frac{2 \cos \beta}{A}\right)^2 = \frac{S_{п.к}^2 (A^2 + 1 - 2A \cos \beta)}{A}.$$

Продольная подача  $S_{п.к} = \frac{SA}{\sqrt{A^2 + 1 - 2A \cos \beta}}.$

При обработке конических поверхностей можно сочетать автоматическую продольную подачу каретки суппорта с автоматической подачей поперечных салазок (рис. 7.55). Для этого необходима модернизация станка, заключающаяся в установке гитары со сменными зубчатыми колесами на передней стенке фартука станка, для кинематической связи с помощью этой гитары реечного механизма продольной подачи с винтовой парой поперечной подачи.

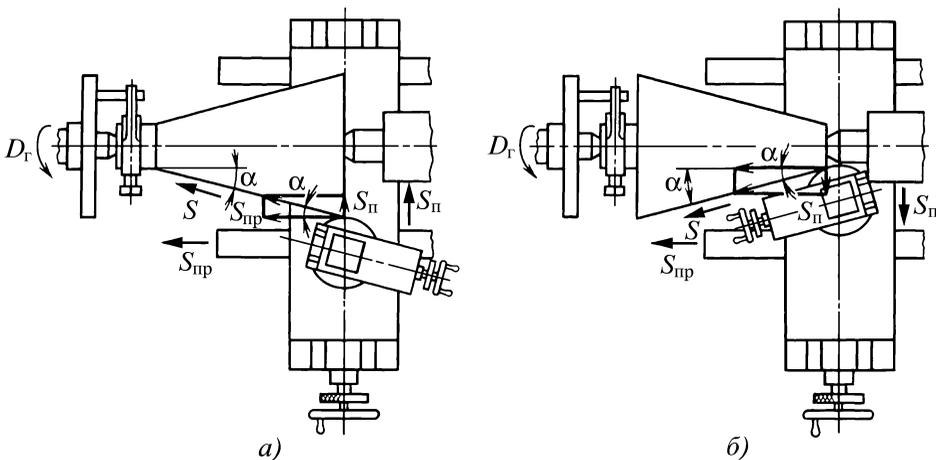


Рис. 7.55. Схема обработки конической поверхности методом совмещения продольной и поперечной подач при движении:

а – на токаря; б – от токаря

Передаточное число гитары  $u_{\text{гит}} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}$ . Отношение поперечной подачи

$S_{\text{п.к}}$  к продольной подаче  $S_{\text{пр}}$  будет определять получаемый угол уклона обрабатываемой конической поверхности  $S_{\text{п}}/S_{\text{пр}} = \text{tg}\alpha$ . Это отношение выводится из уравнений балансов кинематических цепей от ходового вала до реечного зубчатого колеса и от ходового винта до винта поперечного суппорта:

$$S_{\text{п}} = 1 \frac{27}{28} \frac{4}{20} u_{\text{гит}} \cdot 5;$$

$$S_{\text{пр}} = 1 \frac{27}{28} \frac{4}{20} \frac{40}{37} \frac{14}{66} \pi \cdot 3 \cdot 10;$$

$$\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{пр}}} = \frac{u_{\text{гит}} \cdot 5 \cdot 37 \cdot 66}{40 \cdot 14 \pi \cdot 3 \cdot 10} = \text{tg}\alpha.$$

Передаточное число сменных зубчатых колес гитары для станка 1К62 (рис. 7.56)

$$u_{\text{гит}} = 43,20393 \text{ tg}\alpha.$$

**Пример.** Обработать коническую поверхность с  $\alpha = 10^\circ 20'$ . Найдем  $\text{tg}\alpha = 0,18233$ ; тогда  $u_{\text{гит}} = 43,20393 \cdot 0,18233 = 7,87742$ . Это число можно заменить следующим отношением:  $\frac{1064}{135} = \frac{1}{0,126880}$ , что соответствует набору зубчатых колес

$$\frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} = \frac{133 \cdot 160}{30 \cdot 90}.$$

Погрешность фактического угла  $\alpha$  составит несколько секунд.

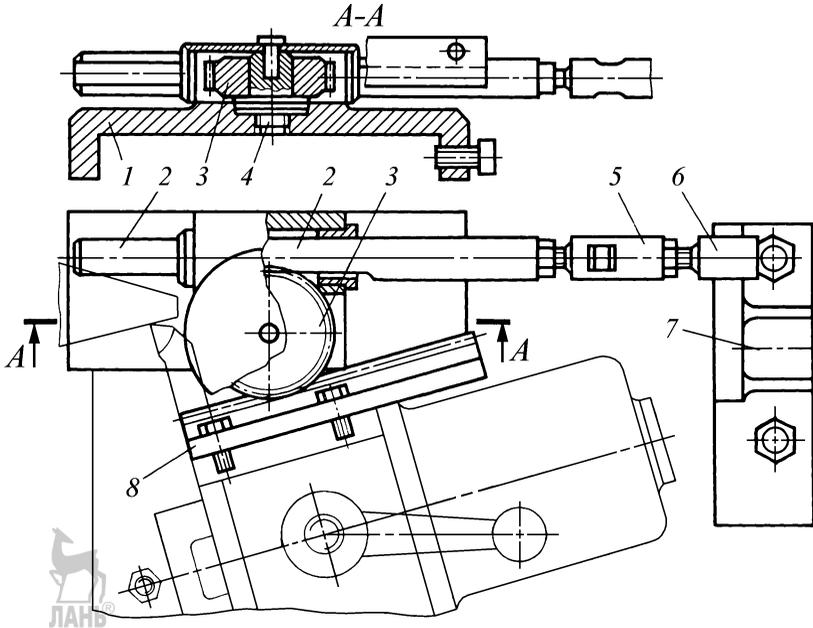
После расчета осуществляется набор зубчатых колес. Если зубчатые колеса нельзя подобрать из имеющегося набора для получения расчетного передаточного числа, то станок настраивается на обработку конической поверхности с углом, для которого возможен достаточно точный подбор зубчатых колес. Погрешность угла компенсируется смещением корпуса задней бабки или смещением центра задней бабки.

Заготовка обтачивается с настройкой на угол  $\alpha_1$  и угломером замеряется фактически получающийся угол наклона  $\alpha$ . Погрешность составляет  $\Delta = \alpha - \alpha_1$ . Смещение корпуса задней бабки, необходимое для компенсации погрешности, определяется по формуле

$$H = L \sin \Delta.$$

Если погрешность вызывает увеличение заданного угла ( $\alpha_1 = \alpha + \Delta$ ), то корпус задней бабки смещается на токаря, а если уменьшение ( $\alpha_1 = \alpha - \Delta$ ), то смещается от токаря.





**Рис. 7.57. Приспособление для обработки пологих конусов:**

1 – корпус; 2 – ведущая рейка; 3 – зубчатое колесо; 4 – ось; 5 – тяга; 6 – вилка;  
7 – кронштейн; 8 – ведомая рейка

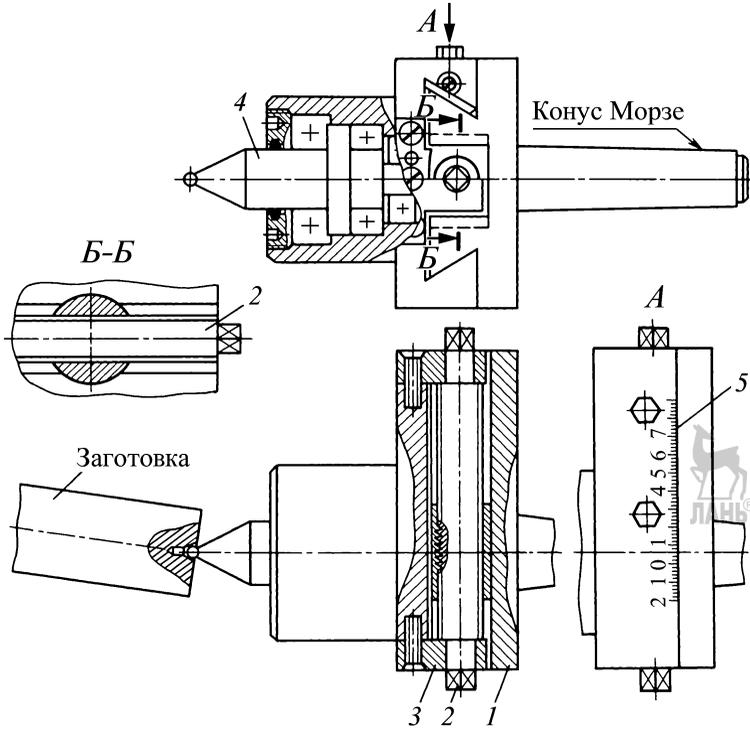
При включении подачи станка ведущая рейка, соединенная тягой 5 и вилкой 6 с кронштейном 7, жестко установленным на станине станка, остается неподвижной. При этом зубчатое колесо, начиная вращаться, приводит в движение ведомую рейку, которая вместе с подвижной, освобожденной от винта частью верхних салазок суппорта, приходит в движение. Начинается процесс обработки.

Это приспособление обеспечивает механическую подачу верхних салазок суппорта и плавную подачу резца.

При обработке длинных наружных конических поверхностей с малым углом уклона применяется *смещаемый центр*, устанавливаемый в заднюю бабку станка (рис. 7.58). Это исключает трудоемкий процесс установки, разворота и выверки положения корпуса задней бабки. Смещение определяется из зависимости  $H = L \sin \alpha$ , где  $L$  – длина обрабатываемой заготовки;  $\alpha$  – заданный угол наклона конической поверхности. Вращающийся центр с шариковым наконечником связан с ползушкой 3, которая по направляющим, имеющим форму ласточкина хвоста, перемещается по корпусу при помощи винта 2. Смещение контролируется по шкале 5 на корпусе приспособления.

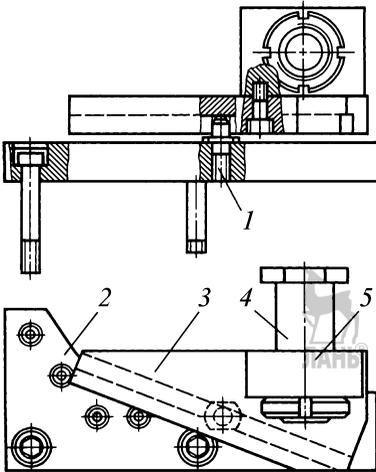
Для *обточка заготовок с большим углом уклона* применяется приспособление, показанное на рис. 7.59.

Планку 2 двумя винтами закрепляют на суппорте токарного станка. Копир 3 крепится двумя винтами на кронштейне 5, который, в свою очередь, втулкой 4 и гайкой крепят в гнезде верхних салазок суппорта на месте предварительно снятого винта верхних салазок.



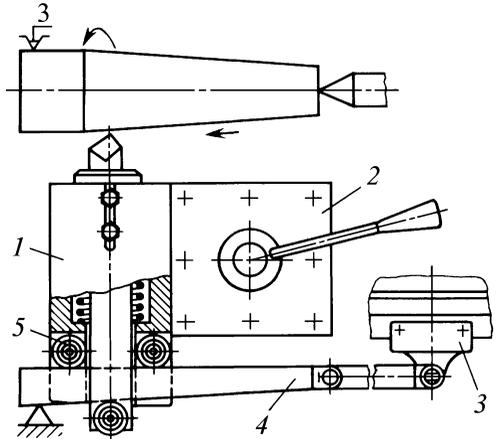
**Рис. 7.58. Смещаемый задний центр:**

1 – корпус; 2 – винт смещения центра; 3 – ползушка; 4 – центр; 5 – шкала ползушки



**Рис. 7.59. Приспособление для обработки конусов с большим углом уклона:**

1 – палец; 2 – планка; 3 – копир; 4 – втулка; 5 – кронштейн



**Рис. 7.60. Приспособление для проточки длинных конусов:**

1 – корпус; 2 – резцедержатель; 3 – кронштейн; 4 – копир; 5 – ролики

При настройке станка для обточки конусов верхнюю часть пальца *1*, закрепленного в планке *2*, вставляют в паз копира *3*. Верхние салазки суппорта поворачивают на угол, равный заданному углу уклона обрабатываемой заготовки, уменьшенному на  $15^\circ$ , так как паз копира расположен под углом  $15^\circ$  к горизонтали. После настройки приспособления включают поперечную подачу и протачивают заготовку под заданным углом.

Приспособление для проточки длинных конусов (рис. 7.60) состоит из корпуса *1*, которым оно устанавливается в резцедержатель *2*. Державка с резцом закрепляется в корпусе. Резец в крайнем положении удерживается пружиной. В корпус вставляется копир *4* с углом конуса, соответствующим углу конуса обрабатываемой заготовки. Кронштейн *3*, соединенный с копиром *4* тягой, закреплен на станке.

При вращении заготовки и движении каретки суппорта копир входит в пространство между роликами *5* и, отжимая резец, образует конус на заготовке. Если требуется несколько переходов для снятия припуска, резец выдвигается на заданную величину винтом верхних салазок суппорта.

Для обработки заготовок с коническими поверхностями при их серийном изготовлении применяется копирное рычажное приспособление (рис. 7.61).

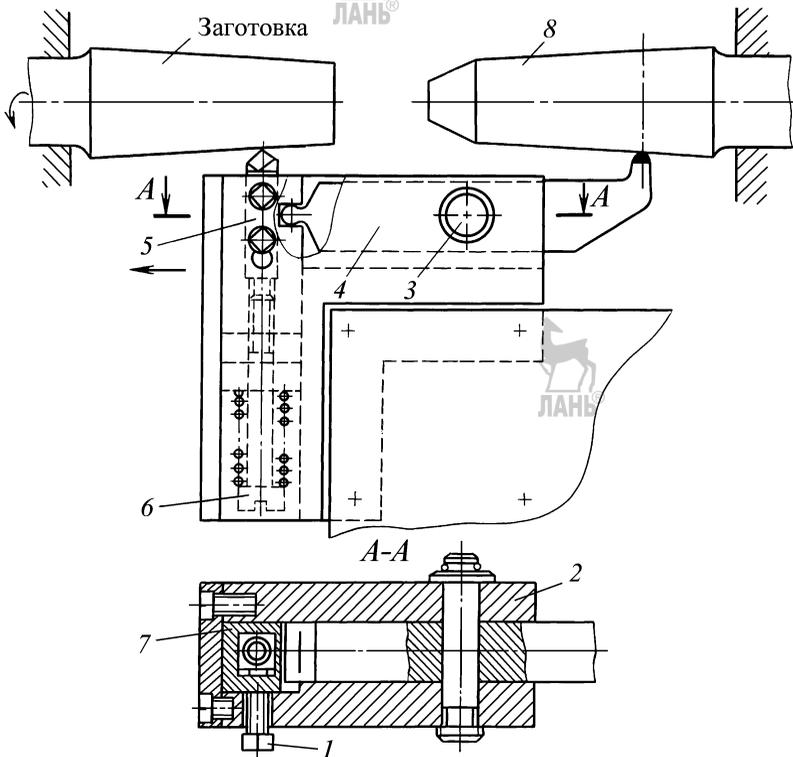
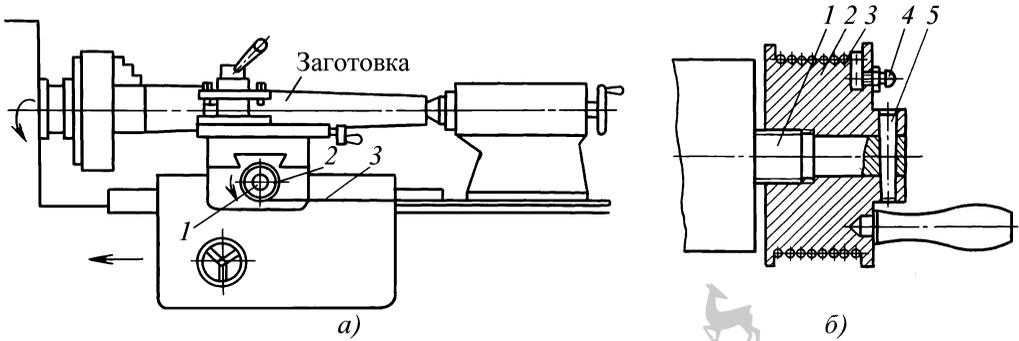


Рис. 7.61. Копирное рычажное приспособление:

*1* – винт; *2* – державка; *3* – ось; *4* – двуплечий рычаг; *5* – резец; *6* – регулировочный винт; *7* – ползушка; *8* – копир



**Рис. 7.62. Схема обработки конической поверхности:**

*а* – схема тросиковой наладки; *б* – узел крепления барабана; 1 – винт поперечного суппорта; 2 – барабан; 3 – тросик; 4 – винт стопорения конца тросика; 5 – клин

В пиноль задней бабки вставляется закаленный копир  $\delta$ , соответствующий профилю обрабатываемой детали. Приспособление состоит из державки 2 с двумя взаимно-перпендикулярными пазы: в продольном находится двулучий рычаг 4, качающийся на оси 3, а в поперечном движется ползушка 7 с квадратным отверстием для резца. В ползушке сделано углубление для установки головки рычага. Установленный по оси заготовки резец в ползушке закрепляется двумя винтами. Ползушка с резцом устанавливается в державке, которая крепится в резцедержателе станка. Обрабатываемая заготовка закрепляется в патроне. При механической подаче каретки по направлению к передней бабке наконечник рычага прижимается к образующей копира, рычаг поворачивается вокруг оси 3 и передает движение ползушке 7 с резцом. При отводе суппорта под действием пружины ползушка с резцом возвращается в исходное положение.

При обработке больших партий заготовок с коническими поверхностями совмещение продольной и поперечной подач можно обеспечить за счет наладки станка с помощью тросика (рис. 7.62, *а*). На винт поперечных салазок 1 насаживается барабан 2, на котором навит тонкий тросик 3. Один конец тросика зажат в специальном кронштейне, прикрепленном к основанию задней бабки. При продольной подаче каретки тросик, свинчиваясь с барабана, вращает его, что обуславливает вращение винта поперечных салазок и поперечное перемещение салазок (рис. 7.62, *б*).

Соотношение продольной и поперечной подач вызывает перемещение вершины резца под углом к оси шпинделя:

$$\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{пр}}} = \text{tg}\alpha ;$$

тогда

$$S_{\text{п}} = S_{\text{пр}} \text{tg}\alpha.$$

Для получения заданного угла уклона обрабатываемой конической поверхности необходимо рассчитать диаметр барабана.

Скорость продольного перемещения  $v_{\text{пр}} = S_{\text{пр}}n_{\text{шпн}}$ . Она равна скорости свивания тросика с барабана, т.е. окружной скорости барабана:  $v_{\text{б}} = \pi D_{\text{б}}n_{\text{б}}$ , где  $D_{\text{б}}$  – диаметр барабана;  $n_{\text{б}}$  – частота вращения барабана.

Скорость поперечной подачи  $S_{\text{п}} = n_{\text{б}}P_{\text{п}}$ , где  $P_{\text{п}}$  – шаг винта поперечных салазок, мм.

В то же время  $S_{\text{п}} = S_{\text{пр}}\text{tg}\alpha$ . Следовательно,

$$\frac{S_{\text{пр}}n_{\text{шпн}}}{\pi D_{\text{б}}}P_{\text{п}} = S_{\text{пр}}\text{tg}\alpha.$$

Отсюда

$$\frac{n_{\text{шпн}}}{\pi D_{\text{б}}}P_{\text{п}} = \text{tg}\alpha;$$

$$D_{\text{б}} = \frac{n_{\text{шпн}}P_{\text{п}}}{\pi\text{tg}\alpha}.$$



**Пример.** Станок 1К62;  $\alpha = 82^\circ$ ;  $\text{tg}\alpha = 7,1154$ ;  $n_{\text{шпн}} = 500 \text{ мин}^{-1}$ ;  $P_{\text{п}} = 5 \text{ мм}$ .

Тогда  $D_{\text{б}} = \frac{500 \cdot 5}{3,14 \cdot 7,1154} = 140,987 \text{ мм}$ .

Принимаем  $D_{\text{б}} = 140,99 \text{ мм}$ .

Благоприятный для конструктивного исполнения диапазон диаметров получается при обработке с большим углом уклона ( $\alpha = 45 \dots 85^\circ$ ).

Для точной обработки конической поверхности следует учитывать диаметр тросика. При изготовлении барабана с точностью диаметра до второго знака приведенный расчет обеспечивает точность угла уклона обрабатываемой конической поверхности  $\pm 10'$ .

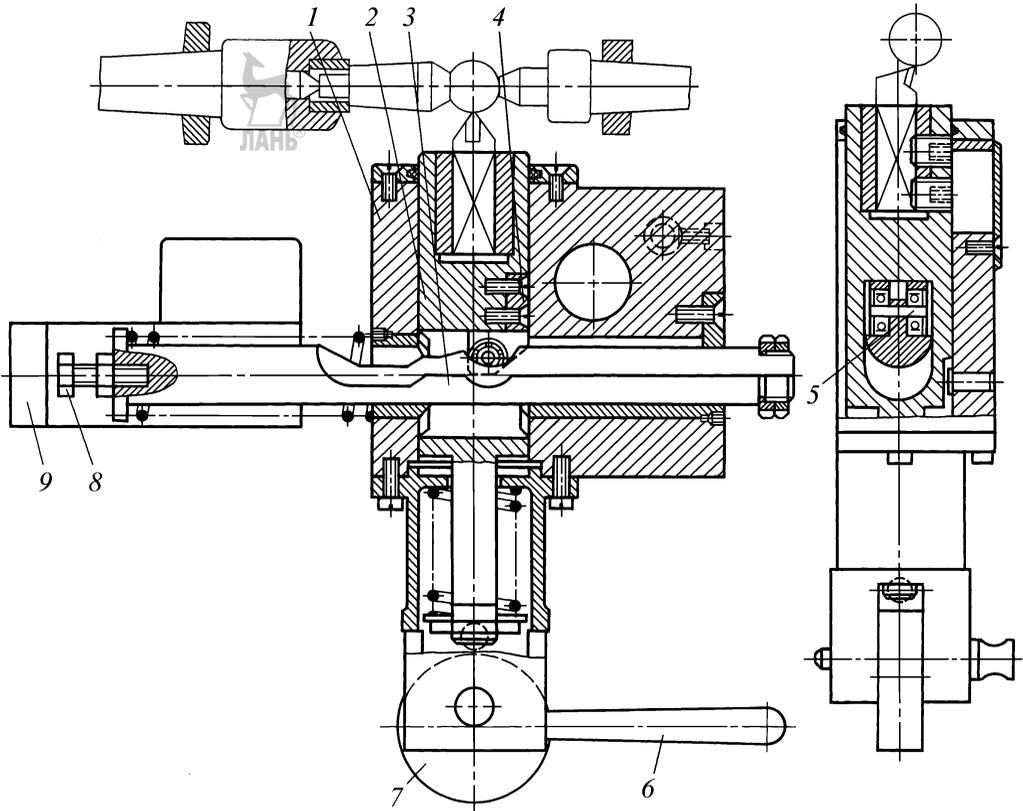
Врезание после каждого перехода производится верхними салазками суппорта.

Если тросик сматывается с барабана снизу, то при подаче каретки справа налево винт поперечного суппорта будет вращаться влево, и поперечная подача будет направлена от токаря. Такая наладка обеспечивает обработку конических поверхностей с большим диаметром со стороны передней бабки.

## 7.15. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Фасонные поверхности с радиусом сопряжения до 2 мм можно обрабатывать, применяя копировальное приспособление (рис. 7.63).

При включении подачи суппорт станка вместе с приспособлением движется к передней бабке. Копир 3 с закрепленным в нем регулировочным винтом 8 встречает на пути упор 9, установленный на станине станка. Ролик 5, вращающийся в шариковых подшипниках, закрепленных в корпусе 4 ролика, начинает скользить по контуру копира, вращаясь вокруг своей оси.



**Рис. 7.63. Копировальное приспособление для точения фасонных поверхностей:**

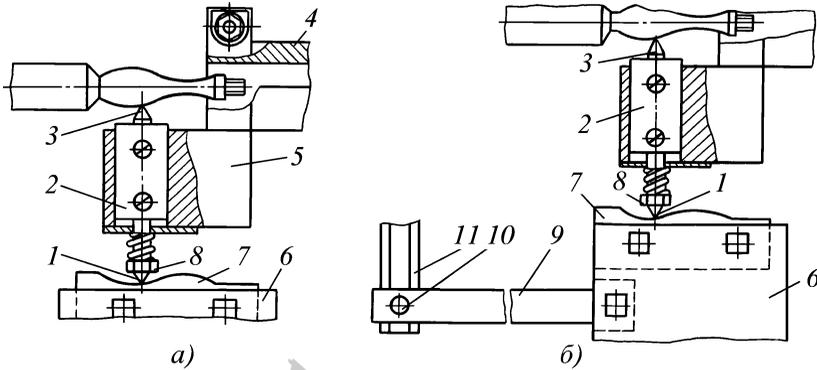
1 – корпус; 2 – пиноль; 3 – копир; 4 – корпус ролика; 5 – ролик; 6 – рукоятка;  
7 – эксцентрик; 8 – регулировочный винт; 9 – упор

Одновременно с этим начинается обработка заготовки. Вращаясь, ролик легко переходит с одной криволинейной поверхности копира на другую.

После обработки, пользуясь поперечной подачей суппорта, отводят приспособление на 15...20 мм от заготовки. С помощью рукоятки поворачивают эксцентрик 7, который, перемещая пиноль в направлении к заготовке, освобождает копир. Последний под действием пружины возвращается в исходное положение.

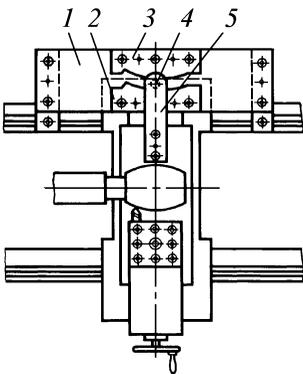
При расчете копира необходимо учитывать радиус ролика и радиус закругления резца. Радиус копира принимают равным сумме радиусов детали, ролика и резца.

*Приспособление для обработки фасонных поверхностей* (рис. 7.64, а) состоит из дополнительного резцедержателя 5, который крепится винтами к пиноли задней бабки 4. В нём размещен ползун 2 и резец 3, закрепленный винтами. Копир винтами крепится к резцедержателю станка 6. Пружина одним концом упирается в шайбу, а другим – в торец гайки 8. Пружина обеспечивает постоянный контакт щупа с копиром 7.



**Рис. 7.64. Приспособление для обточки фасонных поверхностей:**

*а* – с дополнительным резцедержателем; *б* – с механической подачей; 1 – шуп; 2 – ползун; 3 – резец; 4 – пиноль задней бабки; 5 – дополнительный резцедержатель; 6 – резцедержатель; 7 – копир; 8 – гайка; 9 – тяга; 10 – палец; 11 – кронштейн



**Рис. 7.65. Копировальное устройство для точения фасонных поверхностей**

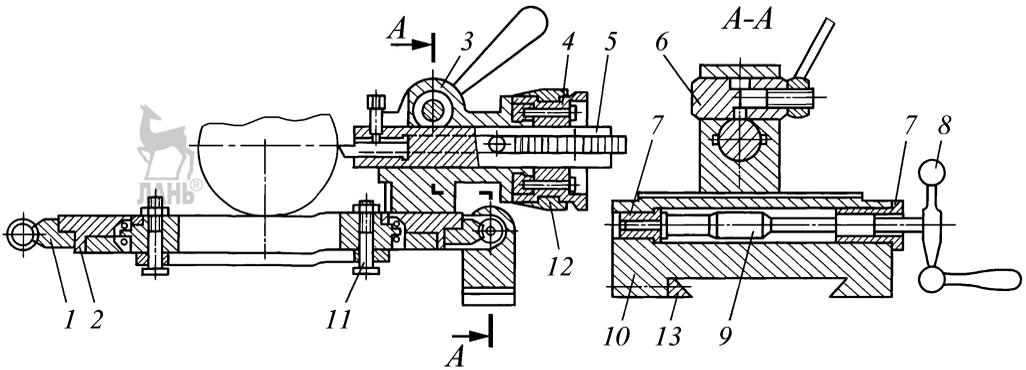
При обработке суппорт вместе с копиром остается неподвижным, а пиноль с дополнительным резцедержателем перемещают при помощи маховика. При этом траектория перемещения резца соответствует форме копира, закрепленного в резцедержателе станка, и обеспечивается получение заданной фасонной поверхности. Для обработки конусов достаточно заменить фасонный копир коническим.

По аналогичному принципу работает приспособление, показанное на рис. 7.64, *б*. Его отличительной особенностью является то, что подача осуществляется механически. Винт верхних салазок суппорта вынимается, а в резцедержателе станка закрепляется тяга 9. В нее запрессован палец 10, имеющий возможность перемещаться в пазе кронштейна 11, закрепленного на станине станка. Резцедержатель станка с закрепленным в нем копиром остается неподвижным. Механическая подача задней бабки осуществляется суппортом через соединительную скобу.

*Копировальное устройство для точения фасонных поверхностей на заготовках большого диаметра и малой длины* представлено на рис. 7.65. Корпус 1 приспособления закреплен на станине станка, а сменные копиры 2 и 3 образуют паз, в который входит палец 4 тяги 5, связанной с суппортом. При включении подачи резец получает перемещение от копира с помощью тяги 5.

## 7.16. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Применение приспособления для расточки сферических поверхностей (рис. 7.66) обеспечивает гарантированную точность обработки и позволяет об-



**Рис. 7.66. Приспособление для расточки сферических поверхностей:**

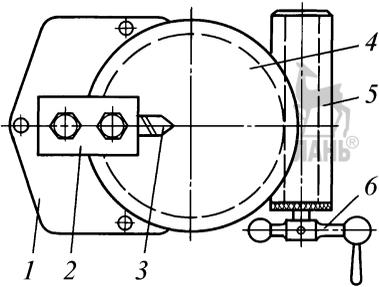
1 – червячное колесо; 2 – опорный фланец; 3 – резцедержатель; 4 – резьбовая втулка; 5 – пиноль; 6 – сухарь; 7 – втулка; 8 – рукоятка; 9 – червяк; 10 – кронштейн; 11 – болт; 12 – лимб; 13 – клин

ходиться при обработке без гидросуппорта и специальных шаблонов. Приспособление устанавливается на суппорт станка (вместо каретки) в кольцевой паз и закрепляется болтами; при помощи рукоятки 8 и червячной пары осуществляется вращение опорного фланца. Червяк 1, смонтированный в кронштейне 10, вращается во втулках 7, кронштейн же закреплен на направляющих суппорта клином. В резцедержателе 3 имеется пиноль 5 с гнездом для установки резца на необходимый размер; пиноль стопорится сухарями 6. Перемещение пинولى осуществляется при вращении резьбовой втулки 4, на которую посажен лимб 12.

Разновидностью приспособления для обработки сферических поверхностей является поворотный стол, показанный на рис. 7.67. Стол основанием 1 устанавливается вместо резцедержателя на суппорт токарного станка. Стол вращается вместе с резцедержателем 2 с закрепленным в нем резцом 3; вращение столу передается через червячную передачу 4–5 от рукоятки. Применение поворотного стола для обработки сферических поверхностей позволяет вести обработку заготовок из любых сталей и сплавов, исключить изготовление копиров и специальных резцов и получить параметр шероховатости обработки при точении сферических поверхностей до  $Ra = 0,63 \dots 1,25$  мкм. Применение поворотного стола особенно эффективно при изготовлении деталей небольшими партиями или выполнении разовых заказов, когда отсутствует копировальное оборудование и нет возможности изготавливать специальные резцы.

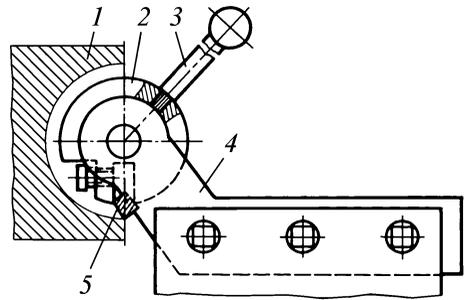
В условиях единичного и мелкосерийного производства рекомендуется применять приспособление для расточки сфер, показанное на рис. 7.68. В заготовке 1 рукояткой 3 плавно перемещают диск 2 с закрепленным в нем резцом 5.

*Расточная оправка* (рис. 7.69) предназначена для обработки на токарных станках внутренних сферических и торцовых поверхностей с минимальным радиусом 80 мм в условиях единичного и мелкосерийного производства. При работе оправка устанавливается на суппорте токарного станка вместо резцедержателя.



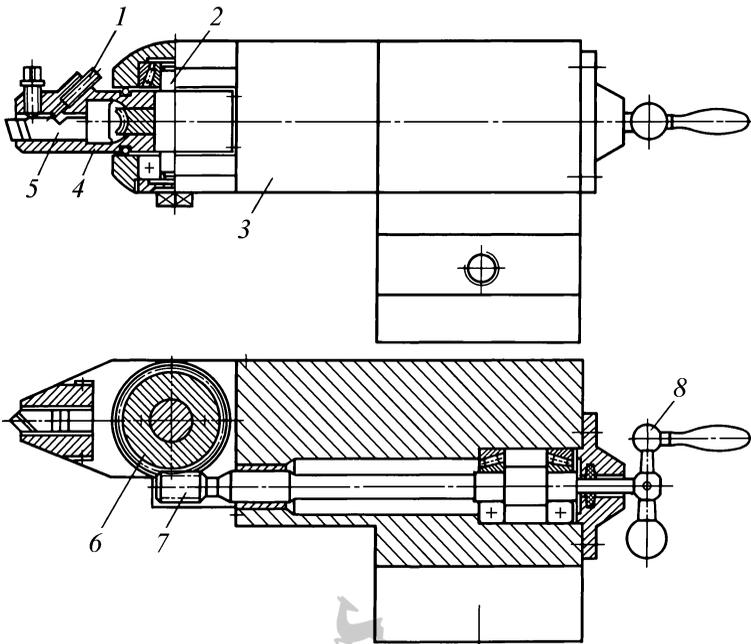
**Рис. 7.67. Поворотный стол для обработки сферических поверхностей:**

1 – основание стола; 2 – резцедержатель; 3 – резец; 4 – червячное колесо; 5 – червяк; 6 – рукоятка



**Рис. 7.68. Приспособление для расточки сфер:**

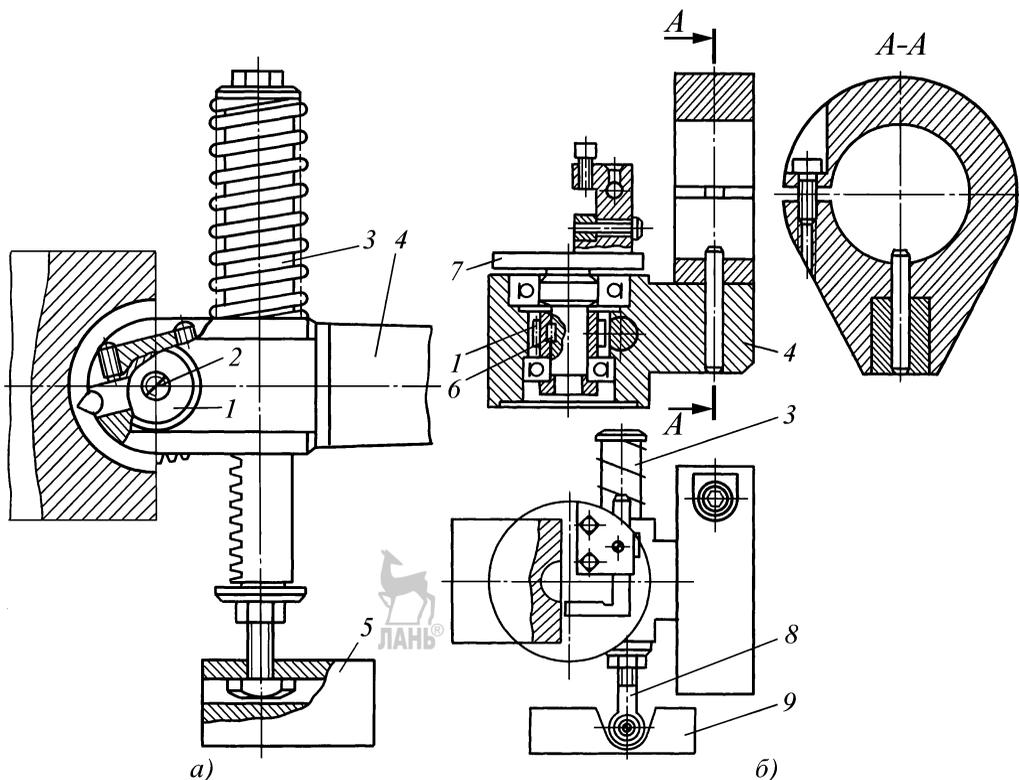
1 – заготовка; 2 – диск; 3 – рукоятка; 4 – державка; 5 – резец



**Рис. 7.69. Расточная оправка для обработки внутренних сферических и торцовых поверхностей:**

1 – винт; 2 – ось; 3 – корпус; 4 – державка; 5 – резец; 6 – червячное колесо; 7 – червяк; 8 – рукоятка

Максимальный радиус обработки определяется вылетом резца. Расточная оправка состоит из корпуса 3, в котором расположена червячная пара 6–7 и державка 4. Державка жестко связана с червячным колесом и закреплена на оси на конических подшипниках. Поворот державки 4 с резцом 5 при обработке осуществляется вручную при вращении маховика рукояткой 8.



**Рис. 7.70. Приспособление для расточки сфер:**

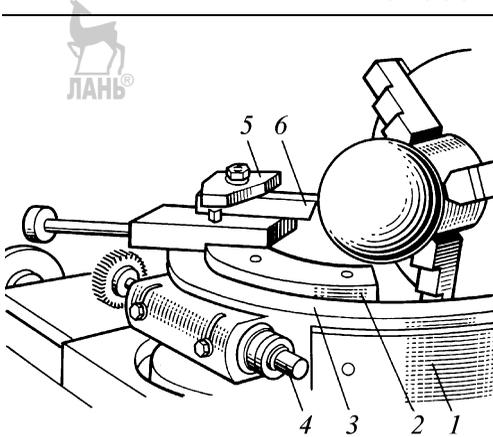
*a* – диаметром 50...100 мм; *б* – диаметром 10...60 мм; 1 – шестерня; 2 – ось; 3 – рейка; 4 – корпус; 5 – упор; 6 – шпонка; 7 – поворотный стол; 8 – тяга; 9 – планка

Приспособление для расточки сфер диаметром 50...100 мм (рис 7.70, *a*) устанавливают в пиноли задней бабки токарного станка. Упор 5 закрепляют в резцедержателе станка и посредством болта соединяют с рейкой 3 приспособления.

При включении поперечной подачи станка упор 5 сообщает прямолинейное движение рейке 3, которая, перемещаясь внутри корпуса 4, заставляет вращаться зубчатое колесо 1, расположенное на оси 2. При вращении зубчатого колеса резец, закрепленный в нем, растачивает отверстие по заданному радиусу.

Приспособление для расточки сфер диаметром 10...60 мм (рис. 7.70, *б*) устанавливают в пиноль задней бабки токарного станка. Планку 9 закрепляют в резцедержателе и с помощью тяги 8 соединяют ее с рейкой 3 приспособления.

При включении поперечной подачи станка планка 9 сообщает прямолинейное движение через тягу рейке 3. Рейка, перемещаясь внутри корпуса 4, вращает зубчатое колесо, соединенное шпонкой с осью поворотного стола, вследствие чего стол получает вращение. При этом резец, закрепленный в поворотном столе винтами, осуществляет расточку отверстия по заданному радиусу в соответствии с шаблоном.



**Рис. 7.71. Суппорт для обработки наружных и внутренних сферических поверхностей:**

1 – основание; 2 – ползун с зубчатой рейкой; 3 – поджимное полукольцо; 4 – червяк; 5 – прижимная планка; 6 – резец

Универсальный суппорт для обработки наружных и внутренних сферических поверхностей (рис. 7.71) позволяет обрабатывать наружные сферы радиусом 10...250 мм и внутренние сферы радиусом 10...500 мм.

Универсальный суппорт крепится вместо поворотной части суппорта станка. Установка производится в двух положениях – по центру и по оси центров. В зависимости от радиуса обрабатываемой сферической поверхности перемещают поперечные салазки суппорта станка или универсальный суппорт в пазах поперечных салазков до тех пор, пока не будет обеспечен требуемый радиус обрабатываемой сферической поверхности предварительно установленным резцом 6.

## 7.17. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

При нарезании резьб на деталях, в которых по конструктивным соображениям не допускается изготовление канавки для выхода резьбового резца, высокие скорости обработки часто приводят к поломке резцов.

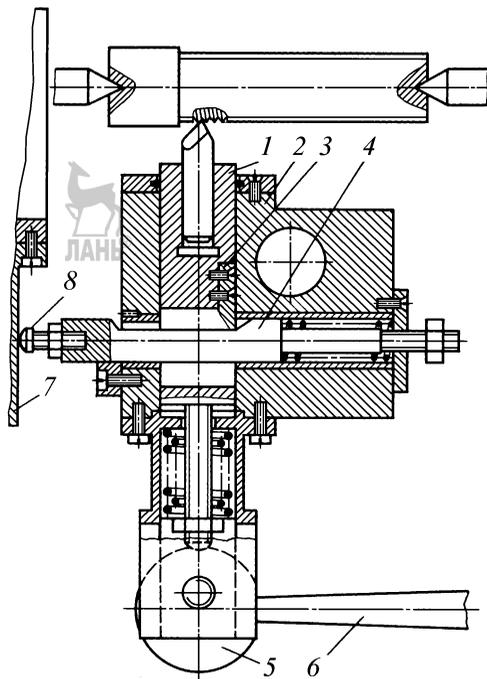
Приспособление для скоростного нарезания резьб с плавным выводом резца состоит из корпуса 2 (рис. 7.72), установленного вместо резцедержателя. В корпусе находится пиноль 1 с закрепленным на ней сухарем 3. Здесь же установлен копировальный валик 4. Под действием пружин сухарь 3 постоянно находится в контакте с валиком. Перед началом нарезания резьбы сухарь опирается на верхнюю плоскость валика, удерживаемого пружиной в крайнем левом положении.

В процессе нарезания резьбы, когда суппорт вместе с приспособлением быстро движется по направлению к передней бабке, торец валика 4 с закрепленным в нем регулировочным винтом 8 встречает на своем пути упор 7, который, останавливая валик 4, тем самым заставляет его перемещаться в корпусе приспособления в направлении, обратном направлению движения суппорта, и сжимать пружину.

В момент, когда скос на валике 4 войдет в контакт с сухарем, резьбовой резец, закрепленный в пиноли 1, плавно начинает выходить из зоны резания. После этого переключают фрикцион на обратный ход и, не прикасаясь к лимбу поперечного суппорта, возвращают приспособление в исходное положение. Затем с помощью рукоятки 6 поворачивают эксцентрик 5, который подает пиноль 1

**Рис. 7.72. Приспособление для нарезания резьбы с плавным выводом резца:**

- 1 – пиноль; 2 – корпус; 3 – сухарь;  
 4 – копировальный валик; 5 – эксцентрик;  
 6 – рукоятка; 7 – упор;  
 8 – регулировочный винт



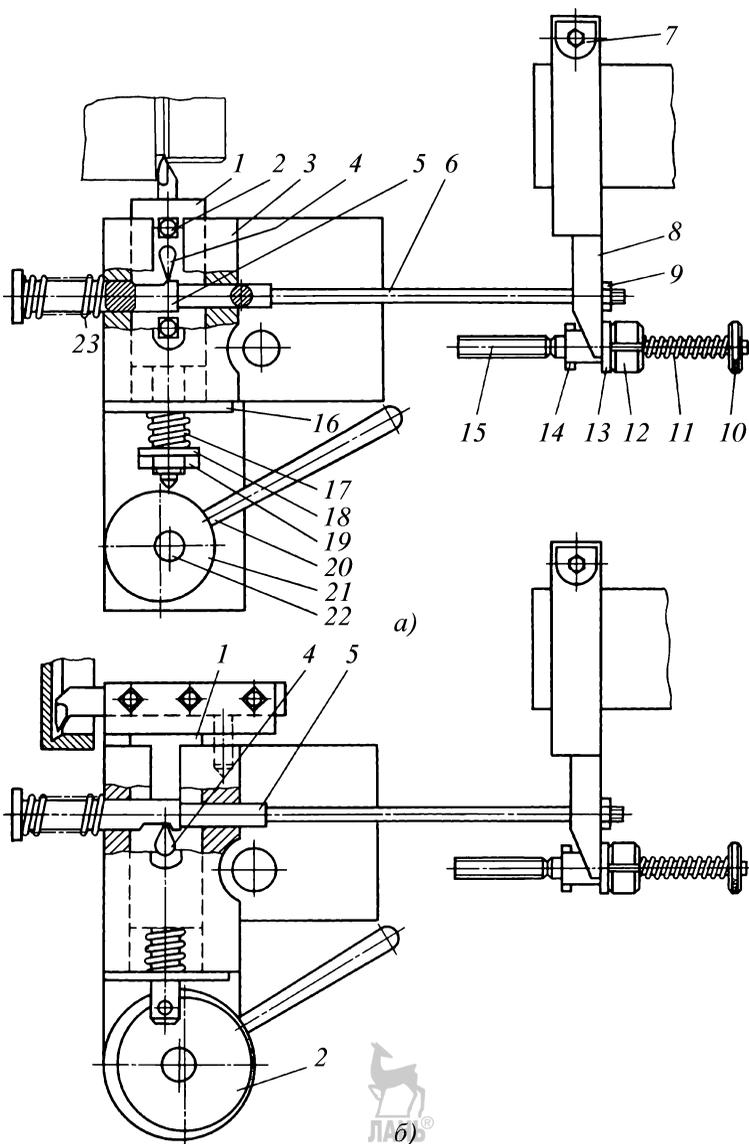
вперед, до тех пор, пока сухарь 3 не перестанет касаться валика. В этот момент, характеризующийся легким щелчком, пружина возвращает валик в начальное положение. Рукояткой ставят эксцентрик в исходное положение. После того как резец автоматически занимает положение, в котором он находился при предыдущем переходе, при помощи рукоятки для поперечной подачи суппорта подают резец на глубину резания очередного перехода и продолжают обработку.

*Универсальное переналаживаемое приспособление для нарезания наружных и внутренних резьб в упор с автоматическим отводом резца (рис. 7.73, а).*

В конструкцию входит корпус 3, в котором установлена пиноль 1 с резцом, закрепленным в ней винтами 2. В пиноли 1 жестко закреплен щуп 4, который под действием пружины 17, расположенной между шайбами 16 и 18, и регулируемой гайки 19, находится в контакте с копиром 5. В копире закреплена тяга 6, на конце которой навинчена гайка 9, торцом упирающаяся в упор 8.

Винт 15 ввертывают вместо обычного винта в гайку верхних салазок суппорта. На этом винте размещена втулки 14, упорная планка 13, гайки 12, пружина 11 и шайба 10 с накаткой. Втулку 14 посредством гайки 12 закрепляют в отверстиях каретки верхних салазок суппорта. На пиноли задней бабки монтируется упор 8 с помощью винта 7.

В процессе нарезания резьбы, когда суппорт вместе с приспособлением быстро движется по направлению к передней бабке, торец специальной гайки 9, закрепленной на тяге 6 копира 5, встречает на пути упор 8, который останавливает копир, сжимая пружину 23 в момент, когда скос на копире 5 входит в контакт с сухарем 4. При этом резьбовой резец, закрепленный в пиноли 1, начинает плавно выходить из зоны резания. В то же время упорная планка 13, упираясь



**Рис. 7.73. Универсальное приспособление для нарезания наружных (а) и внутренних резьб (б)**

в упор 8, прекращает продольное перемещение каретки верхних салазок суппорта, и резец останавливается в заданном месте. Таким образом, осуществляется процесс автоматического отвода резца с его мгновенной остановкой в точно заданном положении.

Для возвращения приспособления и резца в исходное положение следует переключить фрикцион на обратный ход и вывести резец за пределы заготовки.

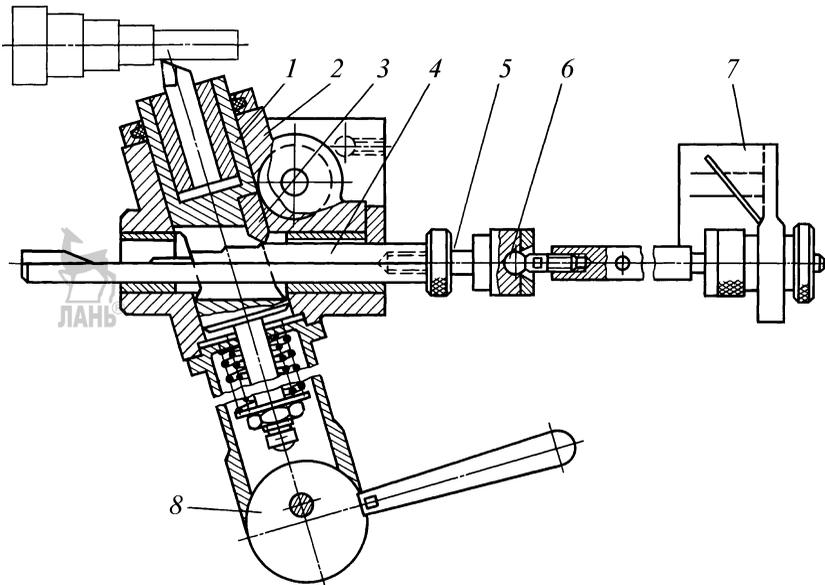
Затем посредством рукоятки 20 поворачивают по часовой стрелке эксцентрик 21, сидящий на оси 22, который будет подавать вперед пиноль 1 до тех пор, пока щуп 4 не перестанет касаться копира 5. В этот момент, характеризующийся легким щелчком, пружина 23 возвращает копира 5 в исходное положение. После этого эксцентрик 21 также возвращают в исходное положение.

Как только резец автоматически занимает положение, в котором он находится при предыдущем переходе, с помощью рукоятки поперечной подачи подают резец на следующий переход.

Для нарезания внутренних резьб достаточно заменить пиноль 1 (рис. 7.73, б), повернуть копира на 180° так, чтобы его вырез расположился напротив щупа 4, и заменить эксцентрик 21 эксцентриком, имеющим внутреннюю эксцентриковую выточку, с которой контактирует пиноль 1.

### 7.18. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

*Приспособление*, предназначенное для обработки ступенчатых валов с высотой ступени до 5 мм и разницей между наибольшим и наименьшим диаметром до 25 мм, показано на рис. 7.74. В корпусе приспособления, установленного вместо резцедержателя, находится пиноль 1 с закрепленным в ней сухарем 3. Под действием пружин сухарь 3 и копира 4 постоянно находятся в контакте. При включении подачи суппорт станка вместе с приспособлением движется к передней бабке. Резец, установленный в приспособлении, протачивает первую шейку.



**Рис. 7.74. Приспособление для полуавтоматической обработки ступенчатых валов:**

- 1 – пиноль; 2 – корпус; 3 – сухарь; 4 – копир; 5 – регулировочный винт;  
6 – шарнирная пара; 7 – кронштейн; 8 – эксцентрик

Сухарь 3 скользит по копиру, закрепленному с помощью шарнирной пары и регулировочного винта в кронштейне. Дойдя до ступеньки на копиере, сухарь соскальзывает на нее. Резец вместе с пинолью под действием пружины перемещается на расстояние, равное высоте ступеньки копира, после чего осуществляется обточка второй ступени вала. Таким же образом обрабатываются остальные ступени вала.

Настройка приспособления на обработку первой ступени осуществляется соответствующей регулировкой копира с помощью регулировочного винта и установкой поперечного суппорта. Получение прямого угла между торцевой и цилиндрической поверхностями ступеней вала достигается использованием резца с углом в плане  $75^\circ$  и установкой пиноли в корпусе приспособления под углом  $15^\circ$ . После проточки вала поперечный суппорт с резцом отводят на 20...30 мм от заготовки и с помощью эксцентрика 8 подают пиноль вперед вместе с резцом с таким расчетом, чтобы при возвращении суппорта в первоначальное положение сухарь не касался копира. Затем отпускают эксцентрик 8, и пиноль с резцом устанавливается в рабочее положение.

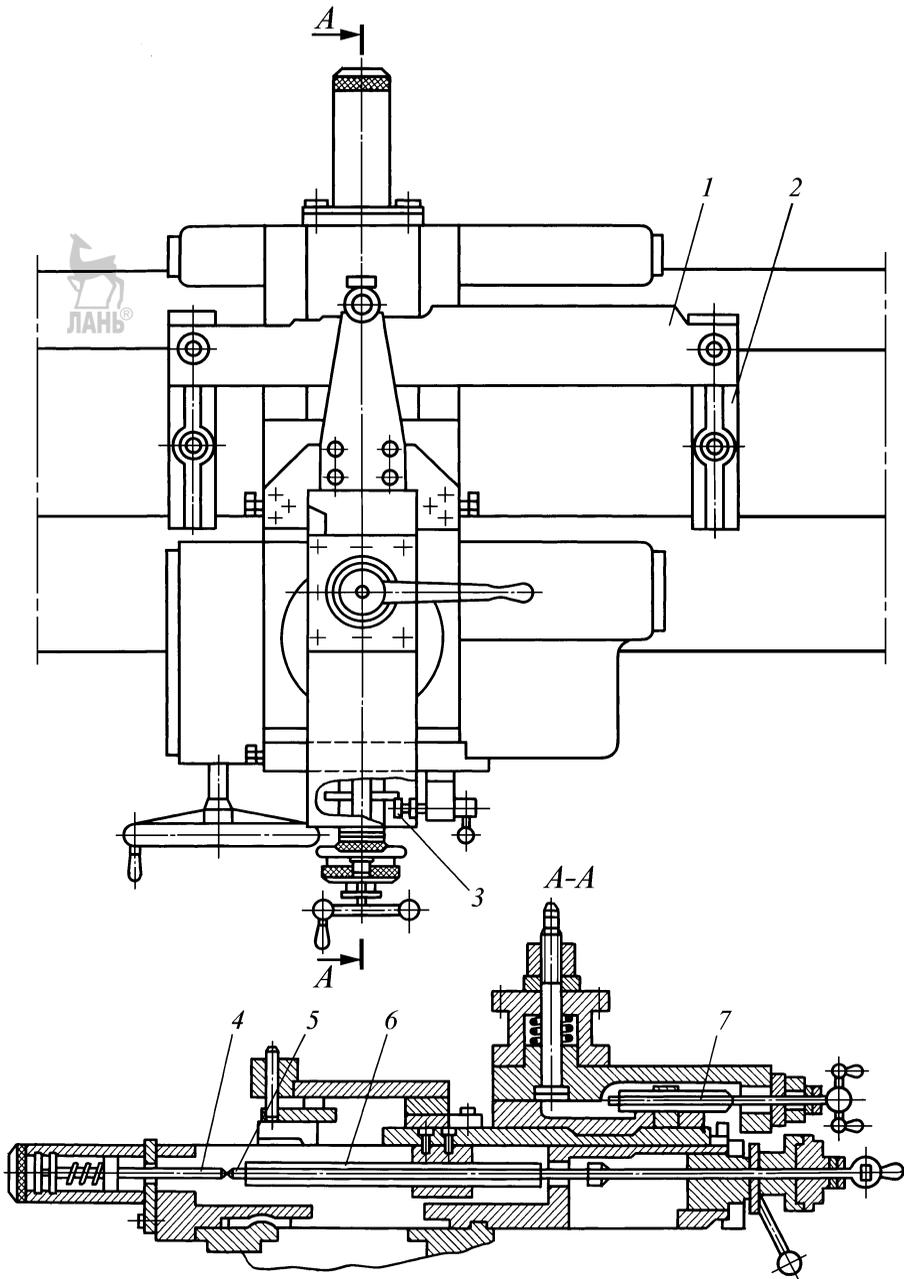
Настройку резца на необходимый диаметр крайней шейки вала выполняют с помощью лимба, а диаметры остальных шеек при точно выдержанном размере первой шейки получаются автоматически. Получение заданных линейных размеров первой шейки вала зависит и от размеров центровых гнезд.

Механическое *копировальное устройство* (рис. 7.75) предназначено для предварительного обтачивания ступенчатых валов. Плоский копир 1 закреплен на специальных стойках 2, установленных на направляющих станины станка. Щуп 5, связанный с поперечными салазками суппорта, прижат к рабочей поверхности копира пружиной, которая с помощью толкателя 4 воздействует на винт поперечной подачи. Винт отключен от каретки суппорта. При работе верхняя поворотная часть суппорта повернута на угол, равный  $90^\circ$ , и настройка станка на размер диаметра первой ступени детали производится путем перемещения с помощью винта верхних салазок до неподвижного упора. По окончании обтачивания поворотом эксцентрика 3 щуп 5 отводят от копира, и суппорт возвращается в исходное положение.

Достоинства этого устройства – простота конструкции и доступность изготовления.

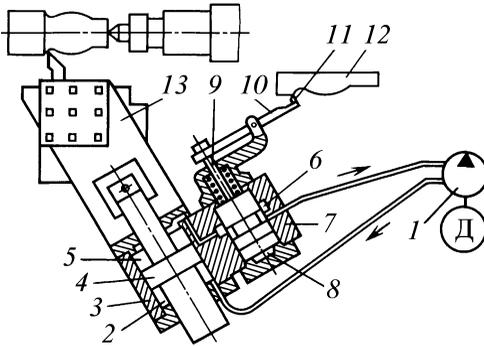
*Гидрокопировальный суппорт для продольной и поперечной обточки сложных профилей* можно установить на любом токарном станке с высотой центров 100...600 мм. Он может вращаться вокруг своей оси на  $360^\circ$ , что в несколько раз ускоряет переналадку при обработке цилиндрических, конических, сферических, резьбовых и торцовых поверхностей. Суппорт оснащен автоматической подачей смазочного материала на трущиеся поверхности, которые имеют форму призмы. В суппорте предусмотрена система регулирования скорости движения гидроцилиндра с резцедержателем вперед и назад, автоматическое регулирование уплотнительных резиновых колец, что увеличивает его надежность.

*Гидросуппорт* (рис. 7.76) устанавливают вместо обычного суппорта. Основным движением для него является продольная (для обработки наружных и



**Рис. 7.75. Копировальное устройство для обработки ступенчатых валов:**

1 – копир; 2 – стойка; 3 – эксцентрик; 4 – толкатель; 5 – шуп; 6 – винт поперечной подачи; 7 – винт верхних салазок



**Рис. 7.76. Гидросуппорт токарного станка:**

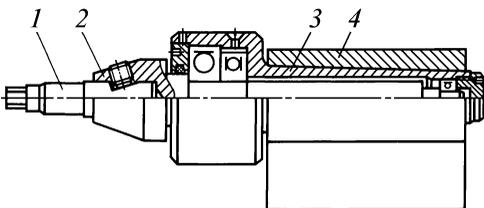
1 – насос; 2 – нижняя полость цилиндра; 3 – цилиндр; 4 – поршень; 5 – верхняя полость цилиндра; 6 – канал; 7 – гидрораспределитель; 8 – золотник; 9 – шток; 10 – рычаг; 11 – наконечник шупа; 12 – копир; 13 – суппорт

внутренних поверхностей) или поперечная (при обработке торцовых поверхностей) подача станка. Копир 12 устанавливается на неподвижной поверхности станка. Масло от насоса 1 по гибкому шлангу подается в полость цилиндра 3, из которой по калиброванному отверстию в поршне 4 оно перетекает в полость 1. Поршень 4 крепится к неподвижным салазкам суппорта.

Так как площадь поршня в нижней полости в 2 раза меньше площади поршня в верхней полости, то при одинаковом давлении масла в обеих плоскостях суппорт 13 подводится к линии центров. Давление масла в полости регулируется золотником 8 гидрораспределителя, который под действием пружины стремится перекрыть канал 6, и наконечник шупа прижимается к копиру. При движении наконечника шупа 11 по копиру рычаг 10 сжимает пружину, тем самым изменяя проходное сечение для выхода масла из верхней плоскости цилиндра в сливную магистраль. Давление в верхней полости цилиндра будет падать при сохранении давления в нижней полости, и суппорт, переместив корпус гидрораспределителя, приведет систему в равновесие.

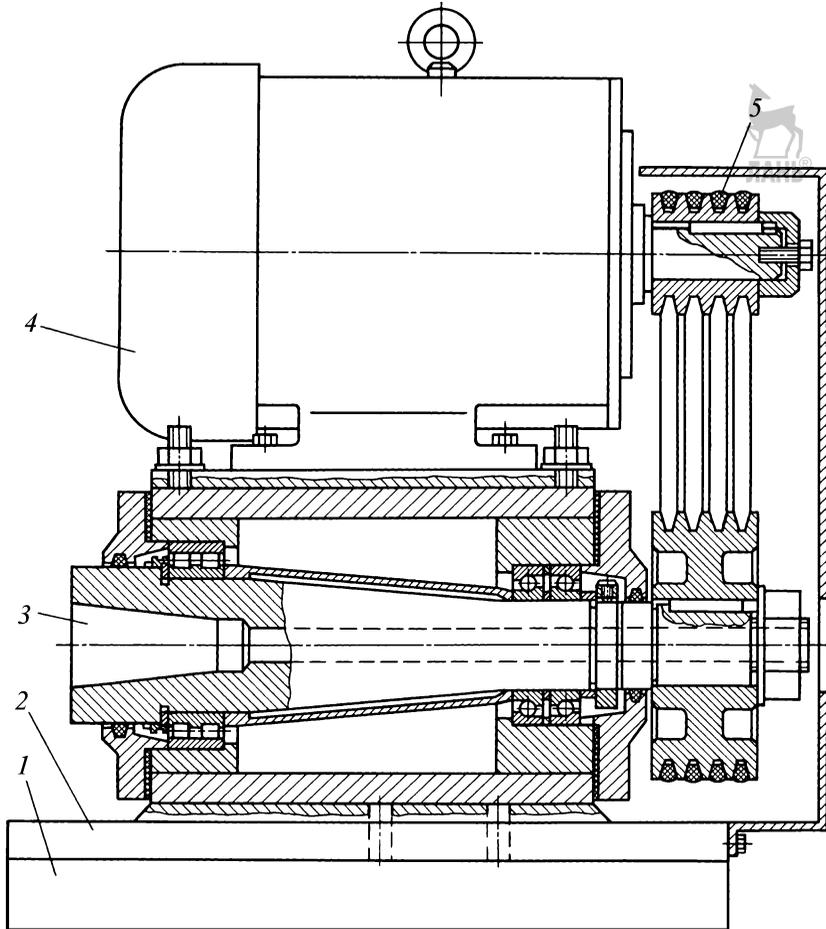
На рис. 7.77 показано приспособление для обработки внутренних многогранников. Приспособление состоит из кронштейна 4, размещенного в резцедержателе токарного станка, корпуса 3 и пуансона 1, закрепленного в шпинделе 2, установленном на подшипниках. Плоскость кронштейна наклонена к осям отверстия кронштейна и станка под углом  $1,5^\circ$ . При этом только одна из граней пуансона соприкасается с обрабатываемой заготовкой.

При включении продольной подачи и соприкосновении пуансона с вращающейся заготовкой пуансон также начинает вращаться, и внутри предварительно просверленного отверстия получается многогранник, соответствующий размеру пуансону.



**Рис. 7.77. Приспособление для обработки внутренних многогранников:**

1 – пуансон; 2 – шпиндель; 3 – корпус; 4 – кронштейн



**Рис. 7.78. Устройство для фрезерования тел вращения:**

1 – плита поперечных салазок; 2 – корпус устройства; 3 – ось фрезерного шпинделя;  
4 – электродвигатель; 5 – клиновые ремни

Устройство для фрезерования тел вращения (рис. 7.78) предназначено для черновой обработки заготовок типа тел вращения, на наружных поверхностях которых имеются пазы или срезы. Его устанавливают на поперечном суппорте токарного станка так, чтобы ось фрезерного шпинделя была перпендикулярна оси станка. Сварной корпус устройства 2 неподвижно закреплен на плите 1 поперечных салазок станка. В верхней части приспособления на поворотной плите установлен электродвигатель 4, от которого через клиновые ремни 5 фрезерный шпиндель получает вращение.

## Глава 8

# ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ



**Пути повышения производительности.** Трудоемкость станочной обработки может быть снижена путем сокращения машинного  $T_m$  или вспомогательного  $T_v$  времени операции, а также общего сокращения штучного времени  $T_{шт}$  за счет многоинструментальной обработки одной или нескольких заготовок.

Одновременная обработка нескольких заготовок может выполняться как на одном многошпиндельном станке, так и на нескольких станках при многостаночном обслуживании.

Механическая обработка может осуществляться методом расчленения, т.е. дифференциации операций (за одну установку обрабатывается одна–две поверхности) и методом концентрации операций (простейший вид – последовательная обработка всех поверхностей заготовки за одну или две установки с ее поворотом). Более эффективным является метод концентрации с одновременной обработкой нескольких поверхностей одной или нескольких заготовок наборами инструментов.

**Основными способами сокращения  $T_m$**  являются: повышение режимов резания, сокращение длины и числа переходов инструмента, совмещение операций и одновременная обработка нескольких заготовок. Повышение режимов резания осуществляется за счет применения более рациональных режимов резания, прогрессивных конструкций режущего инструмента и оснастки.

Сокращение длины переходов инструмента достигается путем выбора их рациональной последовательности (1, 2, 3) при обработке ступенчатых поверхностей (рис. 8.1). В случае равенства длин ступеней ( $l_1 = l_2 = l_3 = l$ ) суммарная длина переходов по трем вариантам  $6l$  (см. рис. 8.1, а);  $4l$  (см. рис. 8.1, б) и  $5l$  (см. рис. 8.1, в). Поэтому при прочих равных условиях оптимальным будет вариант б.

Совмещение операций возможно также при использовании нескольких инструментов, например одновременное обтачивание и сверление заготовки, установленной в патроне (сверло устанавливается в задней бабке), обтачивание валика с протачиванием канавок резцом, установленным в дополнительном заднем резцедержателе, и т.п.

Одновременная токарная обработка нескольких заготовок осуществляется путем обтачивания одинаковых заготовок типа колец, установленных на оправку. Возможно также обтачивание и сверление прутка с последующей разрезкой его на кольца или шайбы. Пруток устанавливается в патроне, а при отрезке колец поджимается задним центром.

Сокращение времени установки заготовок обеспечивается за счет применения быстродействующих патронов (пневматических, гидравлических, электромагнитных) и других типов механизированных зажимов (самозажимных хомутиков и оправок, рифленых центров и др.)

Установка заготовок сложной формы на планшайбе и угольнике обычно требует довольно длительной выверки рейсмасом или индикатором. Сократить время установки в этих случаях можно за счет применения разного рода упоров, штырей и фиксаторов для базирования по отверстию, призматических устройств, базирующих заготовки по наружным цилиндрическим поверхностям, и т.д.

Для сокращения времени смены инструмента используются также различные приспособления, например поворотная револьверная головка, дополнительный задний резцедержатель на суппорте и др. Поворотная револьверная головка, установленная в пиноли задней бабки, имеет 4–6 инструментов (сверла, зенкеры, развертки, метчики для полной обработки отверстий). Она значительно сокращает вспомогательное время по сравнению со временем установки и съема инструментов в конусном отверстии пиноли.

Сокращение времени на измерения достигается при работе по упорам, при измерениях размеров во время работы станка и при обработке отверстий мерным инструментом.

Комплексное сокращение времени на обработку осуществляется в случае кассетной обработки колец на оправке (рис. 8.2) и в стакане (рис. 8.3). Время  $T_m$  сокращается за счет уменьшения пути врезания,  $T_b$  – за счет сокращения или полного перекрытия времени установки заготовок и инструмента, а также времени на измерения.

**Основные правила построения процесса обработки.** Процесс превращения заготовки в готовую деталь обычно состоит из трех стадий: черновой, получистовой и окончательной (финишной) обработки. Каждая стадия должна обеспечить

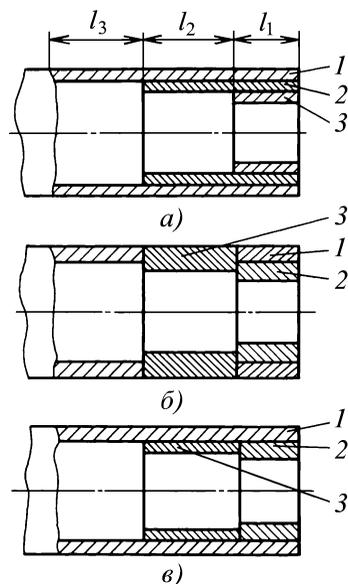


Рис. 8.1. Варианты последовательности обработки ступенчатого вала

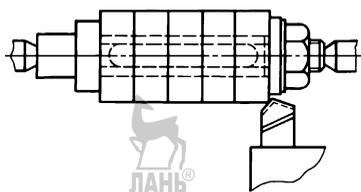


Рис. 8.2. Кассетная обработка колец на оправке

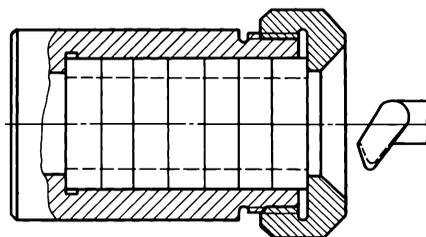


Рис. 8.3. Кассетная обработка колец в стакане

необходимое уточнение размеров. Уточнением называют отношение допуска на размеры заготовки к допуску, требуемому чертежом готовой детали.

Так, например, при обтачивании вала диаметром 45 мм 7-го качества точности с допуском 0,025 мм из заготовки горячего проката повышенной точности с допуском  $\begin{matrix} +0,2 \\ -0,7 \end{matrix}$ , требуемое уточнение составит

$$e = \frac{0,9}{0,25} = 36 \text{ раз.}$$

Тонкое алмазное обтачивание обеспечивает получение 7-го качества точности, однако требует припуска 0,1...0,2 мм с допуском 0,1 мм, т.е. дает уточнение  $e = \frac{0,1}{0,25} = 4$ . Поэтому перед алмазной обработкой необходимо провести черновое обтачивание по 13-му качеству, получистовое – по 11-му качеству и чистовое – по 9-му качеству.

При обтачивании под шлифование потребуется черновая и получистовая обработка с уточнением  $e = \frac{0,9}{0,08} = 11$ .

**Основные правила базирования.** При установке заготовки на станке и в процессе всей обработки необходимо обеспечить правильное и неизменное ее расположение относительно инструмента. Установка заготовок осуществляется с выверкой их на станке или в приспособлениях, предварительно настроенных для данной обработки. В случае обработки партии одинаковых заготовок необходимо стремиться к тому, чтобы колебания размеров заготовок в пределах допуска не влияли на точность расположения их при обработке.

Эти требования обеспечиваются правильным выбором установочных баз.

Различают конструкторские, технологические и измерительные базы.

*Конструкторскими базами* называются поверхности деталей, посредством которых они координируются в машине относительно других деталей (опорные шейки валов, осевые отверстия шестерен и шкивов; призматические и плоские направляющие задней бабки и каретки токарного станка и т.д.).

*Технологическими базами* называются поверхности, которые используются для определения положения заготовки в процессе ее обработки на станке.

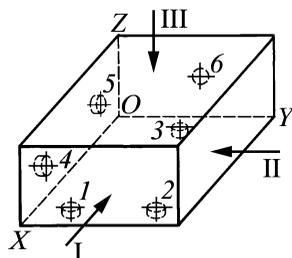
В качестве технологической базы может быть использована и конструкторская база. Например, отверстие зубчатого колеса, которым оно насаживается на валик при сборке, может служить для установки ее на оправке при обработке венца. Наряду с этим применяются технологические базы, т.е. специально созданные поверхности, не требующиеся по условиям работы детали, и служащие только для ее установки в процессе обработки. Такими базами являются центровые отверстия для обтачивания и шлифования валиков, расточки в юбке поршней, а также специально создаваемые приливы для установки заготовок неправильной формы в трех кулачковых патронах и т.п.

*Измерительной базой* называется поверхность, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения. Из-

мерительными базами могут служить конструкторские или искусственные технологические базы.

Для сохранения неизменного положения заготовки в процессе обработки необходимо лишить ее шести степеней свободы, т.е. закрепить заготовку в шести точках, расположенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях  $XOY$ ,  $XOZ$  и  $YOZ$ .

На рис. 8.4 показано расположение шести точек при базировании заготовки. Плоскость  $XOY$  называется технологической базой. На ней расположены три точки 1, 2 и 3, которые полностью определяют положение технологической базы. Эти точки с учетом действия силы прижима III лишают заготовки трех степеней свободы, т.е. перемещения вдоль оси  $ZO$  и вращения вокруг осей  $XO$  и  $OY$ . Плоскость  $XOZ$  называется направляющей базой; на ней расположены точки 4 и 5, полностью определяющие линию направления заготовки вдоль оси  $XO$  и лишают ее (с учетом действия силы II) еще двух степеней свободы, т.е. перемещения вдоль оси  $OY$  и вращения вокруг оси  $ZO$ . Опорная база (точка 6), расположенная в плоскости  $YOZ$ , лишает заготовку последней, шестой, степени свободы, а именно возможности перемещаться вдоль оси  $XO$  под действием силы I.



**Рис. 8.4. Базирование заготовки по правилу шести точек**

Если добавить четвертую точку на технологической базе, то она будет иметь касание с заготовкой только в случае весьма точной поверхности последней. В случае необработанной, неровной поверхности касаться будут только три точки, определяющие положение плоскости, и заготовка сможет устанавливаться в двух положениях, так как через четыре точки можно провести две плоскости.

Если поместить третью точку в направляющей плоскости  $XOZ$ , то касание заготовки с ней будет осуществляться не по линии, а по плоскости. В этом случае при неперпендикулярности нижней и левой граней заготовки последняя под действием сил III и II будет прижиматься к технологической или к направляющей базе, т.е. создастся неопределенность в установке. При этом в любом положении одна точка не будет работать. Подобное же положение будет иметь место, если на упорной плоскости поместить две точки вместо одной. В этом случае при неперпендикулярности левой боковой и задней плоскостей заготовки плоскость  $YOZ$  под действием силы может стать направляющей, а в плоскости  $XOZ$  будет работать только одна точка.

Типичные примеры базирования заготовок при токарной обработке показаны на рис. 8.5, 8.6, 8.7. В некоторых случаях базой может служить сама обрабатываемая поверхность. Это имеет место при бесцентровом шлифовании наружных цилиндрических поверхностей, при ручном развертывании отверстий и т.п.

**Погрешности базирования.** Погрешности базирования, т.е. отклонения заготовки от заданного положения при установке на станке, вызываются колебаниями ее формы или размеров в пределах заданного допуска. Для компенсации погрешности базирования за счет колебания размеров установочной поверхности

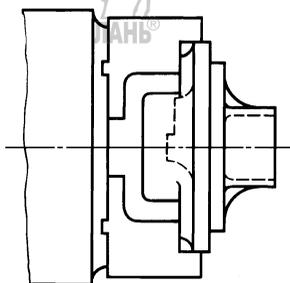


Рис. 8.5. Базирование по необработанной поверхности

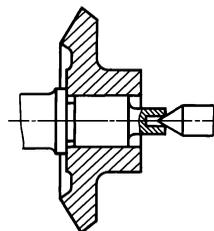


Рис. 8.6. Базирование по конструкторской базе

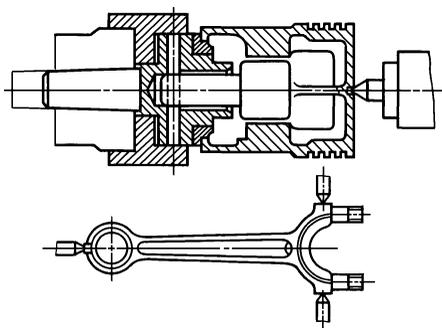


Рис. 8.7. Базирование по искусственным технологическим базам по выточке в юбке поршня и по трем центровым впадинам шатуна

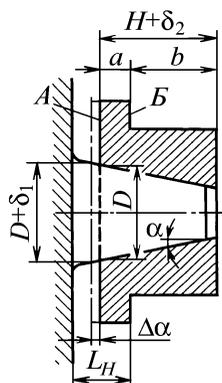


Рис. 8.8. Погрешности базирования на конической оправке

в радиальном направлении применяются самоцентрирующие патроны и призмы. Обеспечение точности базирования при получении осевых размеров достигается применением утопающих центров и оправок.

На рис. 8.8 показана погрешность базирования при установке втулки на конической оправке для обработки торца *Б* с постоянной установкой инструмента. За счет допуска  $\delta_1$  (диаметра отверстия) глубина посадки втулки, а следовательно, и положение торца *А* относительно инструмента, установленного на размер  $L_H$ , будет изменяться, что вызовет погрешность размеров *a* и *b*:

$$\Delta a = \frac{\delta_1}{2i}; \quad \Delta b = \frac{\delta_1}{2i} + \delta_2,$$

где  $i = \operatorname{tg} \alpha$  – уклон конуса.

Погрешность базирования в отношении эксцентricности при установке на конус отсутствует, т.е. ось заготовки будет совпадать с осью конической оправки. Кроме указанных погрешностей, на точность размеров *a* и *b* будут еще влиять точность угла  $\alpha$  и установки резца на размер  $L_H$ .

Выбор баз при токарной обработке следует выполнять с учетом следующих правил:

- в качестве баз следует выбирать поверхности заготовки, не подлежащие обработке, например наружные поверхности отливок;

- если заготовка обрабатывается по всем поверхностям, базирование в первой операции необходимо осуществлять по тем поверхностям, которые имеют наименьшие припуски на обработку; эти поверхности при дальнейшей обработке окажутся соосными с базой, обработанной в первой операции; таким образом устраняется опасность неравномерного съема металла и появления черновин на поверхностях при обработке их с небольшим припуском;

- базирование по необработанной поверхности можно производить только один раз, так как вследствие неровностей необработанной поверхности ранее обработанные поверхности будут несоосны или неперпендикулярны к поверхностям, обработанным при вторичной установке;

- при базировании по обработанной поверхности следует выбирать конструкторские базы, благодаря чему исключаются погрешности от несовпадения конструкторской и технологической баз;

- необходимо стремиться совмещать конструкторскую и измерительную базы, так как этим исключаются погрешности измерения;

- необходимо соблюдать правила единства баз, т.е. стремиться во второй и последующих операциях использовать одну и ту же базу; в случае многооперационной обработки для этой цели используют технологические базы.

При выборе баз следует учитывать возможность получения наименьших деформаций заготовки от силы зажима.

Выбор технологической направляющей и опорной баз для заготовок осуществляется с учетом их размеров. В качестве технологической базы используется поверхность наибольших размеров, что обеспечивает наилучшую устойчивость заготовки, которая будет опираться на три точки, наиболее удаленные друг от друга.

Направляющая поверхность должна иметь большую длину, чем направляющая плоскость приспособления. Упорная плоскость, несущая только одну упорную точку, может иметь наименьшие размеры.

Типовой процесс токарной обработки коротких валов и валов средней длины приведен в табл. 8.1.

При двусторонней обработке партии валиков выполняют четыре установки: I – черновую обработку первого конца; II – черновую обработку второго конца; III – чистовое обтачивание первого конца; IV – чистовое обтачивание второго конца.

Для сокращения времени обработки в целях ускорения возможно объединение черновой и чистовой операций при обработке второго конца во второй установке. Такой же порядок следует применять при точении во вращающемся заднем центре. Во всех случаях образование центровых впадин должно производиться при помощи комбинированных центровых сверл.

8.1. Типовые маршруты обработки валов с  $L = 300 \dots 1200$  мм и  $D \geq 50$  мм

№ операции	Содержание операции	Оборудование в производстве	
		серийном	единичном
1	Отрезание заготовок из горячего проката	Дисковые пилы	Механическая ножовка
2	Подрезание торцов	Фрезерно-центровальные станки	Токарные станки с люнетом
3	Центрование		
4	Черновое обтачивание с двух сторон	Токарно-гидрокопировальные и токарные станки с автоматизированными устройствами	Токарные станки с гидросуппортом
5	Чистовое обтачивание с двух сторон		
6* <sup>1</sup>	Нарезание наружных резьб	Токарные станки	Токарные станки
7* <sup>2</sup>	Обкатывание или выглаживание		

\*<sup>1</sup> Перед нарезанием наружных резьб целесообразно провести фрезерование шпоночных пазов, сверление и нарезание отверстий.

\*<sup>2</sup> Обкатывание можно проводить и до нарезания наружных резьб.

При обработке кованого шатуна в мелкосерийном производстве (рис. 8.9) центровка заготовки выполняется по разметке на сверлильном станке, а при больших ее габаритах – на горизонтально-расточном станке. В первой токарной операции (рис. 8.9, а) производится черновое обтачивание стержня и двухпроходная обработка большой головки; во второй – черновая и чистовая обработки малой головки и чистовая – стержня (рис. 8.9, б). Такой порядок обработки большой головки шатуна оправдывается ее конфигурацией и невысокими требованиями к соосности ее цилиндрической части.

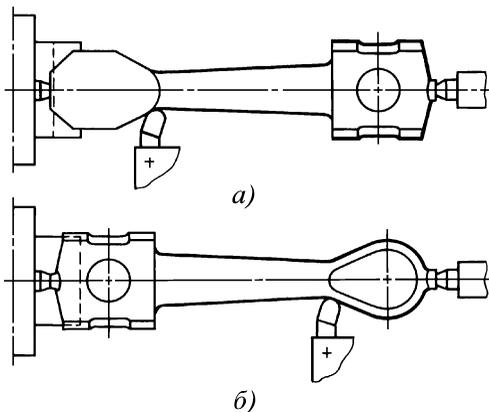
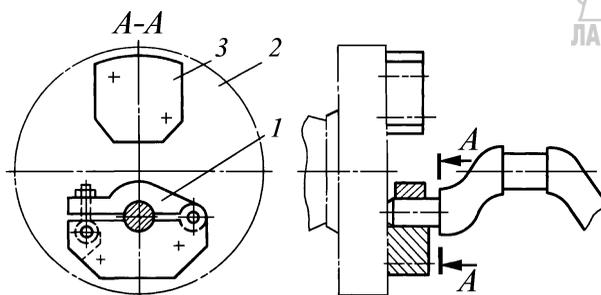
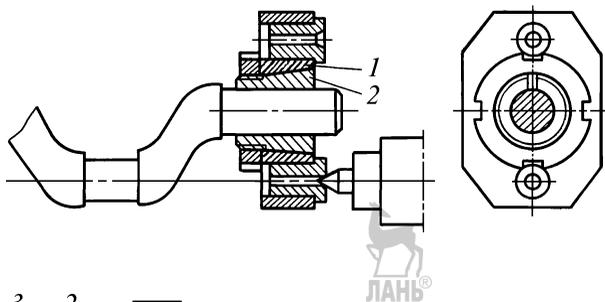


Рис. 8.9. Схема обработки кованого шатуна

**Рис. 8.10. Крепление шатунных шеек с помощью бугеля:**

1 – бугель; 2 – цанга



**Рис. 8.11. Установка шатунного вала на планшайбе:**

1 – зажим; 2 – планшайба; 3 – противовес

Обработка шатунных шеек коленчатого вала заключается в следующем. На коренные шейки с обоих концов вала надеваются кронштейн-бугели с центровыми впадинами на расстоянии эксцентриситета  $e$  от оси коренной шейки и стопорятся винтами. Для последовательного обтачивания шатунных шеек, повернутых относительно друг друга на  $90^\circ$ , бугели имеют Г-образную форму. Во избежание прогиба вала между бугелями и обтачиваемым коленом вставляются распорки.

Для устранения дисбаланса вследствие смещения центра тяжести вала с оси центров при его обтачивании к планшайбе и правому бугелю прикрепляют противовесы.

Уменьшение вылета резца при обтачивании шатунных шеек достигается применением специального узкого резцедержателя, в котором резец крепится прижимной планкой. От бокового смещения резец удерживается шпонкой, входящей в паз, профрезерованный в теле резца. Такой резцедержатель приходится применять и при протачивании средней коренной шейки.

На рис. 8.10 показан бугель с цанговым креплением для обтачивания шатунных шеек, расположенных со сдвигом относительно друг друга на  $180^\circ$ . Левый конец вала в некоторых случаях (рис. 8.11) крепится не в бугель, а посредством зажима 1, установленного на планшайбе 2.

В случае незначительного эксцентриситета шатунных шеек вместо применения бугелей в торцах вала делают вторые центровые отверстия на расстоянии  $e$  от оси основных шеек.

Обработка эксцентрических поверхностей в четырехкулачковом патроне выполняется со смещением пары кулачков на величину эксцентриситета  $e$

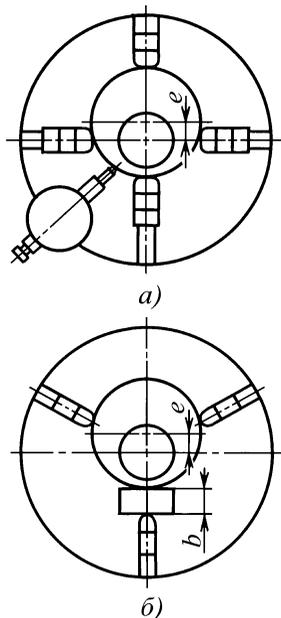


Рис. 8.12. Схемы обработки эксцентрических заготовок рабочего колеса

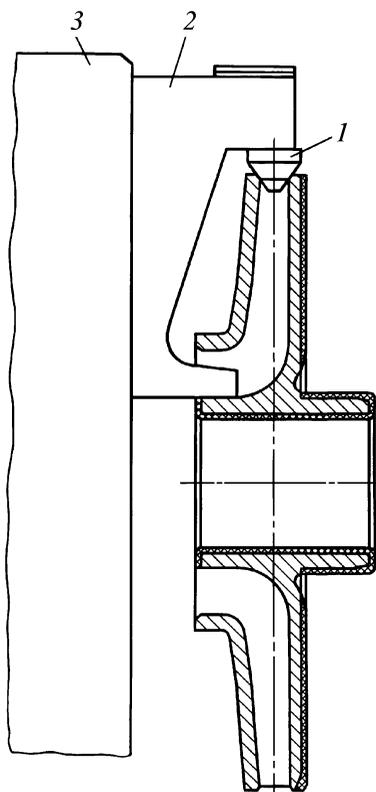


Рис. 8.13. Базирование по необработанному каналу

(рис. 8.12, а). При установке заготовки в самоцентрирующем (рис. 8.12, б) под один из кулачков помещается пластинка толщиной  $b = 1,52 \left( 1 + \frac{e}{2D} \right)$ , где  $D$  – диаметр заготовки.

Для базирования рабочего колеса центробежного насоса по литому необработанному каналу применяют специальные кулачки (рис. 8.13).

Подпружиненные фиксаторы 1 ориентируют заготовку в вертикальной плоскости в момент начала сближения кулачков 2. При дальнейшем перемещении кулачков самоцентрирующего патрона 3 их зажимающие части центрируют заготовку по входной части рабочего канала.

Повышение производительности при обработке сложных заготовок в условиях мелкосерийного производства достигается также в результате применения УСН и УНП.



## Глава 9

# ОБРАБОТКА ТЯЖЕЛЫХ ВАЛОВ

### 9.1. РАЗНОВИДНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ОБРАБОТКИ

К тяжелым относят валы массой более 1 т и диаметром более 200 мм. Такие валы применяются в паровых и гидравлических турбинах, крупных осевых насосах, в тяжелом и судовом машиностроении. Разновидности тяжелых валов приведены в табл. 9.1.

#### 9.1. Разновидности тяжелых валов

Наименование	Ориентировочные габаритные размеры ( $D \times L$ )*	Материал, вид заготовок
Колонны гидропрессов (П, С) и плунжеры	$(300 \dots 2000) \times (5 \dots 25)$	Стальные поковки, стальные и чугунные отливки
Валы гидротурбин, крупных насосов и судовых валопроводов	$(250 \dots 3000) \times (5 \dots 15)$	Стальные поковки и отливки
Прокатные валки цельные и сборные	$(300 \dots 1000) \times (2 \dots 5)$	Стальные поковки, стальные и чугунные отливки
Валы паровых и газовых турбин (П)	$(200 \dots 500) \times (2 \dots 5)$	Стальные поковки
Коленчатые валы дизелей и компрессоров	$(100 \dots 300) \times (2 \dots 6)$	Стальные поковки, отливки из специального чугуна

\*  $D$  дано в мм,  $L$  – в м.

Примечание. Принятые обозначения валов: П – полые, С – сплошные.

Валы гидротурбин, осевых насосов и судовые валопроводы выполняют полыми и собирают из двух–четырех секций. Соединение секций осуществляется посредством точных болтов, а центрирование – по точно обработанным выточкам и выступам на торцах фланцев.

Характерной особенностью таких валов является сварная защитная рубашка из двух листов коррозионно-стойкой стали на шейках. Вместо облицовки из листовой стали делают наплавку шеек электродами из коррозионно-стойкой стали или применяют металлизацию. Облицовка металлизацией сокращает трудоемкость операции и упрощает обработку вала. Различные виды упрочнения

поверхности применяются также при изготовлении прокатных валов, гребных валов, коленчатых валов дизелей.

Надежная и спокойная работа агрегата в значительной степени определяется отсутствием существенных эксцентриситетов между сопрягаемыми секциями валов, а также величинами зазоров между шейками вала и подшипниками.

На величину эксцентриситетов валов влияют: смещения во фланцевых соединениях в пределах радиального зазора между буртиком и выточкой; разность буртика и выточки сопрягаемых валов; эксцентricность цилиндрической поверхности фланцев вала относительно центрирующих буртиков и выточек; отклонения от перпендикулярности внешних торцовых поверхностей фланцев их геометрической оси и отклонения от плоскостности торцов, наличие эксцентриситета подшипниковой шейки вала по отношению к центрирующему буртику и выточке фланца.

Тяжелые валы обычно изготавливают из поковок и отливок.

Для полустачевой обработки валов оставляют припуски, указанные в табл. 9.2, а для чистовой обработки и под шлифование – в табл. 9.3 и 9.4.

### 9.2. Припуски, мм, на диаметр для полустачевого точения заготовок типа осей, валов, бандажей, цилиндров

Длина заготовки, мм	Диаметр, мм, обрабатываемой заготовки							
	От 200 до 280	От 280 до 380	От 380 до 500	Св. 500 до 650	Св. 650 до 850	Св. 850 до 1200	Св. 1200 до 1600	Св. 1600 до 8500
От 1000 до 1600	3/8	3/8	3/8	3/8	–	–	–	–
Св. 1600 до 2500	4/10	4/10	4/10	4/10	4/10	–	–	–
» 2500 » 4000	6/12	6/14	6/14	6/14	6/14	6/14	6/14	6/14
» 4000 » 6500	8/14	8/22	8/22	8/22	8/22	8/22	8/22	8/22
» 6500 » 10 000	10/16	10/28	10/28	10/2	10/28	10/28	10/28	10/28
Св. 10 000 до 15 000	12/18	14/36	14/36	14/36	14/36	14/36	14/36	14/36

Примечания: 1. Припуски на шейки назначаются из расчета общей длины.

2. На валах припуск на бочкообразность дается из расчета длины бочкообразной поверхности.

3. Валы диаметром до 280 мм проходят правку.

4. Припуски на торцы составляют 30 % от значений, указанных в данной таблице.

5. В числителе даны припуски для незакаленных заготовок, в знаменателе – для закаленных.

**9.3. Припуски, мм, на диаметр для чистового обтачивания заготовок**

Длина заготовок, мм	Диаметр, мм, обрабатываемой заготовки					
	250	500	1000	1500	2000	Св. 2000
От 1000 до 2000	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
Св. 2000 до 3000	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5
» 3000 » 4000	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0
» 4000	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0

Примечание. Припуск на торец равен половине припуска на диаметр.

**9.4. Припуски, мм, на диаметр для наружного шлифования заготовок**

Длина заготовки, мм	Диаметр, мм, обрабатываемой заготовки			
	От 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500	Св. 500 до 800
От 1200 до 2000	1,0 <sub>-0,3</sub>	1,0 <sub>-0,34</sub>	1,0 <sub>-0,38</sub>	1,1 <sub>-0,45</sub>
Св. 2000 до 3000	1,1 <sub>-0,3</sub>	1,1 <sub>-0,34</sub>	1,1 <sub>-0,38</sub>	1,2 <sub>-0,45</sub>
» 3000 » 4500	–	1,1 <sub>-0,34</sub>	1,1 <sub>-0,38</sub>	1,2 <sub>-0,45</sub>

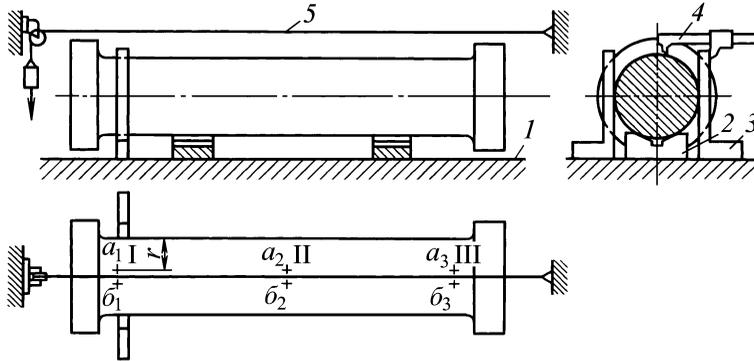
Сплошная закалка крупногабаритных валов производится до невысокой твердости. Это позволяет после термообработки произвести обтачивание части припуска подлежащих шлифованию поверхностей для сокращения времени шлифования.

Высокую твердость рабочих поверхностей валов получают путем поверхностной закалки, электроискровой обработки и накатки (пластической деформации). В случае отсутствия крупных шлифовальных станков проводится полирование валов на токарных станках. Припуски на эту операцию составляют 0,3...0,5 мм.

**9.2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ**

Поковки и отливки после отрезки прибылей и отжига, как правило, подвергаются предварительной обработке – обдирке на заводе-поставщике заготовок. У полых валов выполняется также расточка прошитого или отлитого отверстия. При этом выявляются и устраняются обнаруженные дефекты: трещины, раковины, шлаковые включения и др.

Типовая механическая обработка тяжелых валов предусматривает следующие операции: разметку, подрезание торцов, центрирование или притачивание пробок в полых валах, токарную черновую, получистовую и чистовую обработку,



**Рис. 9.1. Разметка поковки тяжелого вала:**

1 – плита; 2 – призмы; 3 – угольники; 4 – штангенрейсмас; 5 – струна

упрочнение шеек и их шлифование или полирование, а в некоторых случаях – суперфиниширование посредством специальной головки, устанавливаемой на токарном станке.

Цель операции разметки – проверка размеров и форм заготовки, отсутствия отклонения профиля продольного сечения и достаточности припуска на обработку вала. Кроме того, в этой операции намечаются места центровых впадин. Разметка производится на металлической плите, смонтированной в полу цеха. Заготовку устанавливают на призмы 2 (рис. 9.1). В процессе разметки два угольника 3 монтируют на плите 1 в трех–четырёх местах через равные промежутки по длине заготовки. Штангенрейсмасом от граней угольника на расстояниях радиуса  $r$  (по чертежу готового вала) в сечениях I, II, III размечают точки  $a_1, a_2, a_3$  и  $b_1, b_2, b_3$ . Расстояния между этими точками показывают величину фактического припуска на обработку.

После накернивания точек  $a$  и  $b$  по всей длине поковки, вдоль ее оси натягивают струну 5 так, чтобы она равномерно разделила припуск. Если это невозможно, значит вал имеет искривление или припуск на обработку недостаточен. В случае искривления вал необходимо править молотом или прессом.

Если струна располагается относительно точек  $a$  и  $b$  правильно, на торцовых поверхностях вала по угольнику наносят вертикальные риски. После этого вал поворачивают на  $90^\circ$  вокруг оси и операцию повторяют для нанесения вторых рисков на торцах. Пересечение этих рисков определяет правильное положение центровых отверстий, которые накерниваются для дальнейшего центрования. Одновременно размечается длина заготовки и положение фланцев.

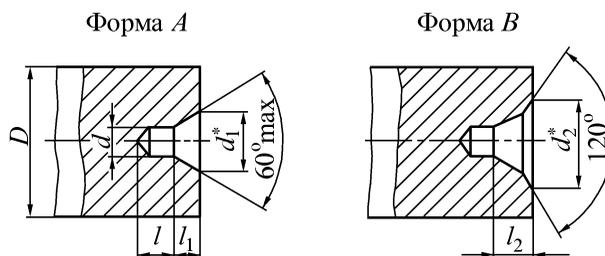
Операция центрования выполняется на горизонтально-расточных станках. В некоторых случаях во время этой операции при помощи летучего суппорта производится обтачивание торцов и наружной поверхности фланцев вала. Тяжелые валы центруются с одного конца, так как второй конец в большинстве случаев устанавливается в патроне.

Короткие валы могут зацентрироваться на вертикально-сверлильных станках с приямком, в который вертикально устанавливается вал. Для центрования используются также специализированные горизонтально-сверлильные и переносные сверлильные станки.

Центровые отверстия выполняются по ГОСТ 14034–74 (в ред. 1981 г.).

Для валов диаметром до 360 мм центровые отверстия выполняются с углом конуса  $60^\circ$  (табл. 9.5).

### 9.5. Центровые отверстия с углом конуса $60^\circ$ , мм



\* Размеры для справок.

$D$	$d$	$d_1$	$d_2$	$l$ , не менее	$l_1$ , Н12	$l_2$ , Н12
100	10	21,20	28,00	12,8	9,70	11,66
120	12	25,40	33,00	14,6	11,60	13,80
160	16	33,90	42,50	19,2	15,50	18,00
240	20	42,40	51,60	25,0	19,40	22,00
360	25	53,00	63,30	32,0	24,00	27,00

Для более крупных валов центровые отверстия выполняются с углом конуса  $75^\circ$  (табл. 9.6).

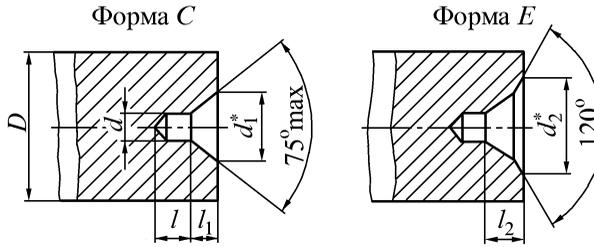
Для валов, подвергаемых термообработке, хранению и транспортированию выполняют центровые отверстия с резьбой для пробок-заглушек (табл. 9.7).

Точность диаметра центровых отверстий  $d$  и углов ( $60^\circ$ ,  $75^\circ$  и  $120^\circ$ ) обеспечивается центровочным инструментом с допуском  $\pm 30'$  при параметре шероховатости поверхности  $Ra \leq 2,5$  мкм.

Центровые отверстия формы  $A$  и  $C$  применяются в том случае, если после механической обработки они не используются. Если же они служат базой для многократных установок при обработке и сохраняются в готовом изделии, то центровка выполняется по типу  $B$  и  $E$ .

Диаметры центровых отверстий  $d$  при обработке тяжелых валов выбирают по табл. 9.8.

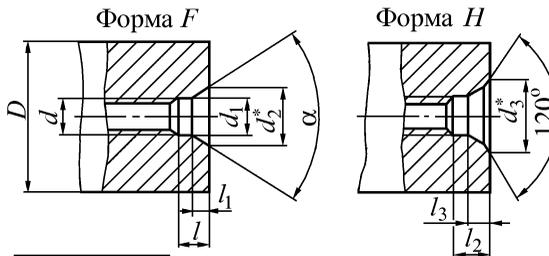
### 9.6. Центровые отверстия с углом конуса $75^\circ$ , мм



\* Размеры для справок.

$D$	$d$	$d_1$	$d_2$	$l$ , не менее	$l_1$ , Н17	$l_2$ , Н17
120	8	23,3	30,2	10	10	12,0
180	12	36,6	45,4	15	16	18,5
260	20	60,0	70,3	22	26	29,0
360	30	91,4	105,0	32	40	44,0
500	40	120,0	137,0	43	52	57,0
800	50	150,0	170,5	52	65	71,0
1200	63	186,0	213,7	65	80	88,0

### 9.7. Центровые отверстия с метрической резьбой, мм



\* Размеры для справок.

$D$	$d$	$d_1$ , Н14	$d_2$	$d_3$	$l$ , не более	$l_1$ , Н12	$l$ , не более	$l_3$ , Н12	$\alpha$ , °
100	M24	25,0	36,0	43,0	14,0	9,5	16,0	11,5	60
160	M30	31,0	44,8	51,8	18,0	12,0	20,0	14,0	
250	M36	37,5	53,0	60,0	20,0	13,5	22,0	15,5	
400	M42	43,5	59,7	70,5	22,0	14,0	25,0	17,0	
630	M48	49,5	74,0	88,0	24,0	16,0	28,0	20,0	
900	M56	58,0	85,6	99,5	27,0	18,0	31,0	22,0	75

Окончание табл. 9.7

$D$	$d$	$d_1$ , Н14	$d_2$	$d_3$	$l$ , не более	$l_1$ , Н12	$l$ , не более	$l_3$ , Н12	$\alpha$ , °
Св. 1200	М64	66,0	95,0	112,0	29,0	19,0	34,0	24,0	75
	М72×6	74,0	104,0	122,0	31,0	20,0	36,0	25,0	
	М80×6	82,0	115,0	133,0	34,0	22,0	39,0	27,0	
	М100×10	102,0	140,0	160,0	36,0	24,0	42,0	30,0	

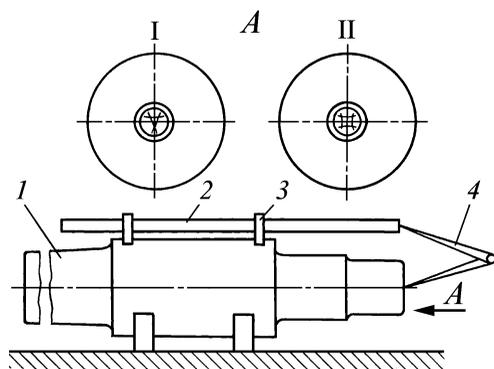
### 9.8. Данные для выбора центровых отверстий в зависимости от массы вала

Масса вала, кг, не более	$d$ , мм	Форма центрового отверстия	Масса вала, кг, не более	$d$ , мм	Форма центрового отверстия
50	2	$A, B$	8000	20	$A, B$
80	2,5		20 000	25	
90	3,15		1500	8	$C, E$
100	4		3000	12	
200	5		9000	20	
360	6,3		20 000	30	
500	8		35 000	40	
800	10		80 000	50	
1500	12		120 000	63	
2500	16				

Примечание. Валы массой до 1000 кг приведены для справки.

При обработке тяжелых сплошных валов с использованием жесткого заднего центра на его поверхности или на конической поверхности центрового отверстия делают по две смазочные канавки шириной 3...4 мм и глубиной 2...3 мм.

Разметка центровых отверстий на примере прокатного валка показана на рис. 9.2. Линейка 2 опирается на две передвижные призмы 3 с постоянными магнитами, удерживающими линейку в плоскости оси заготовки 1. Засечки на торце делаются в трех или четырех ее положениях. Пересечение биссектрис или диагоналей полученной фигуры определяет центр будущего отверстия. После его накернивания проводится одна окружность диаметром  $D$  и вторая диаметром  $[D + (6...8)]$  мм для контроля зацентровки.



**Рис. 9.2. Разметка центрального отверстия методом засечек:**

1 – заготовка; 2 – линейка; 3 – призмы; 4 – циркуль

Цилиндрическая часть центрального отверстия засверливается спиральным или перовым сверлом, коническая – перовым сверлом или четырехзубой зенковкой с углом в плане, равным 60, 75 и 120°.

**Обработка валов гидротурбины.** Допуски на изготовление валов гидротурбин массой до 100 т и длиной до 11 м приведены в табл. 9.9.

Допускаемая овальность и конусообразность посадочной шейки вала (суммарно) должны быть в пределах половины допуска на диаметр шейки:

$$(d_{\max} - d_{\min}) = d'_{\max} - d'_{\min} \leq \frac{\delta}{2},$$

где  $d$  – диаметры, измеренные в одном поперечном сечении для определения величины овальности;  $d'$  – диаметры, измеренные в разных сечениях для определения конусообразности;  $\delta$  – допуск на диаметр шейки вала.

### 9.9. Допуски, мм, на изготовление валов турбин

Допуск	Диаметр шейки, мм		
	500...800	До 1500	> 1500
Торцового биения фланца	0,02	0,02	0,03
Симметричности центрирующей поверхности буртика и выточки	0,02	0,03	0,04
Радиального биения фланца по наружному диаметру	0,04	0,05	0,05
Цилиндрические поверхности в зоне подшипника	0,03	0,04	0,05

Примечания: 1. Выпуклость торца фланца не допускается; допускаемая вогнутость – до 0,02 мм на 1000 мм диаметра.

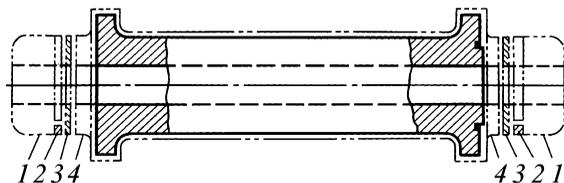
2. Основные поверхности обрабатываются по 7 и 8-му качествам точности.



Рис. 9.3. Заготовка секции

полого вала:

- 1 – кольцевой припуск; 2 – пробные бруски для механических испытаний; 3 – кольцо для определения остаточных напряжений; 4 – припуск для вырезки колец контрольных проб



Заготовки для валов выполняются в виде цельной поковки или кованого бабана с литыми фланцами, приваренными электрошлаковой сваркой.

Черновая обработка наружных поверхностей вала и окончательная расточка прошитого в поковке центрального канала производятся на заводе, изготовляющем поковку. При этом на наружных торцовых плоскостях обоих фланцев оставляются кольцевые припуски, предназначенные для вырезки образцов при контрольных испытаниях материала на заводе-изготовителе (рис. 9.3). Эти припуски используются также на некоторых стадиях окончательной обработки вала для закрепления его в кулачки патрона токарно-центрового станка. Использование же наружных поверхностей фланцев для этой цели не всегда возможно в связи с их большими размерами.

Поверочная разметка вала производится аналогично разметке для тяжелых валов. Базой для разметки служит обработанное отверстие центрального канала.

Дальнейшая обработка проводится в четыре этапа: полустойковая обработка вала на токарно-центровом станке; насадка на вал облицовки из коррозионно-стойкой стали (или другой вид упрочнения шейки под подшипник); чистовая обработка вала по чертежу; контрольное спаривание секций валов и доработка фланцев при наличии излома оси.

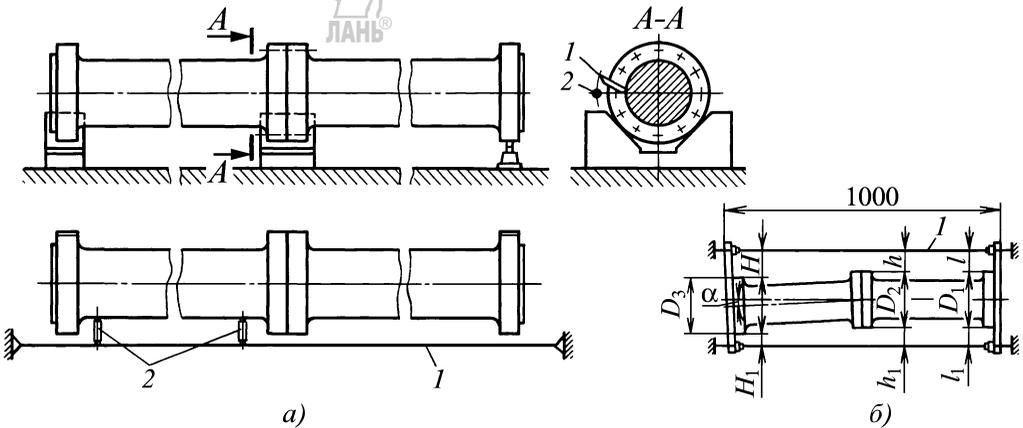
Базами для установки валов на станке служат центральное отверстие заготовки или пробка с центральной впадиной, установленная в расточку заготовки, а также шейки вала, протачиваемые под люнеты.

В некоторых случаях используются предварительно проточенные цилиндрические поверхности фланцев.

Для чистовой обработки валов с параметром шероховатости  $Ra$  0,63 и 1,25 применяют широкие резцы, работающие с подачами 10...16 мм. Контроль диаметров осуществляется микрометрическими скобами. Кольцевое сверление во фланцах производится головкой на специальном горизонтально-сверлильном или расточном станке, после чего отверстия растачиваются или развертываются.

После полной обработки секций вала производится контрольное спаривание секций (первой со второй, затем второй с третьей) для проверки отсутствия излома оси. Контроль небольших валов выполняется на токарных станках, а крупных – на призмах, установленных на сборочной плите (рис. 9.4).

При центрировании секции вала соединяются временными болтами, вставленными в предварительно расточенные отверстия фланцев, через отверстие на окружности фланца. Для контроля прилегания торцов вала их предварительно проверяют точной линейкой на краску. Перед окончательной затяжкой болтов



**Рис. 9.4. Схема проверки излома оси спаренного вала:**  
*а* – одной струной; *б* – по двум струнам

между торцами прокладывают листы папиросной бумаги в четырех местах (через  $90^\circ$  по окружности фланца).

При равномерном прилегании торцов все четыре листа бумаги плотно зажаты фланцами.

К крайним фланцам крепятся планки, между которыми натягиваются струны *1*, электрически изолированные от вала. С помощью штихмасса *2* измеряют расстояние  $l$ ,  $l_1$ ,  $h$ ,  $h_1$ ,  $H$  и  $H_1$ . При касании штихмассом струны включается цепь электрического тока слабого напряжения и зажигается лампочка или подается звуковой сигнал. Чувствительность этого способа контроля составляет  $0,005$  мм.

Правильность расположения струн относительно оси вала устанавливается из следующих условий:

$$h + \frac{D_2}{2} = l + \frac{D_1}{2}; \quad h_1 + \frac{D_2}{2} = l_1 + \frac{D_1}{2}.$$

Вычитая одно условие из другого, получим  $h - h_1 = l - l_1$ . При соблюдении этого условия достигается равноудаленность обеих струн от оси вала, имитируемой прямой, проходящей через центры фланцев  $D_1$  и  $D_2$ . Их овальность учитывается при закреплении действительных диаметров. В местах закрепления струн возможно регулирование их положения.

Таким же способом проводят измерения  $D_3$ ,  $H$  и  $H_1$ . При этом появляется величина  $x$ , характеризующая излом оси вала:

$$h + \frac{D_2}{2} = H + x + \frac{D_3}{2}; \quad h_1 + \frac{D_2}{2} = H_1 - x + \frac{D_3}{2}.$$

Вычитая одно условие из другого, получим

$$h - h_1 = H - H_1 + 2x \quad \text{или} \quad x = \frac{1}{2}[(h - H) - (h_1 - H_1)].$$

Аналогичная операция повторяется в перпендикулярной плоскости, в результате чего определяют  $y$ .

Фактический излом оси спаренного вала  $\omega_{\Delta} = \sqrt{x^2 + y^2}$ . Найденную величину сравнивают с расчетным допуском  $\delta_{\Delta}$ . Если  $\omega_{\Delta} > \delta_{\Delta}$ , то валы разбирают и выполняют повторную чистовую обработку торцов фланцев, после чего контроль спаривания повторяют.

Валы судовых валопроводов обрабатывают аналогично валам гидротурбин.

**Обработка валков прокатных станов.** По конструктивному исполнению валки прокатных станов разделяются на цельные, состоящие из однородной сплошной отливки или поковки; двухслойные, сердцевина которых и периферийная рабочая часть отлиты из металла различного качества; пустотелые с внутренним сквозным отверстием; составные, состоящие из цилиндрической части с надевающейся на нее бочкой со шпоночным пазом.

Наиболее распространенный прокатный валок состоит из следующих основных элементов: бочки, шейки и трефа. Бочка является рабочей частью валка, которая принимает непосредственное участие в деформации прокатываемого металла и придает ему заданную форму. Бочка может быть гладкой, например у листопрокатных валков, и с кольцевыми вырезами, называемыми ручьями. Ручьи парных валков образуют в комплекте калибры. Поэтому валки блюмингов заготовочных и сортовых станов называют калиброванными.

Основные размеры прокатных валков регламентированы ГОСТ 5399–69 (в ред. 1983 г.). Предельные габаритные размеры валков приведены в табл. 9.10.

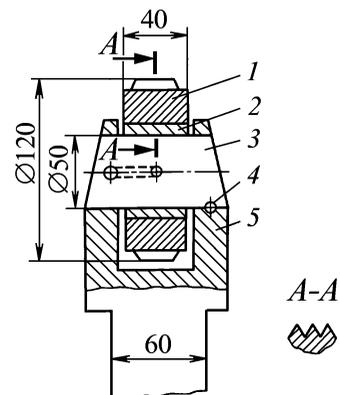
Валки изготовляют из углеродистых и легированных сталей, а также из отбеленного чугуна с содержанием углерода 2,8...3,8 % и с твердостью до 550 НВ.

Для упрочнения и восстановления стальных валков производится наплавка бочки проволокой ППЗХ288, ПП25Х5ФМС, ПП30ХГСА и др. Кроме наплавки, рабочие поверхности валков подвергаются электроискровому упрочнению, обкатке и рифлению посредством накатки (рис. 9.5). Наличие рифлений улучшает захват металла при горячей прокатке.

В большинстве случаев прокатные валки обрабатываются по 7–11-му квалитетам точности. Концентричность шеек и бочки имеет важное значение для качества прокатки и стойкости валков. Точность и шероховатость поверхностей валков, работающих в подшипниках скольжения, приведены в табл. 9.11.

Типовой маршрут механической обработки валков приведен в табл. 9.12.

Точность обработки зависит от метода базирования валка при чистовой обработке. Хорошие результаты дает установка валков в двухопорных люнетах с гибким приводом от шпинделя (рис. 9.6).



**Рис. 9.5. Приспособление для накатки бочек:**

- 1 – рифленый ролик; 2 – втулка; 3 – ось; 4 – штифт; 5 – корпус

### 9.10. Предельные габаритные размеры, мм, прокатных валков

Наименование	Диаметр	Длина
Валки станов:		
сортовых	260...1600	2000...3550
листовых	250...2500	2000...5000
Шейки подшипников:		
скольжения	150...250	170...1000
жидкостного трения	120...1050	120...1100

### 9.11. Точность и шероховатость поверхностей валков

Элементы и отклонения формы валков	Допуски, мм		Параметр шероховатости $R_z$ , мкм
	по диаметру	по длине	
Бочка	$\pm 1$	$\pm 4$	$\leq 320$
Шейка	+ 0,75	+ 3	10...40
Треф	$\pm 2$	$\pm 3$	$\leq 320$
Общий допуск по длине валка	–	$\pm 8$	$\leq 40$
Радиус переходной поверхности	+ 2	–	$\leq 40$
Овальность шеек	0,1	–	–
Конусность шеек	–	$\pm 0,1$	–
Диаметр шейки у сопряжения с галтелью	1,75	–	–

Примечание. Для валков, работающих на подшипниках качения или жидкостного трения, шейки и трефы обрабатываются по 7–9-му качествам и  $Ra \leq 2,5$ . Биение, допуски по длинам и конусности, а также шероховатость поверхности оговариваются чертежом или специальными техническими условиями поставки.

### 9.12. Типовой маршрут обработки валков

Содержание операции	Характер установки	Примечания
Разметка центральной впадины относительно бочки и центровка с одной стороны	Базирование по поверхности бочки в призмах на горизонтально-расточном или специальном центральном станке	У литых валков центруется нижний торец отливки
Установка на вальцетокарном станке и разметка валка по длине	Установка в патроне и на заднем центре с выверкой по биению бочки и шейки	У литых валков необходимо обеспечить съем равномерного припуска по отбелной корке бочки. Операция выполняется на мощном обдирочном станке. Отрезание прибыли в патроне и люнете
Черновое обтачивание – обдирка бочки, шеек и трефов с вырезкой образцов для испытаний и отрезанием прибыли		

Окончание табл. 9.12

Содержание операции	Характер установки	Примечания
Вторичная зацентровка с двух сторон	В патроне и люнетах на вальцетокарном станке	—
Полная чистовая обработка		
Фрезеровка трефов	В призмах на специальном фрезерном станке	

Для черновой обработки применяется схема *б*, для чистовых операций – схемы *в* и *г*. При этом первоначально валок устанавливается по пояскам *1* и *4* и протачиваются пояски *2* и *3*. После этого подводятся опоры люнетов под эти пояски и протачиваются повторно пояски *1* и *4*.

Такие же люнеты могут применяться и при шлифовании валков на вальцешлифовальных станках.

**Калибровка прокатных валков.** Калибром называется просвет в форме прокатываемого профиля, образованный двумя валками, установленными в прокатной клети, в рабочем положении (рис. 9.7).

Ручьем называется кольцевая вырезка на бочке валка. Выступы между ручьями называются буртами.

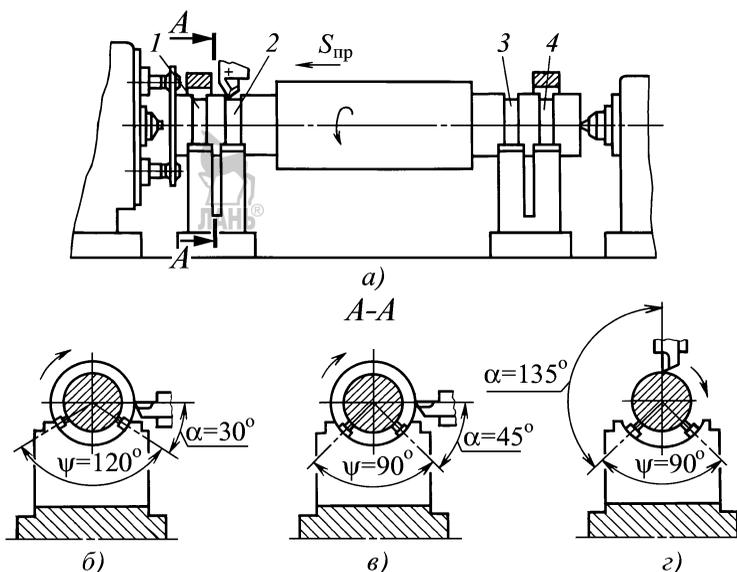
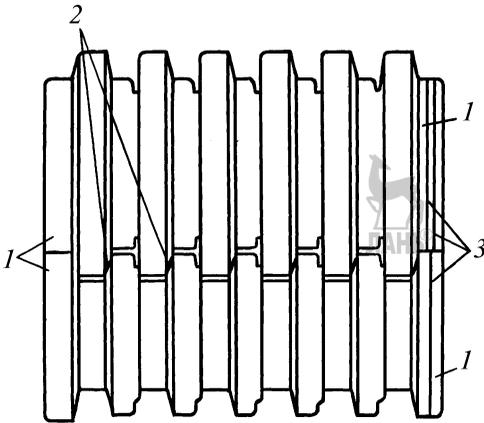


Рис. 9.6. Схемы (а) бесцентровой обработки валков в двухопорных люнетах и расположения вкладышей люнета и резца (б–г)

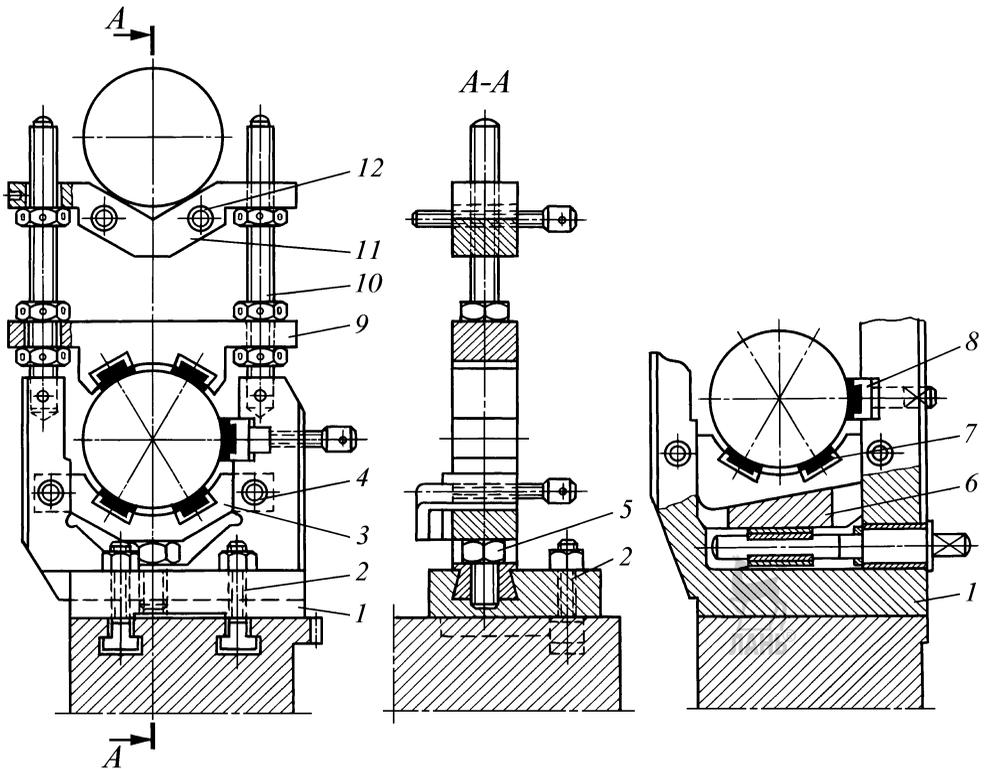


**Рис. 9.7. Посадка валка на валок:**

1 – крайние бурты;

2 – бурты калибров;

3 – маркировочные риски



**Рис. 9.8. Двойной люнет калибровочного вальцетокарного станка:**

1 – стойка; 2 – крепежные болты; 3 – нижняя подушка; 4 – винты горизонтального перемещения нижней подушки; 5 – винт вертикального перемещения подушки; 6 – сухарь вертикального перемещения подушки; 7, 8 – бронзовые или текстолитовые вкладыши; 9 – прижимная скоба; 10 – винты с ленточной резьбой; 11 – подушка для контрольного валка; 12 – винты горизонтальной фиксации контрольного валка

Различают открытые калибры, когда линия разреза валков находится в пределах его контура, и закрытые, когда она расположена за пределами контура калибра.

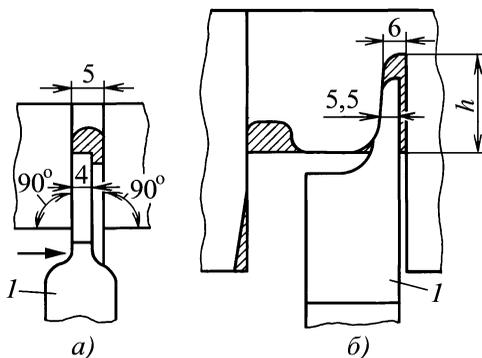
Вальцетокарные калибровочные станки оборудованы специальными люнетами для установки двух валков – обрабатываемого и уже обработанного парного с ним валка, по которому контролируется совпадение ручьев и буртов при обработке второго валка (рис. 9.8).

Правый и левый люнеты крепятся четырьмя болтами 2 к плите станины станка по обе стороны бочки валка, напротив его шеек.

Нижний, обрабатываемый, и верхний, контрольный, валки поддерживаются регулируемыми по высоте и в продольном направлении подушками 3 и 11. Вертикальное перемещение подушки 3 осуществляется посредством косо́го сухаря 6 и винта 5, а осевое – винтами 4.

Нижний валок соединяется гибкой муфтой со шпинделем станка и вращается во вкладышах 7 и 8. Последние предназначены для восприятия радиальной силы резания.

На рис. 9.9 показано использование фасонных перовых резцов при обработке ручьев стальных валков в "разгонку". Это предупреждает образование нароста на резце и возможность его поломки. Технологический процесс калибровки валков приведен в табл. 9.13.



**Рис. 9.9. Варианты врезания пера валка в "разгонку":**

- a* – вертикального участка ручья;  
*б* – пера рельса: 1 – перовой резец;  
*h* – глубина реза

### 9.13. Технологический процесс калибровки валков

Содержание операций	Примечания
<b>Настройка станка</b>	
Установка и проверка люнетов	Люнеты устанавливаются на расстоянии длины бочки, проверяется состояние вкладышей. Установка производится мостовым краном при участии стропальщика
Укладка и выравнивание валка в люнетах по оси станка в вертикальной и горизонтальной плоскостях	Рейсмусом проверяется высота центров (ВЦ). $ВЦ = D_{ш}/2 + a$ ; <i>a</i> – расстояние между шейкой и станиной с обоих концов валка
Закрывание верхних скоб люнетов и соединение левого тrefа с муфтой шпинделя	–
Проверка установки валка на ходу станка и креплений скоб люнетов	–



Окончание табл. 9.13

Содержание операций	Примечания
<b>Проточка бочки в размер и разметка калибров</b> Протачивание бочки Нанесение меловой линии Разметка калибров	Производится по чертежу на меловой черте металлической линейкой, начиная с левой стороны бочки. После проверки суммарной длины всех калибров на бочке помечают места буртов (Б) и калибров (К)
<b>Черновая и чистовая обработка калибров первого валка</b> Врезка крайних буртов планировочными резцами с припуском по ширине 5...10 мм и по диаметру 4...16 мм Черновая обработка ручьев, буртов, фасок и переходных поверхностей с припуском 0,5...1,0 мм	Обработка валков производится по шаговым шаблонам  —
Чистовая обработка калибров валка фасонными резцами Освобождение и съём валка со станка	Обработка выполняется с ручкой поперечной подачи резцов с проверкой по шаблонам  —
<b>Обработка второго валка</b> Установка и выверка второго валка в люнетах	—
Установка первого валка на верхних подушках люнетов и выверка по нижнему валку	Выверка в вертикальной плоскости производится по линейке, прикладываемой к торцам обоих валков, или по отвесу; в горизонтальной – отвесом по шейкам
Черновая и чистовая обработка буртов и ручьев на бочке второго валка	В процессе обработки верхний валок периодически приближается к нижнему для контроля совпадения расположения калибров. Профиль калибров проверяется шаблонами

Калибровка валков с применением контрольных валков требует высокой квалификации токаря.

Калибровка валков по шаблонам позволяет значительно сократить трудоемкость обработки. При этом даже возможно обрабатывать парные валки на разных станках одновременно.

На рис. 9.10 приведена схема калибровки многониточных валков по шаблонам. На валке с закрытыми частями калибров вытачивают первый ручей по шаблону № 1 (рис. 9.10, а), остальные ручьи – по шаговому шаблону № 2. Правильность расточки отдельных калибров контролируют по шаблону № 3.



## 9.14. Технологический маршрут обработки валов паровых турбин

№ операции*1	Содержание операции	Оборудование	Примечания
1	Проверка поковки, правка (по необходимости) и разметка с поворотом вала на 90°	Разметочная плита, призмы, линейки, рейсмус	Искривление вала допускается в пределах допуска на получистовую обработку
2	Подрезание торцов и центрование с двух сторон	Горизонтально-фрезерно-сверлильный станок, установочные призмы	Оставляются припуски для вырезки контрольных образцов и технологических баз
3	Предварительная токарная обработка (обдирка и протачивание шеек под люнеты)	Токарный станок, патрон, центры, люнеты	Обработка с припуском 10...15 мм, начная с больших диаметров; параметр шероховатость поверхностей шеек $Ra = 0,63 \dots 1,25$ мкм
4	Черновая и получистовая обработки центрального отверстия	Станок для глубокого сверления или токарный, призмы, патрон, люнеты	После растачивания осуществляется перископический контроль внутренней поверхности
5	Термообработка	Вертикальная печь	Нормализация или закалка с глубоким отпуском
6	Отрезка трех образцов (1-3) и их испытания	Дисковая пила или токарный станок с патроном и люнетами	На микроструктуру (1) и остаточные напряжения (3); механические испытания (2)
7*2	Черновое обтачивание с прорезкой бочек у кованых роторов	Токарный станок, патрон, люнет, технологический шарикоподшипник для люнета	На бочках обтачиваются точные пояски для базирования при растачивании центрального отверстия
8	Чистовое растачивание центрального отверстия и отверстия для центровой пробки	Станок для глубокого сверления или токарный, призмы, патрон, люнеты	В случае полости увеличенного диаметра в средней части вала применяется копирное приспособление

Окончание табл. 9.14

№ операции*	Содержание операции	Оборудование	Примечания
9	Получистовое обтачивание с вырезкой кольца для проверки остаточных напряжений	Токарный станок с люнетом, технологический шарикоподшипник	Припуск для окончательной обработки 2...4 мм на сторону
10	Тепловые испытания с нагревом до 180...200 °С при вращении шпинделя с частотой вращения 3...4 мин <sup>-1</sup>	Токарный станок, оборудованный электропечью и приборами контроля	Скорость нагрева до 40 °С/ч, допустимый прогиб вала ≤ 0,05 мм. При большем прогибе необходима повторная термообработка
11	Чистовое обтачивание под шлифование с подрезанием уступов и зачисткой торцов	Токарный станок с индикаторными упорами и люнетами, мерные планки-штихмассы	Допуски по длине уступов 0,02...0,1 мм, точность обработки диаметров по 6–7-му квалитетам
12	Разметка шпоночных пазов и отверстий	Разметочная плита, призмы и разметочный инструмент	—
13	Фрезерование шпоночных пазов и сверление отверстий	Вертикально-шпоночно-фрезерный горизонтально-расточный станок, призмы, кондукторы	Фрезерование в два приема с проверкой размеров и расположения пазов калибрами
14	Предварительное и окончательное наружное шлифование	Круглошлифовальный станок с центрами и люнетами или токарный со шлифовальным приспособлением, центровые вставки и люнеты	В шпоночные пазы вставляются текстоликовые или деревянные вставки. Припуск на чистовое шлифование 0,04...0,05 мм
15	Снятие заусенцев и слесарная доработка	Разметочная плита	—
	Окончательная приемка вала с контролем трением на флокены	Разметочная плита, призмы и набор контрольных приспособлений и инструментов	Контроль размеров и биения шеек и поверхностей ротора проводится на шлифовальном станке после остывания вала заготовок.

\*<sup>1</sup> Операции 1, 2, 3, 4, 5, 6, как правило, выполняются на предприятии-поставщике заготовок.\*<sup>2</sup> После черновой обработки проводится термообработка для снятия внутренних напряжений.

Точное подрезание уступов вала производится по индикаторному упору. Скоба крепится к направляющим станины. В гнездо скобы устанавливается индикатор, измерительный стержень которого соприкасается с упором. Поверхность его плоской головки закалена (51,5...56 HRC) и отшлифована ( $Ra = 0,32...0,63$  мкм). Необходимые расстояния выдерживаются посредством соответствующих микрометрических или жестких штихмассов.

Чистовая обработка цилиндрических поверхностей производится шлифованием или тонким точением. При этом вал устанавливается одним концом в четырехкулачковый патрон, а другим концом с насаженным роликовым подшипником – в дюнет. Точность установки контролируется по опорным шейкам, допуск биения которых не должен превышать 0,02 мм.

**Обработка крупных коленчатых валов.** Валы крупных дизелей и компрессоров изготавливают из поковок. В большинстве случаев шатунные шейки в заготовке не формируются, и металл внутри колена вырезается при механической обработке.

Заготовка коленчатых валов может быть получена путем высадки фланцев и гибки колен. При этом получается значительная экономия металла и трудозатрат при механической обработке. В некоторых случаях применяются также заготовки сварные, сборные и литые из высокопрочного чугуна.

Точность обработки шеек по 6–7-му качествам с овальностью в пределах допуска и с допуском биения 0,03...0,05 мм; параметр шероховатости  $Ra = 0,08...0,32$  мкм.

Кроме размеров и допуска биения шеек и фланцев контролируется отклонение от параллельности коренных и шатунных шеек, их угловое расположение и ряд других параметров. В частности, большое значение имеет отклонение от параллельности шеек и отсутствие их разворота. Допускаемая величина разворота должна быть не более 0,05 мм.

В целях устранения внутренних напряжений в переходных поверхностях вала проходят нормализацию: отжиг и поверхностную закалку шеек. Твердость коренных и шатунных шеек после термической обработки должна быть в пределах 53...63 HRC.

Типовой технологический маршрут обработки крупных коленчатых валов приведен в табл. 9.15.

Наиболее сложной операцией при обработке коленчатых валов является обтачивание шатунных шеек. Ее целесообразно выполнять на станке с вращающимся суппортом при неподвижном вале (рис. 9.12).

Вал закрепляется двумя коренными шейками на призмах стоек 1. Суппорт 2 подводится к обрабатываемой шатунной шейке, перемещаясь в поперечном направлении по салазкам 3. Кольцо 4 с зубчатым ободом получает вращение от электродвигателя через червяк 5. Внутри кольца по салазкам 6 могут перемещаться два корпуса-резцедержателя 7. После установки вала ось вращающегося кольца совмещается с осью подлежащей обработке шейки. Для этого вал поворачивается вокруг своей оси, а корпус суппорта 2 передвигается в поперечном направлении. Установка проверяется скобой 8, которая измеряет расстояние от накерненного центра или отверстия шатунной шейки до внутреннего пояса на вращающемся кольце 4.

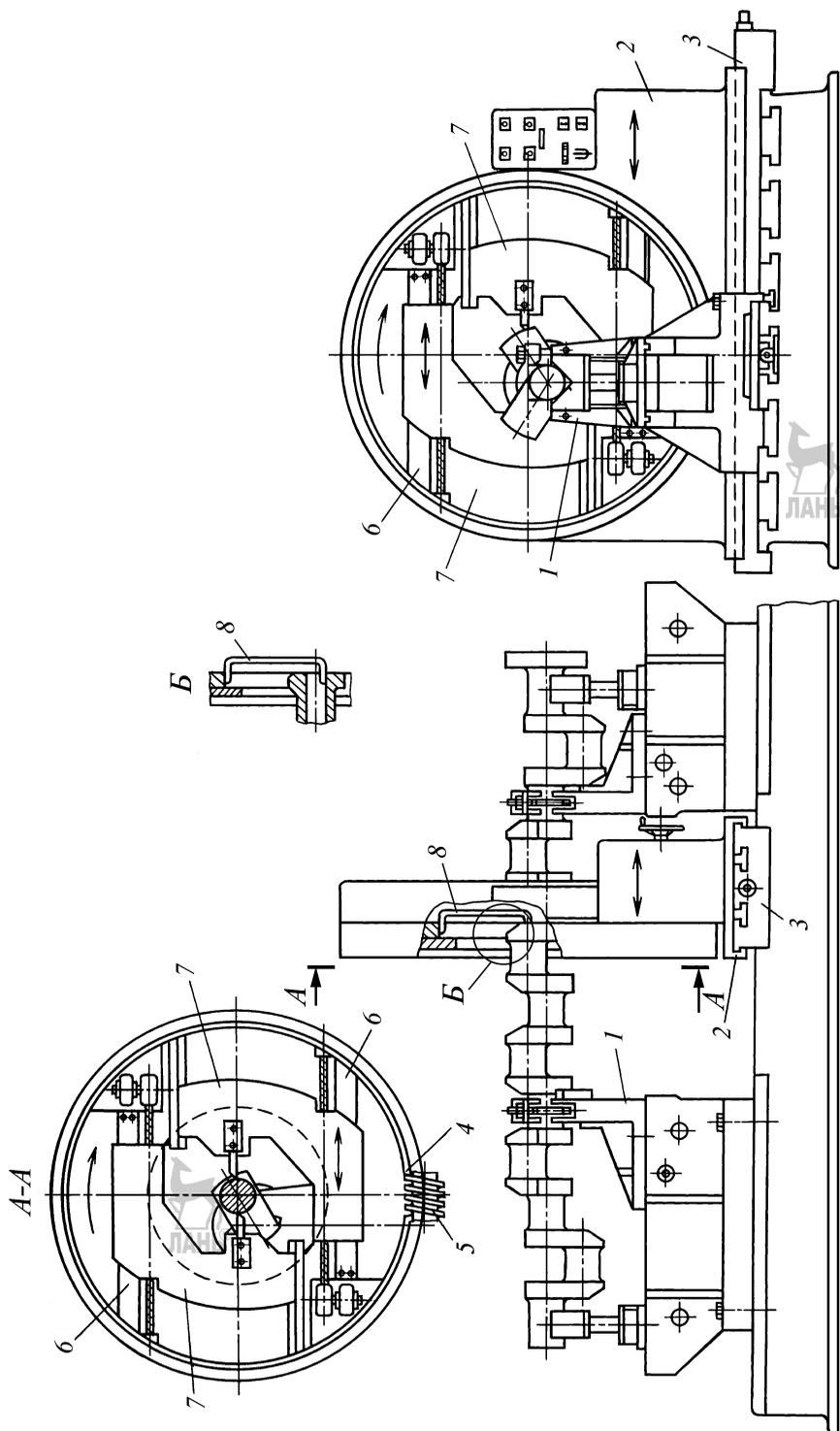


Рис. 9.12. Обтачивание шатунных шеек вала на станке с вращающимся суппортом

### 9.15. Технологический маршрут обработки крупных коленчатых валов

Содержание операции	Оборудование
Проверка поковки, правка, по необходимости разметка	Разметочная плита, призмы и домкраты
Фрезерование и центрование торцов по разметке	Горизонтально-расточный или горизонтально-сверлильный станок, призмы, домкраты
Черновое обтачивание фланца, коренных шеек и прилегающих поверхностей щек	Токарный станок, центры, люнеты* <sup>1</sup>
Предварительное фрезерование или строгание боковых поверхностей и углов щек	Универсально-расточный или поперечно-строгальный станок, призмы под коренные шейки
Разметка контура шатунных шеек, их центров и отверстий для удаления материала колен	Разметочная плита, призмы, домкраты
Вырезка металла в коленах по разметке	Радиально-сверлильный и долбежный станки, дисковая пила
Черновое обтачивание шатунных шеек и прилегающих поверхностей щек	Специальный станок или токарный, оборудованный вращающимся суппортом* <sup>2</sup>
Сверление и растачивание коренных и шатунных шеек	Универсально-расточный станок, люнет, призмы
Термообработка (отпуск) для снятия внутренних напряжений	Электропечь * <sup>3</sup>
Чистовое растачивание отверстий в коренных шейках и посадочных мест для центровых пробок	Универсально-расточный станок, призмы, люнет
Чистовое обтачивание коренных шеек, фланца и переходных поверхностей, чистовое подрезание щек	Токарный станок, центровые пробки, люнет
Разметка под обработку отверстий шатунных шеек и щек	Разметочная плита
Чистовое фрезерование или строгание боковых плоскостей колен	Универсально-расточный или поперечно-строгальный станок
Чистовое растачивание отверстий в шатунных шейках	Универсально-расточный станок, призмы
Чистовое обтачивание шатунных шеек, переходных поверхностей и подрезка внутренних сторон щек	Специальный станок или токарный, оборудованный вращающимся суппортом* <sup>2</sup>

Окончание табл. 9.15

Содержание операции	Оборудование
Разметка шпоночных пазов и отверстий, центровых линий для установки кондуктора	Разметочная плита, призмы
Сверление смазочных отверстий во фланце, фрезерование шпоночных пазов	Радиально-сверлильный и универсально-расточный станки, призмы, кондуктор
Отделка коренных шеек	Токарный станок, оборудованный шлифовальной головкой или приспособлением для суперфиниширования* <sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> В первую очередь обтачивают центральную шейку, и на ней устанавливают люнет.

\*<sup>2</sup> Валы средних размеров обрабатывают на токарных станках с бугелями.

\*<sup>3</sup> Нагрев до 650 °С.

\*<sup>4</sup> При наличии круглошлифовального станка достаточных габаритов шейки шлифуются.

При отсутствии такого станка обточку шатунных шеек выполняют на токарном станке с применением бугелей и распорок (рис. 9.13).

Диски-бугели устанавливают на вал, расположенный на разметочной плите, тщательно выверяя их угловое положение по разметке. Необрабатываемые в данной установке мотыли скрепляются планками 4 и болтами для увеличения жесткости вала.

У валов с полыми шейками до промежуточной термообработки сверлят и растачивают отверстия на расточном или горизонтально-сверлильном станке. После термообработки растачивают пояски в отверстиях коренных шеек по концам вала. В эти пояски вставляют центровые пробки для последующей обработки вала в центрах.

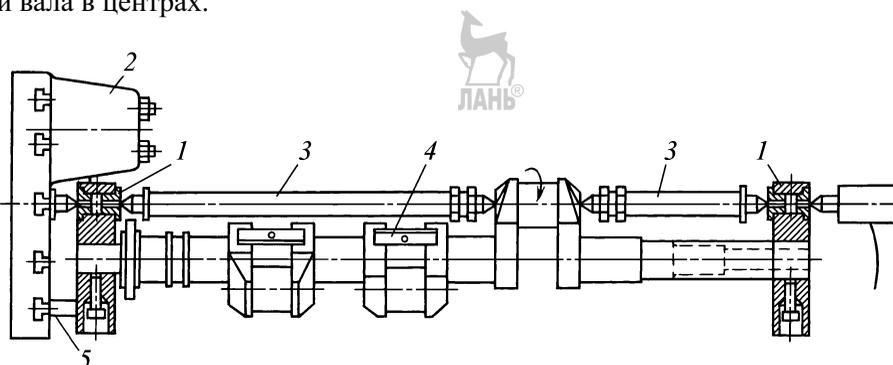
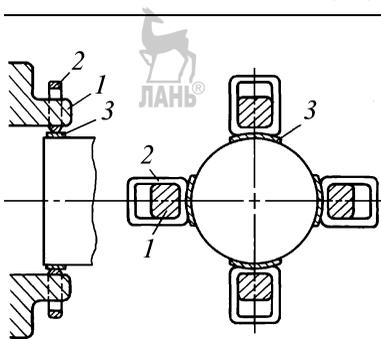


Рис. 9.13. Схема обтачивания шатунных шеек на токарном станке:

1 – центросмесители; 2 – противовес; 3 – распорки; 4 – планки; 5 – поводок



**Рис. 9.14. Схема закрепления вала в патрон при чистовом обтачивании:**

1 – кулачок патрона; 2 – рамка;  
3 – прокладка

В процессе токарной обработки валов сложной конфигурации легко возникают деформации при зажиме в центрах и от действия собственного веса.

При установке на станок один конец вала закрепляют в патроне (рис. 9.14).

На кулачки 1 надевают рамки 2. Сторона рамки, соприкасающаяся с шейкой вала, имеет полукруглое сечение и изогнута по радиусу шейки. Этим осуществляется гибкая связь между валом и шпинделем станка. Между рамкой и шейкой располагается медная прокладка 3. Другой конец вала подпирают центром задней бабки. После обточки ближайшей к заднему центру шейки под нее подводят люнет и отводят задний центр, предотвращая тем самым деформации от осевого давления.

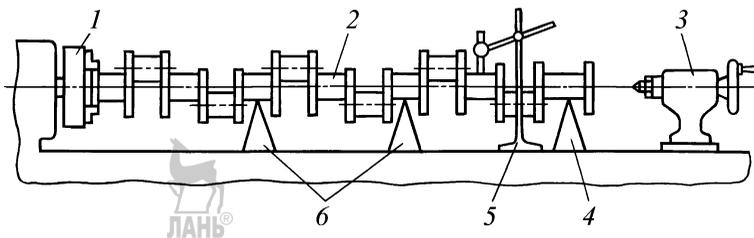
Затем обтачивают поочередно другие шейки под люнет. При обточке средних шеек люнету устанавливают как можно ближе к ним. Последние переходы часто ведут резцами с широкой режущей кромкой при глубине 0,1 мм и подаче 10...15 мм/об. Переходные поверхности обрабатывают широкими фасонными резцами.

Рабочие шейки валов в условиях мелкосерийного производства обрабатывают полированием или микрошлифованием на токарных станках.

**Ремонт коленчатых валов.** При ремонте протачиваются изношенные шейки валов с целью устранения отклонения от круглости и профиля продольного сечения.

Валы устанавливаются на токарном станке в патроне 1 и люнете 4 со стороны задней бабки 3 (рис. 9.15). Положение правого конца вала контролируется подведением заднего центра. После закрепления шейки в люнете центр отводится для предупреждения деформации вала от осевого зажима. Допуски на биение крайних коренных шеек должны быть не более 0,02 мм.

Под средние коренные шейки 2 подводятся два-три люнета 6 и контролируется отклонение от параллельности внутренних шеек шатунных шеек, которое при измерении микрометрическим штихмасом не должно превышать 0,02...0,03 мм.



**Рис. 9.15. Установка коленчатого вала при протачивании шеек в процессе ремонта**

У жестких валов проверяется расстояние от станины до верхней образующей шеек посредством индикатора 5 на стойке.

После выверки вала протачивается поясок под люнет на средней шейке и устанавливается первый люнет, а затем второй. Так последовательно протачиваются все коренные шейки с поочередной перестановкой люнетов. Проточенные шейки должны иметь допуск на биение не более  $0,03 \dots 0,05$  мм в зависимости от размеров и назначения коленчатого вала. После проточки шейки шлифуются с помощью шлифовального приспособления на токарном или круглошлифовальном станке. Шатунные шейки обрабатываются резцом, закрепленным на вращающемся суппорте (см. рис. 9.12).



# Глава 10

## ОБРАБОТКА РЕЗЬБ

### 10.1. НАСТРОЙКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Настройка универсального токарно-винторезного станка на нарезание резьбы сводится к настройке приводов главного движения и движения подачи.

Настройка коробки подач на шаг нарезаемой резьбы в большинстве случаев осуществляется с помощью таблицы, укрепленной на станке, или по паспорту. Рукоятки управления коробки подач устанавливают в положение, указанное в таблице, а реверс ходового винта – в положение, соответствующее нарезанию правой или левой резьбы, и при необходимости включают звено увеличения шага резьбы. Вращение от коробки подач сообщается ходовому винту, а включение продольного перемещения суппорта с резьбовым резцом происходит при замыкании разъемной маточной гайки.

При нарезании резьбы повышенной точности или с нестандартным шагом настройка цепи продольной подачи требует выполнения предварительных расчетов, иногда довольно сложных (например, при настройке винторезной цепи не коробкой подач, а гитарой сменных колес). В современных универсальных токарных станках предусмотрена возможность полного отключения коробки подач; ведомый вал гитары при этом соединяется напрямую с ходовым винтом станка. В этих случаях требуется подобрать сменные колеса из имеющихся в комплекте станка или изготовить дополнительные. Подбор числа зубьев сменных колес можно вести двумя способами.

При первом способе рычаги коробки подач ставятся в положение, при котором нарезаемый шаг равен шагу ходового винта станка. Таким образом, передаточное число равно шагу нарезаемого винта, деленному на шаг ходового винта. В случаях, когда числитель или знаменатель передаточного числа простой дроби будет иметь множители, неудобные для преобразования их в числа зубьев сменных зубчатых колес, расчет следует вести по таблицам передаточных чисел.

При втором способе подбор сменных колес осуществляется по одному из передаточных чисел сменных колес, имеющихся в наличии (хотя бы и с других станков), или по передаточному числу коробки подач.

Если необходимо изготовить резьбу с малыми допусками по шагу, а ходовой винт станка имеет погрешность при изготовлении, то подбор выполняют приближенными методами.

**Пример.** Нарезать винт с шагом  $8,5 \pm 0,001$  мм на станке с шагом ходового винта 12 мм. Точный шаг ходового винта равен 11,99 мм, а не 12 мм. Тогда передаточное число  $\frac{8,5}{11,9} = 0,708924$ . По таблицам подбора зубчатых колес находят соотношение  $0,708927 = 945 : 1333$ . Это соотношение после разложения на

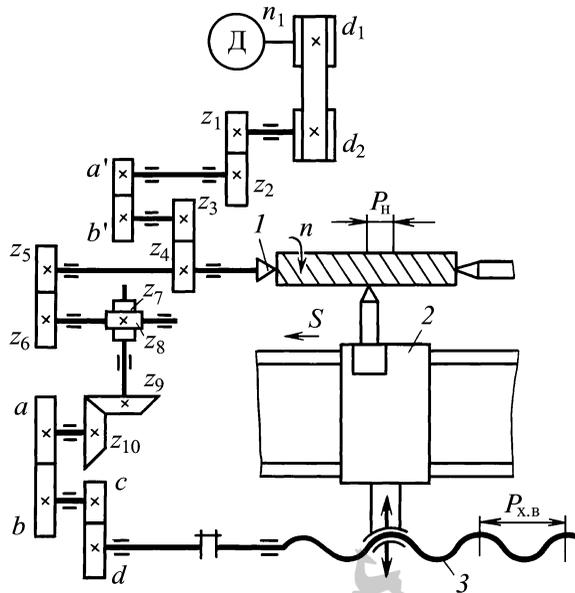


Рис. 10.1. Кинематическая схема токарно-винторезного станка

множители имеет вид  $\frac{945}{1333} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{31 \cdot 43}$ . По множителям подбирают сменные зубчатые колеса.

Кинематическая схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке показана на рис. 10.1. Главное движение – вращение шпинделя с заготовкой *I* осуществляется от электродвигателя Д через ременную передачу со шкивами *d*<sub>1</sub> и *d*<sub>2</sub>, зубчатые колеса *z*<sub>1</sub> и *z*<sub>2</sub>, сменные зубчатые колеса *a'* и *b'*, зубчатые колеса *z*<sub>3</sub> и *z*<sub>4</sub>.

Продольное перемещение резца – движение подачи – производится передачей вращения от шпинделя через зубчатые колеса *z*<sub>5</sub> и *z*<sub>6</sub>, винтовые конические колеса *z*<sub>7</sub> и *z*<sub>8</sub>, *z*<sub>9</sub> и *z*<sub>10</sub>, сменные зубчатые колеса *a* и *b*, *c* и *d* к ходовому винту 3. Вращательное движение ходового винта преобразуется в поступательное перемещение суппорта 2 с резцом.

Для нарезания резьбы настраивают кинематические цепи главного движения и подачи так, чтобы заданной частоте вращения заготовки, мин<sup>-1</sup>, соответствовал определенный шаг нарезаемой резьбы *P*<sub>н</sub>, мм. Конечными элементами цепи главного движения является электродвигатель с частотой вращения *n*<sub>1</sub>, мин<sup>-1</sup>, и шпиндель с частотой вращения *n*, мин<sup>-1</sup>. Передаточное число кинематической цепи  $u = n/n_1 = u_1 u_2 u_{см} u_3$ , где  $u_1 = d_1/d_2$  – передаточное число ременной передачи (*d*<sub>1</sub>, *d*<sub>2</sub> – диаметры шкивов);  $u_2 = z_1/z_2$ ;  $u_3 = z_3/z_4$  – передаточное число зубчатых передач;  $u_{см} = a'/b'$  – передаточное число сменных зубчатых колес. Настройка кинематической цепи главного движения сводится к подбору чисел зубьев сменных колес *a'* и *b'*, так как остальные элементы кинематической цепи являются неизменными (*u*<sub>пост</sub>):

$$u_{\text{см}} = \frac{n_1 u_1 u_2 u_3 n_1 n_{\text{пост}}}{n_1 u_1 u_2 u_3 n_1 n_{\text{пост}}} = \frac{a'}{b'}$$

Используя набор сменных колес  $a'$  и  $b'$ , определяют конкретные сочетания их чисел зубьев для получения нужной частоты вращения заготовки.

Для настройки кинематической цепи подачи необходимо составить уравнение кинематической цепи от шпинделя 1 к суппорту 2, который перемещается от ходового винта с шагом  $P_{\text{х.в}}$ , мм. Шпиндель и суппорт являются конечными элементами кинематической цепи, которая определяется зависимостью одного оборота шпинделя от перемещения суппорта на шаг  $P_{\text{н}}$  нарезаемой резьбы:

$$1 \text{ об. шп} \frac{z_5 z_7 z_9}{z_6 z_8 z_{10}} \frac{a c}{b d} P_{\text{х.в}} = P_{\text{н}}$$



Это уравнение называется уравнением кинематического баланса, где  $(a/b)(c/d) = u_{\text{см}}$  – передаточное число сменных зубчатых колес гитары подачи. Подбором сменных зубчатых колес  $a, b, c, d$  заканчивают настройку кинематической цепи движения подачи. Таким образом, настройка кинематической цепи движения подачи сводится к подбору сменных зубчатых колес, так как остальные элементы известны и постоянны ( $u_{\text{пост}}$ ), поэтому  $u_{\text{см}} = P_{\text{н}}/u_{\text{пост}}$ . Зависимость

$$u_{\text{см}} = \frac{P_{\text{н}}}{u_{\text{пост}} P_{\text{х.в}}}$$

используется при нарезании метрической резьбы с шагом  $P_{\text{н}}$ , мм.

При нарезании дюймовой резьбы шаг определяется числом ниток  $k$  резьбы на один дюйм длины заготовки, т.е.  $P_{\text{н}} = 25,4/k$ ; в этом случае  $u_{\text{см}} = 25,4/ku_{\text{пост}}$ .

При нарезании модульной резьбы шаг определяется значением модуля  $m$ , мм, т.е.  $P_{\text{н}} = \pi m$ ; в этом случае  $u_{\text{см}} = \pi m/u_{\text{пост}}$ .

При нарезании питчевой резьбы шаг зависит от значения питча  $p''$ , т.е.  $P_{\text{н}} = \pi/p''$  (в дюймах); в этом случае  $u_{\text{см}} = \pi 25,4/u_{\text{пост}}$ .

Число 25,4 представляют дробью  $127/5$ , и поэтому в набор сменных зубчатых колес включают колесо  $z = 127$ , а  $\pi$  заменяют отношением  $\pi = 22/7$ . Подбор остальных сменных колес производится по методу разложения на множители.

В станке 16К20 при нарезании метрических и дюймовых резьб устанавливают следующие сменные зубчатые колеса:  $(a/b)(c/d) = (40/86)(86/64)$ . Переход от нарезания метрической резьбы на нарезание дюймовой производят включением зубчатых колес  $(38/34)(30/33)$  в коробке подач.

Если установить в гитаре подач комбинацию  $(a/b)(c/d) = (60/86)(86/48)$ , то можно нарезать метрические и дюймовые резьбы с шагом, вдвое больше табличного.

Для настройки гитары сменных зубчатых колес на нарезание резьбы с шагом, не предусмотренным таблицами станка, пользуются формулой  $(a/b)(c/d) = (5/8)(P_{\text{н}}/P_{\text{т}})$ , где  $P_{\text{т}}$  – табличное значение шага резьбы, ближайшее к  $P_{\text{н}}$ , мм.

При установке  $(a/b)(c/d) = (60/73)(86/36)$  можно нарезать модульные и питчевые резьбы. При нарезании резьб с шагом, не предусмотренным таблицами станка, пользуются формулами:

для модульной резьбы  $(a/b)(c/d) = (60/73)(86/36)m_n/m_t$ ;

для питчевой резьбы  $(a/b)(c/d) = (60/73)(86/36)P_n''/P_t''$ , где  $m_n$  и  $P_n''$  – соответственно модуль и питч нарезаемой резьбы, а  $m_t$  и  $P_t''$  – соответственно табличные значения модуля и питча, близкие к  $m_n$  и  $P_n''$ .

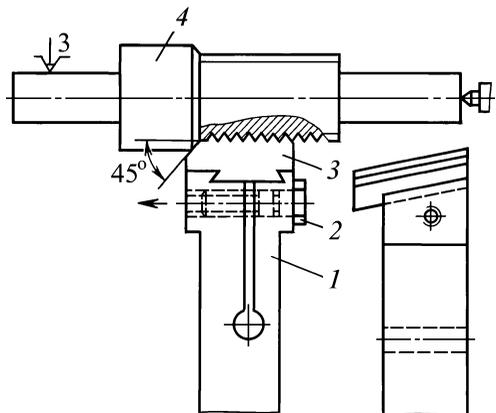
## 10.2. НАРЕЗАНИЕ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

При изношенном ходовом винте и разъемной гайке станка нарезание резьбы сопровождается негативными факторами: на входе в заготовку резец притормаживает движение каретки и первая нитка резьбы получается утолщенной; на выходе из заготовки резец освобождается от нагрузки и происходит скачок подачи, из-за чего последняя нитка резьбы получается утолщенной; по этой же причине первые и последние шаги резьбы бывают "растянутыми".

Чтобы исключить влияние этих факторов, необходимо в момент начала и окончания резания притормаживать вручную маховик продольной подачи каретки (устраняется зазор между ходовым винтом и разъемной гайкой); если резьба нарезается в партии заготовок, операцию следует разделить на две – черновую и чистовую. Перед чистовым нарезанием резьбы резец затачивается заново или заменяется.

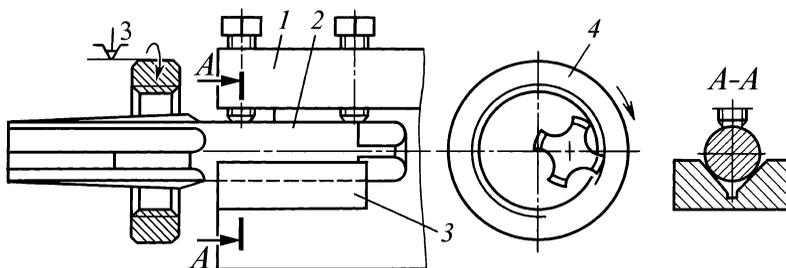
При нарезании резьбы скоростным методом твердосплавным резцом необходимо отключить маховик каретки или снять его. Маховик, не отсоединенный от рейки, своей массой создает инерционность, т.е. притормаживание на входе и разгон на выходе, что приводит к утолщению первой и последней ниток резьбы.

Для повышения производительности при нарезании наружных резьб на токарном станке у заготовок с несимметричным припуском или тонкостенных трубчатых можно применять призматическую плашку от резьбонарезной головки, используя ее как гребенку (рис. 10.2) с принудительной подачей.



**Рис. 10.2. Схема использования плашки от резьбонарезной головки:**

1 – державка; 2 – винт; 3 – плашка;  
4 – заготовка



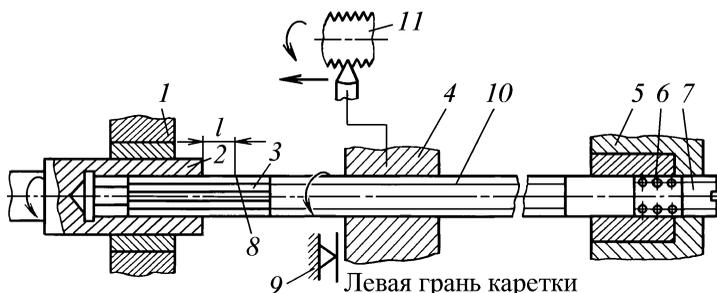
**Рис. 10.3. Схема использования метчика как гребенки для нарезания резьбы:**

1 – резцедержатель; 2 – метчик; 3 – призма; 4 – заготовка

Плашка дополнительно затачивается под углом  $45^\circ$ , чтобы образовалась режущая кромка, которая при первом переходе обтачивает заготовку до требуемого диаметра с одновременным черновым нарезанием резьбы (станок настраивается на заданный шаг резьбы). При втором переходе резьба нарезается окончательно. Для применения этого инструмента нарезаемая резьба должна быть сквозной или иметь сбеги, равный ширине плашки.

Внутренние резьбы на проход можно нарезать, используя гаечный метчик как гребенку. Для этого метчик устанавливают на призме в резцедержателе станка таким образом, чтобы одно из его перьев располагалось горизонтально (рис. 10.3). Станок настраивается на шаг резьбы метчика. После включения автоматической подачи от ходового винта перо метчика нарезает резьбу в гайке на полную глубину за один переход. Затупившееся перо (гребенка) метчика заменяется путем простого поворота метчика на призме.

Скоростное нарезание наружных и внутренних резьб при движении суппорта до упора без применения приспособлений, отбрасывающих резец в конце перехода, возможно при несложной модернизации станка (рис. 10.4): один конец ходового винта связывается с валом коробки подач посредством подвижного шлицевого соединения; второй его конец своей удлиненной цапфой входит в задний опорный подшипник и постоянно поджимается влево пружиной.



**Рис. 10.4. Схема нарезания резьбы в упор:**

1 – корпус коробки подач; 2 – ведущий вал; 3 – шлицевой конец ходового винта; 4 – разъемная гайка; 5 – кронштейн; 6 – пружина; 7 – винт; 8 – метка; 9 – упор; 10 – ходовой винт; 11 – заготовка

Если при нарезании резьбы суппорт дойдет до упора 9, установленного на передней направляющей, то разъемная гайка 4 на мгновение остановится, а ходовой винт 10, продолжая вращаться, ввинтится в гайку и начнет двигаться вправо, выходя из вала 2 и сжимая пружину 6. Токарь, заметив, что винт начал выдвигаться из вала по увеличению зазора 1, переключает рукоятку реверса на обратное вращение шпинделя. Винт начинает вращаться в обратную сторону и, вывинчиваясь из гайки, занимает свое начальное положение (до упора в вал коробки подачи). После этого суппорт перемещается в исходное положение, что исключает поломку резца или винтового механизма подачи.

### 10.3. НАРЕЗАНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ, ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ И МНОГОЗАХОДНЫХ РЕЗЬБ

Нарезание резьбы прямоугольного и трапецеидального профиля имеет ряд особенностей по сравнению с нарезанием резьбы треугольного профиля. Прямоугольные и трапецеидальные резьбы часто бывают многозаходными, поэтому угол подъема  $\mu$  винтовой линии этих резьб может значительно превышать углы подъема винтовой линии треугольной резьбы и достигать  $40^\circ$ .

Резьбы прямоугольного и трапецеидального профиля нарезают стержневыми резцами, профиль которых должен строго соответствовать профилю, образуемому при пересечении винтовой поверхности резьбы с передней поверхностью резца. Главную режущую кромку выполняют параллельно оси нарезаемой резьбы; передний угол резца  $\gamma = 0$ , а задний  $\alpha = 6 \dots 8^\circ$ . Для обеспечения нормальных условий резания необходимо, чтобы действительный задний угол составлял не меньше  $3^\circ$ .

При нарезании правой резьбы задний угол у левой режущей кромки резца должен быть на  $2^\circ$  больше угла подъема винтовой линии резьбы, а вспомогательный задний угол – у правой режущей кромки  $3^\circ$ ; при нарезании левой резьбы значения этих углов изменяются на противоположные.

Наибольшее распространение получили два способа установки резца при нарезании резьб с углом подъема винтовой линии  $\mu > 40^\circ$  (рис. 10.5).

При первом способе главную режущую кромку устанавливают параллельно оси детали (рис. 10.5, а), что позволяет нарезать резьбу, профиль которой совпадает с профилем резца. Недостаток этого способа – неодинаковые условия работы боковых режущих кромок резца. Угол резания у правой боковой кромки больше  $90^\circ - \gamma_{\text{п}}$  ухудшает условия резания этой кромкой. Для устранения этого

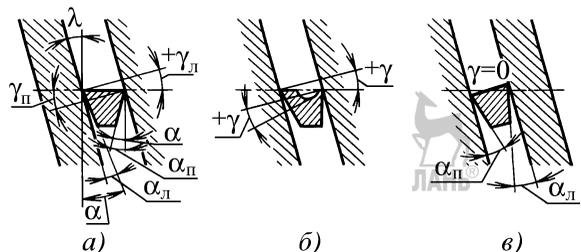
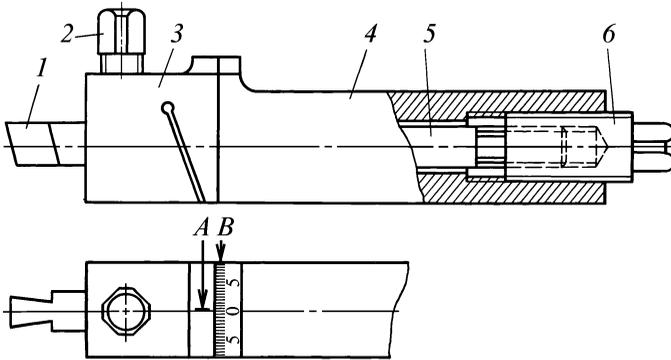


Рис. 10.5. Способы установки резца при нарезании резьбы с углом подъема винтовой линии  $\mu > 40^\circ$



**Рис. 10.6. Державка с поворотной головкой для резьбового резца:**

1 – резец; 2 – винт; 3 – головка резца; 4 – корпус; 5 – стержень; 6 – винт

недостатка на передней поверхности вдоль режущей кромки выполняют канавку (рис. 10.5, б). Однако при этом ослабляется сечение режущей кромки и снижается ее стойкость. Кроме того, с увеличением угла подъема винтовой линии нагрузка на резец возрастает и он начинает отклоняться влево и вниз, что может привести к образованию неполного профиля резьбы. Поэтому этот способ установки применяется при нарезании резьб с шагом 3...4 мм, а также при выполнении чистовых переходов (снимаемый припуск 0,2...0,3 мм). Главную режущую кромку устанавливают точно на линии центров станка с помощью шаблона.

При втором способе (рис. 10.5, в) главную режущую кромку резца устанавливают перпендикулярно винтовой линии. В этом случае обе боковые режущие кромки находятся в одинаковых и более благоприятных условиях работы. Недостатком этого способа является искажение профиля резьбы, которое тем больше, чем больше угол подъема винтовой линии. Его применяют при черновых переходах для снятия больших припусков.

Для точной установки головки резца применяют специальную державку (рис. 10.6). Головка резца 1 может перемещаться относительно корпуса. Фиксируют головку в нужном положении (по риску А относительно шкалы В) винтом 6, который навинчивают на стержень головки по резьбе с крупным шагом и ввинчивают в корпус 4 по резьбе с мелким шагом. Такое устройство позволяет надежно закреплять головку резца в нужном положении. Резец крепят в корпусе 3 винтом 2. Иногда головку резца выполняют с прорезью, которая позволяет резцу незначительно отжиматься, что повышает качество обработанной поверхности.

*Трапецидальные резьбы* с шагом более 3...4 мм нарезают двумя способами. При первом способе канавочным резцом, ширина которого на 0,1...0,2 мм меньше ширины профиля резьбы, прорезают винтовую канавку с внутренним диаметром, равным внутреннему диаметру нарезаемой резьбы; затем винтовой канавке придается форма трапеции (правым и левым резцами), ширина основания которой по наружному диаметру резьбы на 0,3...0,4 мм меньше требуемой; окончательную обработку боковых поверхностей резьбы проводят резцом с полным профилем.

При втором способе трапецеидальным резцом прорезают профильную канавку, ширина которой по среднему диаметру резьбы на 0,3...0,4 мм меньше требуемой; затем эту канавку прорезают резцами на глубину до воображаемой поверхности внутреннего диаметра резьбы; окончательную обработку боковых поверхностей резьбы выполняют резцом с полным профилем.

Сокращение трудоемкости и повышение производительности обработки в 3...5 раз обеспечивается при нарезании червяков крупного модуля (больше 12 мм) методом вырезки витков. Сущность метода состоит в том, что верхние салазки суппорта разворачиваются влево на угол, равный половине угла профиля резьбы ( $20^\circ$  для модульной резьбы), и за несколько переходов узким прорезным резцом прорезается канавка с наклоном вправо (рис. 10.7). Затем верхние салазки разворачиваются под таким же углом в противоположную сторону, и прорезается канавка с наклоном влево. При последних переходах освобождается вырезанная спираль треугольного сечения, которая после остановки станка свинчивается. Обработку целесообразно вести при обратном вращении шпинделя перевернутым прорезным резцом. Окончательные один-два перехода для калибрования резьбы выполняются обычным резьбовым резцом соответствующего профиля.

Данный метод обеспечивает увеличенный срок эксплуатации разъемной гайки и резко сокращает число переходов.

Винтовые канавки *многозаходных резьб* обрабатывают способами, применяемыми при нарезании однозаходных резьб соответствующего профиля. Точность деления винтовых канавок в соответствии с числом заходов обеспечивается при нарезании резьбы на валиках, устанавливаемых в центрах, поводковым патроном с вырезами для нарезания двух-, трех- и четырехзаходной резьб (рис. 10.8, а) или градуированным патроном (рис. 10.8, б), на поводковой части которого нанесены деления. Поводковая часть поворачивается относительно корпуса на  $180^\circ$  при двухзаходной, на  $120^\circ$  при трехзаходной и на  $90^\circ$  при четырехзаходной резьбе (т.е. угол поворота  $\delta = 360^\circ/Z$ , где  $Z$  – число заходов) и фиксируется в нужном положении гайками.

Для перехода от нарезания одной винтовой канавки к другой в соответствии с числом заходов используют

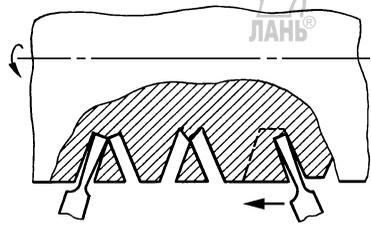


Рис. 10.7. Схема метода вырезки витков при нарезании червяков крупного модуля

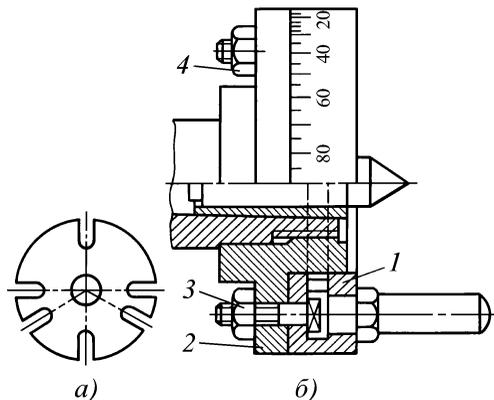
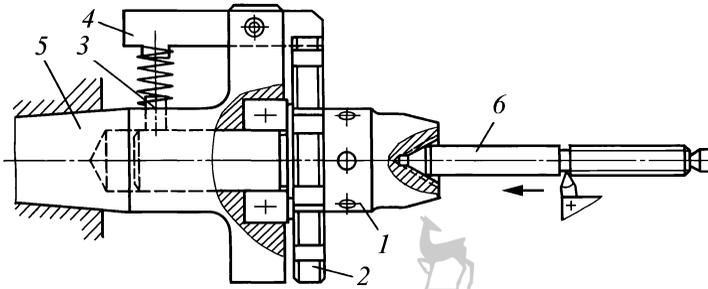


Рис. 10.8. Поводковый (а) и градуированный (б) патрон для нарезания многозаходных резьб: 1 – поводок; 2 – корпус; 3, 4 – гайки



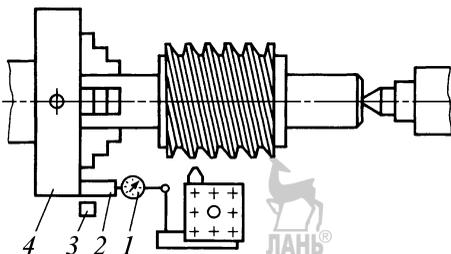
**Рис. 10.9. Делительный поводок с обратным центром:**

1 – поводок; 2 – делительный диск; 3 – штифт; 4 – фиксатор; 5 – конус Морзе;  
6 – заготовка

верхний суппорт станка, направляющие которого устанавливают параллельно оси заготовки. После нарезания первой винтовой канавки резец отводят от заготовки и перемещают его вдоль заготовки на шаг резьбы. Для определения величины перемещения резца используют лимб винта верхних салазок суппорта, набор мерных плиток, индикатор, делительное кольцо и др.

Делительный поводок с обратным центром (рис. 10.9) позволяет нарезать резьбы с числом заходов 2, 3, 4, 6, 12 за счет того, что делительный диск, расположенный на поводке, имеет двенадцать прорезей, равномерно расположенных на наружной поверхности. Положение поводка 1 относительно корпуса фиксируется рычажным подпружиненным фиксатором 4. Корпус поводка коническим хвостовиком устанавливается в шпиндель станка.

Плоскопараллельные концевые плитки и индикатор обеспечивают деление многозаходной резьбы на заходы более точно. Для этого после нарезания первого захода (нитки), не размыкая кинематической цепи, перемещают каретку суппорта влево до упора наконечника индикатора 1 (рис. 10.10) в приставленную к патрону 4 плитку 2 произвольного размера. В таком положении стрелка индикатора устанавливается на ноль. Затем плитка 2 снимается, а вместо нее ставится плитка 3, размер которой отличается от размера плитки 2 на один шаг резьбы. Рукояткой винта верхних салазок суппорта вместе с резцедержателем перемещают их до тех пор, пока наконечник индикатора не упрется в плитку 3 и стрелка индикатора не установится точно против нуля циферблата. Таким способом можно точно делить резьбу на любое число заходов.



**Рис. 10.10. Схема настройки для нарезания многозаходной резьбы по индикатору:**

1 – индикатор; 2, 3 – мерные плитки;  
4 – патрон

Для нарезания многозаходной резьбы применяют метчики-протяжки, а также резцовые блоки, в которых резцы устанавливаются вершинами на одном уровне, и с шагом, равным нарезаемой резьбе.

Для повышения производительности труда при нарезании длинных трапецидальных винтов или червяков применяют резцовые головки, устанавливаемые на суппорте станка.

Резцовая головка состоит из корпуса, вращающегося от отдельного привода. В корпусе закрепляются от одного до четырех резцов, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы. Резцовую головку устанавливают эксцентрично относительно оси заготовки (рис. 10.11) и под углом к оси, равным углу подъема винтовой линии нарезаемой резьбы.

При нарезании резьбы резцовой головкой резец, периодически вступая в контакт с заготовкой, срезает стружку по профилю резьбы.

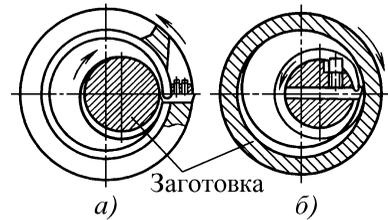
Подача на шаг нарезаемой резьбы осуществляется суппортом станка. Нарезание резьбы выполняется, как правило, за один рабочий ход.

При нарезании резьбы вихревым способом скорость резания составляет 150...450 м/мин; круговая подача заготовки на один оборот головки при обработке наружных резьб 0,2...0,8 мм; при обработке внутренних резьб – не более 0,2 мм.

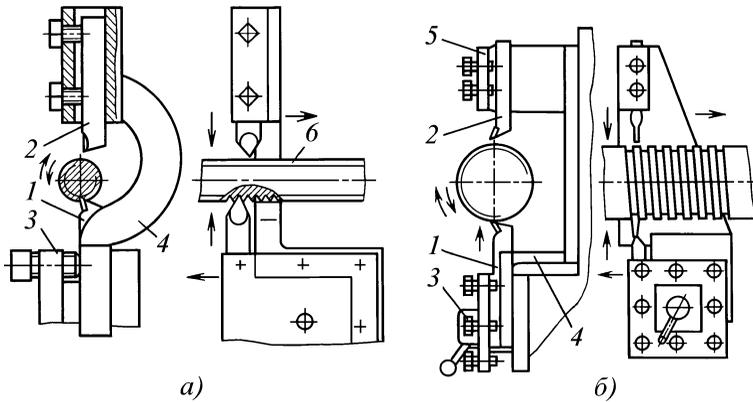
Для сокращения вспомогательного времени на обратные движения каретки суппорта при нарезании длинных винтов с трапецидальной или ленточной резьбой, а также для повышения производительности обработки успешно применяют дополнительный резцедержатель (рис. 10.12, а). Установленный сзади заготовки, он обеспечивает использование обратного движения каретки для рабочих переходов. Для этой цели применяется задний резцедержатель, поставляемый в комплекте со станком, или специальный держатель в виде изогнутого кронштейна, который закрепляется в резцедержателе станка. Для увеличения жесткости при нарезании длинных резьб с крупным шагом, задний резцедержатель устанавливается на верхнюю плоскость поперечного суппорта (рис. 10.12, б).

Отличительными характеристиками конструкции приспособления для двустороннего нарезания резьб являются обеспечение точной самостоятельной настройки двух одновременно работающих резцов и быстрая перестройка станка на работу. Это достигается тем, что приспособление укрепляют на плите, установленной на суппорте.

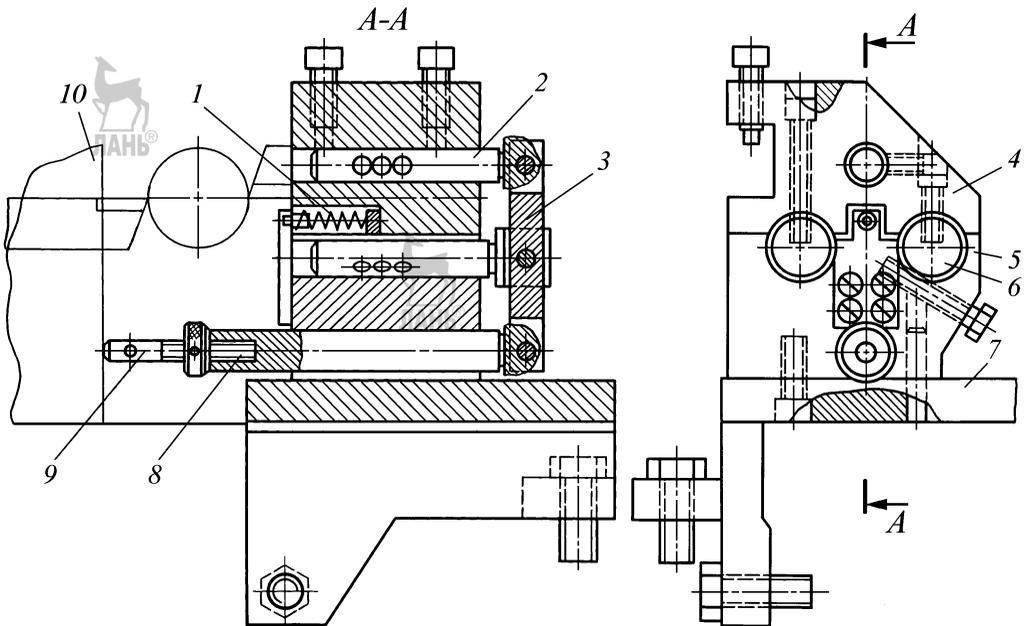
Корпус приспособления 5 (рис. 10.13) закрепляют на плите 7. В корпусе на двух направляющих 6 перемещается резцедержатель 4. Синхронное движение резцедержателей навстречу друг другу при нарезании резьб или других операциях осуществляется в результате ручного или механического вращения винта поперечного суппорта.



**Рис. 10.11. Схема нарезания резьбы вихревым способом:**  
а – наружной; б – внутренней



**Рис. 10.12. Схема нарезания резьбы с дополнительным резцедержателем:**  
*а* – с мелким шагом; *б* – с крупным шагом; 1 – передний резец; 2 – задний резец;  
 3 – резцедержатель; 4 – кронштейн; 5 – задний резцедержатель; 6 – заготовка



**Рис. 10.13. Приспособление для двустороннего нарезания резьб:**  
 1 – пружина; 2 – шток; 3 – рычаг; 4 – резцедержатель; 5 – корпус; 6 – направляющие;  
 7 – плита; 8 – шток; 9 – регулирующий винт; 10 – основной резцедержатель

При нарезании длинных винтов с трапецидальной резьбой профильный чистовой резец крепится в основном резцедержателе 10, а прорезной – в резцедержателе 4. При поперечном перемещении суппорта профильный резец подводят вплотную к поверхности нарезаемого винта и устанавливают лимб в нулевое положение.

Для подведения к заготовке резца, установленного в резцедержателе, используют регулирующий винт 9, конец которого под воздействием пружины 1 находится в постоянном контакте с верхними салазками суппорта станка. Вращая винт против часовой стрелки, передвигают шток 2. При этом рычаг 3, поворачиваясь на оси и воздействуя на шток 8, жестко закрепленный в резцедержателе 4, заставляет последний с установленным в нем прорезным резцом двигаться по направлению к обрабатываемой заготовке. После настройки резцов поворотом рукоятки поперечного суппорта подают одновременно оба резца на первый переход. После первого перехода отводят резец от заготовки. При этом резцедержатель под действием пружины также отойдет от заготовки.

**ПЛАН** Преимущество двустороннего нарезания резьбы, осуществляемого с помощью такого приспособления, заключается в том, что профильный резец производит резание по проточенной уже прорезным резцом канавке. При этом создаются благоприятные условия свободного резания для прорезного резца, так как боковые поверхности его не соприкасаются с металлом и стружка не заклинивается в прорезанной канавке.

*Коническую резьбу* нарезают на токарно-винторезном станке с помощью копировальной линейки (так же, как при обточке конусных поверхностей), которую устанавливают на необходимый угол уклона конуса. Настройку станка на шаг резьбы выполняют так же, как и для нарезания цилиндрической резьбы, или с помощью конического резьбонарезного инструмента.

Нарезание резьбы с неравномерным шагом в винтах, применяющихся в некоторых машинах, является сложной технологической задачей. Ее можно решить за счет несложной модернизации станка. Обычно шаг резьбы  $P$  меняется по закону геометрической прогрессии:

$$P_m = P_1 \varphi^{m-1};$$

$$P_2 = P_1 \varphi; \quad P_3 = P_2 \varphi; \quad \dots; \quad P_i = P_{i-1} \varphi,$$

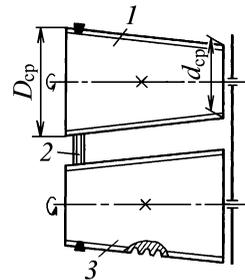
или

$$P_2 = P_1 \varphi; \quad P_3 = P_1 \varphi^2,$$

где  $m$  – число шагов на нарезаемой длине;  $\varphi$  – знаменатель прогрессии ( $\varphi = 1,01; 1,02$  и т.д. до 1,2).

Для нарезания таких резьб вместо гитары сменных зубчатых колес устанавливают два одинаковых конуса с трапецидальной правой и левой резьбой под клиновидный ремень (рис. 10.14).

Наброшенный на них ремень при вращении ведущего вала вращает ведомый и одновременно перемещается вдоль конусов. Так как передаточное число равномерно изменяется, то и частота вращения ведомого конуса соответственно увеличивается или уменьшается в зависимости от того, в каком направлении перемещается ремень.



**Рис. 10.14. Схема приспособления для нарезания резьбы с неравномерным шагом:**

- 1 – ведущий конус;
- 2 – клиновидный ремень;
- 3 – ведомый конус

Изменяющаяся частота вращения ведомого конуса, связанного с ходовым винтом, приводит к равномерному изменению шага резьбы.

Исходный нарезаемый шаг (шаг между двумя первыми канавками) устанавливается настройкой коробки подачи станка.

Размеры конусов и шаги резьбы связаны соотношением

$$\begin{aligned} D_{\text{ср}}/d_{\text{ср}} &= P_{\text{max}}/P_{\text{min}} = \varphi^{m-1}; \\ P_{\text{max}} &= P_{\text{min}}\varphi^{m-1}, \end{aligned}$$

где  $D_{\text{ср}}$  и  $d_{\text{ср}}$  – средние диаметры нарезки соответственно на торцах конусов с большим и меньшим диаметрами;  $P_{\text{min}}$ ,  $P_{\text{max}}$  – шаг нарезаемого винта соответственно наименьший (исходный) и наибольший.

Средний диаметр нарезки на торце с меньшим диаметром принимается конструктивно; например  $d_{\text{ср}} = 80$  мм. Длина конусов

$$L = nP_{\text{к}},$$

где  $P_{\text{к}}$  – шаг нарезки на конусах (конструктивно принимается 8 мм);  $n = l/P_{\text{х.в}}$  – частота вращения ходового винта за период нарезания резьбы на заготовке ( $l$  – длина нарезаемой резьбы;  $P_{\text{х.в}}$  – шаг ходового винта станка).

Тогда

$$L/P_{\text{к}} = l/P_{\text{х.в}};$$

следовательно,

$$L = l/P_{\text{к}} \cdot LP_{\text{х.в}}.$$

Длина нарезаемой резьбы является суммой всех шагов резьбы на заготовке или суммой членов геометрической прогрессии :

$$\begin{aligned} l &= P_1 + P_2 + \dots + P_m; \\ l &= \frac{P_1(\varphi^m - 1)}{\varphi - 1}. \end{aligned} \quad (1)$$

Зная  $l$ ,  $\varphi$  и  $P_1 = P_{\text{min}}$ , можно определить количество шагов на конусе.

**Пример.** Станок 1К62 с  $P_{\text{х.в}} = 12$  мм;  $P_{\text{min}} = 10$  мм;  $\varphi = 1,1$ ;  $l = 155$  мм,  $d_{\text{ср}} = 80$  мм;  $P_{\text{к}} = 8$  мм. Определить  $D_{\text{ср}}$  и  $L$ .

Находим

$$L = \frac{115 \cdot 8}{12} = 76 \text{ мм.}$$

С учетом некоторого запаса на вход ремня, принимаем общую длину каждого конуса  $L = 80$  мм.

Для определения  $D_{\text{ср}}$  рассчитаем число шагов  $m$ , подставив его значение в формулу (1):

$$\begin{aligned} 115 &= \frac{10(1,1^m - 1)}{1,1 - 1}; \\ 2,15 &= 1,1^m; \end{aligned}$$

$$\lg 2,15 = m \lg 1,1 ;$$

$$m = \frac{0,3324}{0,0414} = 8,02.$$

Принимаем  $m = 8$ ; тогда

$$D_{\text{ср}} = d_{\text{ср}} \varphi^{m-1} = 80 \cdot 1,1^7 = 80 \cdot 1,949 = 155,9 \text{ мм.}$$

*Торцовую резьбу*, изменяющуюся по спирали Архимеда, нарезают при поперечной подаче суппорта. Для этого коробку подач настраивают на требуемый шаг резьбы, учитывая, что поперечная подача в 2 раза меньше продольной подачи, значения которой приведены в таблице на передней стенке коробки подач.

Чтобы обеспечить точные шаги поперечной резьбы, следует настроить станок гитарой сменных зубчатых колес, исключив коробку подач из цепи передачи вращения от шпинделя к винту поперечной подачи суппорта.

Для определения передаточного числа сменных зубчатых колес гитары при нарезании торцовых резьб используются следующие формулы: для станка 1К62  $u_{\text{гит}} = 0,2398P$ ; для станка 16К20  $u_{\text{гит}} = 0,3273P$ .

**Пример 1.** На станке 1К62 необходимо нарезать торцовую резьбу с шагом  $P_{\text{торц}} = 4,5$  мм.

Определим  $u_{\text{гит}} = 0,2398 \cdot 4,5 = 1,0791$ . Заменим это число дробью  $\frac{85}{78} = 1,08974$ .

При такой замене  $P_{\text{торц}} = \frac{1,08974}{0,2398} = 4,544$  и погрешность шага  $\Delta = 4,544 - 4,5 = 0,044$  мм, что практически несущественно.

Подбираем сменные зубчатые колеса:

$$u_{\text{см}} = \frac{85}{78} = \frac{8,5 \cdot 10}{13 \cdot 6} = \frac{85 \cdot 50}{60 \cdot 65}.$$

**Пример 2.** На станке 16К20 необходимо нарезать торцовую резьбу с шагом  $P_{\text{торц}} = 10$  мм.

Находим  $u_{\text{гит}} = 0,3273 \cdot 10 = 3,273$ . Заменим это число дробью  $\frac{1140}{348} = 3,2759$ .

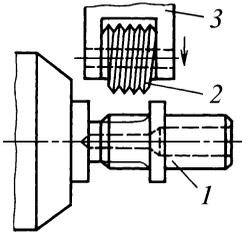
В результате замены получим  $P_{\text{торц}} = \frac{3,2759}{0,3273} = 10,0088$  мм и погрешность шага  $\Delta = 10,0088 - 10 = 0,0088$  мм, что практически несущественно.

Подбираем сменные зубчатые колеса:

$$u_{\text{гит}} = \frac{1140}{348} = \frac{570}{174} = \frac{57 \cdot 50}{29 \cdot 30}.$$



## 10.4. НАКАТЫВАНИЕ РЕЗЬБЫ



**Рис. 10.15. Схема накатывания резьбы роликом:**

1 – заготовка; 2 – накатной ролик; 3 – накатник

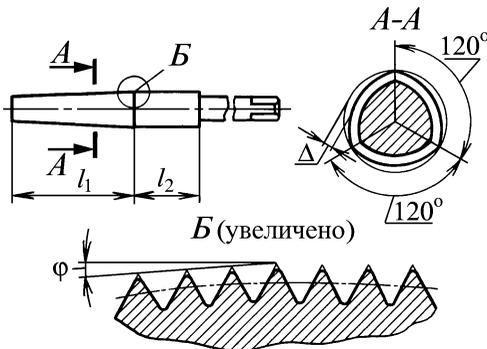
Получение резьбы накатыванием осуществляется копированием профиля накатного инструмента путем его вдавливания в металл заготовки. На токарных, токарно-револьверных станках и станках-автоматах накатывают резьбы диаметром 5...25 мм одним или двумя роликами. Резьбу одним роликом накатывают при вращении заготовки 1 (рис. 10.15), закрепленной в патроне или цанге, при поступательном перемещении суппорта станка вместе с накатником 3, в который вмонтирован накатной ролик 2. При этом необходимо следить за деформацией заготовки под действием односторонней радиальной силы.

Накатывание резьбы диаметром до 50 мм происходит в более благоприятных условиях при применении резьбонакатных головок с тремя и большим числом роликов. Головки могут быть самораскрывающимися и нераскрывающимися. Ролики выполняют с кольцевой и винтовой резьбой. Ролики с кольцевой резьбой устанавливают в головке на угол подъема винтовой линии накатываемой резьбы и смещают один относительно другого на  $1/z_p$  шага ( $z_p$  – число роликов в комплекте).

Ролики с винтовой резьбой устанавливают параллельно оси заготовки. Резьбонакатные головки по принципу работы не отличаются от резьбонарезных головок. Накатывание резьбы осуществляется, как правило, при самозатягивании головки, поэтому осевая подача инструмента на заготовку необходима только в начальный период, пока ролики не захватят заготовку.

При накатывании поверхность резьбы получается уплотненной и без микронеровностей, что повышает прочность резьбы. Резьбы можно накатывать на заготовках различных материалов. Материал считается пригодным, если его относительное удлинение  $\delta \geq 12\%$ . При накатывании резьб рекомендуется применять в качестве смазочно-охлаждающей жидкости эмульсию или масло.

Для получения резьбы методом пластической деформации на внутренней поверхности применяют раскатники (рис. 10.16), которые имеют заборную часть



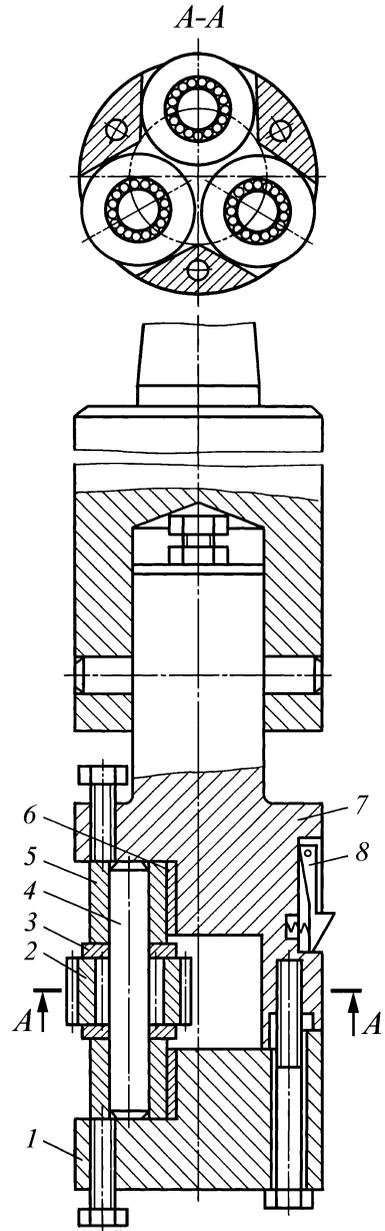
**Рис. 10.16. Раскатник для получения внутренней резьбы**

с конической резьбой длиной  $l_1 = 3P$  для глухих и  $l_1 = (10...20)P$  – для сквозных отверстий. Калибрующая часть выполнена с цилиндрической резьбой длиной  $l_2 = (5...8)P$ . По всей рабочей части раскатника выполняется огранка  $\Delta = 0,2...0,6$  мм для уменьшения сил трения при обработке резьбы.

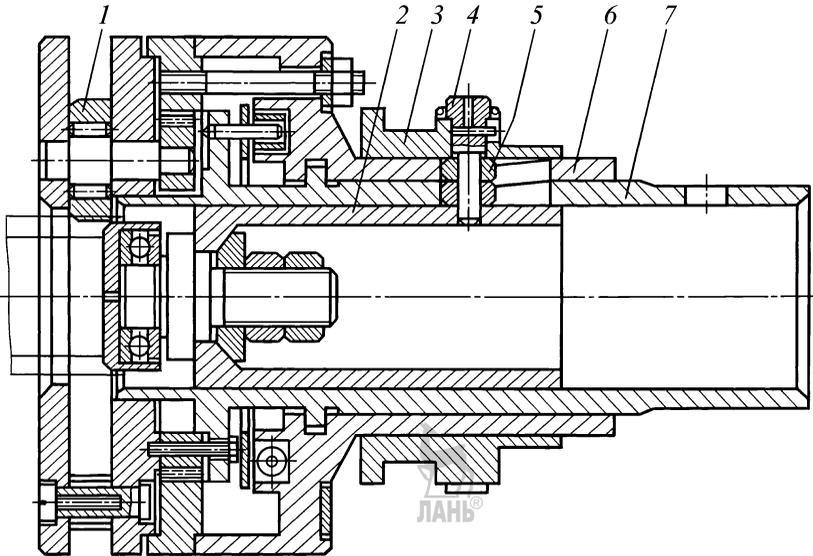
Раскатывание внутренних цилиндрических резьб большого диаметра осуществляется раскатной головкой (рис. 10.17), в корпусе 7 которой расположен опорный диск 1, центрированный относительно корпуса по цилиндрической поверхности. Накатные ролики 2 с кольцевыми нитками установлены на осях 4 посредством игольчатых подшипников. Оси 4 размещены в цилиндрических вкладышах 5, лежащих на калиброванных прокладках 6 в цилиндрических отверстиях корпуса и опорного диска. Прокладки 6 удерживают ролики от осевых перемещений и позволяют регулировать их осевое положение. Вкладыши 5 удерживаются в корпусе и опорном диске болтами. Болты также крепят опорный диск к корпусу. Шарнирные фиксаторы 8 предотвращают осевое перемещение партии обработанных деталей в зону накатывания.

Предварительно по резьбовому кольцу-калибру с помощью регулировочных прокладок устанавливают относительное осевое смещение роликов. Затем, отпустив болты и вращая опорный диск относительно корпуса по центрирующей поверхности, осуществляют разворот роликов на угол, равный углу подъема резьбы. С помощью прокладок ролики устанавливают на диаметр накатываемой резьбы и фиксируют болтами. Для извлечения партии накатанных деталей головку снимают с оправки.

Структурные изменения в поверхностном слое металла повышают прочность раскатанной резьбы по сравнению с нарезанной; шероховатость поверхности улучшается при этом на два-три качества.



**Рис. 10.17. Резьбонакатная головка для накатывания цилиндрических резьб:**  
 1 – опорный диск; 2 – накатные ролики; 3 – прокладка; 4 – ось; 5 – цилиндрический вкладыш; 6 – калиброванная прокладка; 7 – корпус; 8 – шарнирный фиксатор

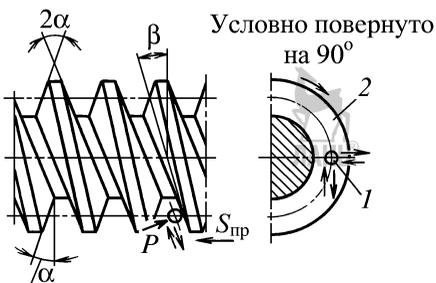


**Рис. 10.18. Резьбонакатная головка для накатывания конических резьб:**

1 – резьбонакатные ролики; 2 – сердечник; 3 – втулка; 4 – палец; 5 – ролики;  
6 – корпус; 7 – хвостовик

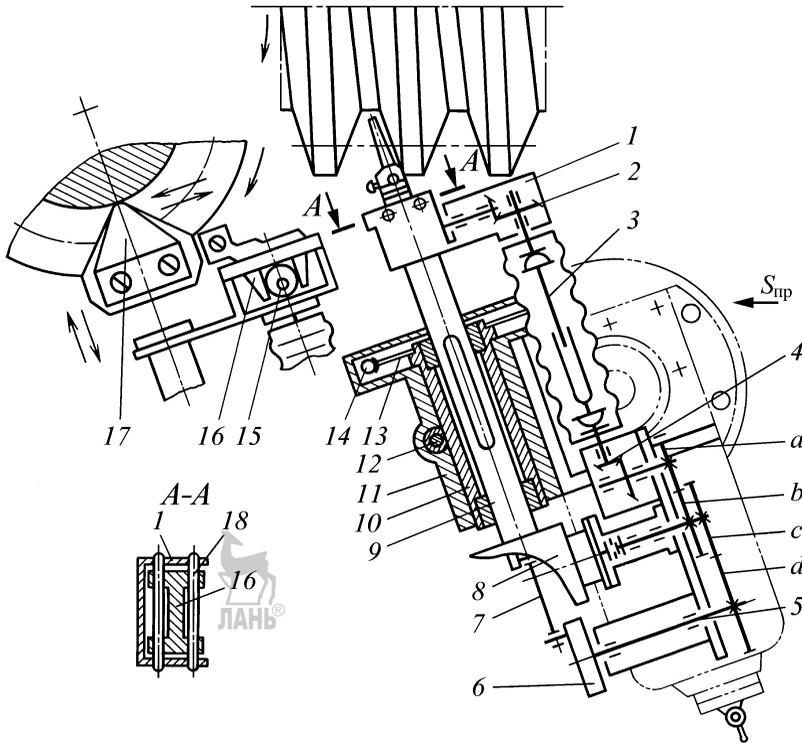
Резьбонакатная головка для конических резьб позволяет в процессе формообразования конической резьбы осуществлять радиальный отвод резьбонакатных роликов, установленных (рис. 10.18) на эксцентриковых осях. Отвод происходит одновременно с осевым перемещением торца заготовки. Сердечник 2, связанный с втулкой 3, перемещается вместе с пальцем 4, на котором закреплены ролики 5, расположенные в специальных пазах корпуса 6 и хвостовика 7. При повороте корпуса относительно хвостовика механизм раскрытия головки обеспечивает радиальный отвод резьбонакатных роликов 1.

Кинематическая схема вибронакатывания винтовых поверхностей представлена на рис. 10.19. Деформирующий элемент 1 совершает относительно обрабатываемой винтовой поверхности принудительное возвратно-поступательное движение во взаимно-перпендикулярных направлениях по касательной плоскости, положение которой определяется углом наклона  $\alpha$  и углом подъема  $\beta$  указанной винтовой поверхности.



**Рис. 10.19. Схема вибронакатывания:**

1 – деформирующий элемент;  
2 – обрабатываемая поверхность;  
 $P$  – сила вдавливания деформирующего элемента



**Рис. 10.20. Устройство для вибронакатывания**

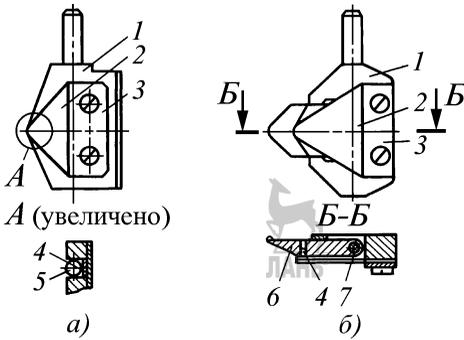
Обработку осуществляют на токарно-винторезном станке. Шпиндель станка сообщает поверхности 2 вращательное движение с частотой  $n$ , а установленной в резцедержателе виброголовке – продольную подачу  $S_{пр}$ , соответствующую шагу винтовой поверхности.

Деформирующий элемент получает от виброголовки колебательное движение во взаимно-перпендикулярных плоскостях: в радиальной и тангенциальной. Это движение характеризуется определенными кинематическими параметрами.

На процесс вибронакатывания винтовых поверхностей большое влияние оказывают также и динамические параметры.

Изменяя взаимосвязанные кинематические и динамические параметры и амплитуду колебаний в тангенциальном направлении, можно получить систему канавок, расположенных на обрабатываемой поверхности в определенном порядке.

Для вибронакатывания винтовых поверхностей применяют специальное устройство (рис. 10.20), которое работает следующим образом. От электродвигателя 8, закрепленного на шите, через гитары со сменными зубчатыми колесами  $a, b, c$  и  $d$  вращательное движение сообщается валу 5 и коническим зубчатым колесам 4. Вращение вала 5 и регулируемого эксцентрика 6 посредством тяги 7 преобразуется в колебательное движение штока 9 в радиальном направлении вдоль образующей обрабатываемой поверхности.



**Рис. 10.21. Деформирующие элементы:**

1 – державка; 2 – плоская пружина;  
3 – пластина; 4 – бронзовый подпятник;  
5 – деформирующий шарик; 6 – твердосплавный наконечник; 7 – шарнирная ось

На другом конце штока смонтирован кронштейн 1 узла тангенциальных колебаний. В кронштейне посредством цилиндрических направляющих 18 установлена подвижная скоба 16, а на ней – деформирующий элемент 17, получающий в тангенциальном направлении колебательное движение через скобу 16, сменный эксцентрик 15 и конические зубчатые колеса 2. Последним вращение передается от шарнирно-телескопической муфты 3 и конической передачи 4 электромеханического привода.

Для точной настройки и фиксации деформирующего элемента относительно обрабатываемой поверхности в корпусе 11 имеются механизмы поворота (две червячные передачи 13 и 14) и фиксации (фиксатор 12 между корпусом и втулкой 10). Описанное устройство устанавливают на резцедержателе станка при помощи угольника.

С учетом сложности формы и труднодоступности обрабатываемой поверхности применяется комплект инструментов и наконечников, обеспечивающих вибронакатывание винтовых поверхностей червяков с модулем 1...20 мм и ходовых винтов с шагом 2...48 мм. В качестве деформирующего элемента служат термически обработанные шарики из стали ШХ15 или ШХ9 или сферические наконечники из твердого сплава ВК6-М или Т15К6.

На рис. 10.21, а представлен деформирующий элемент, состоящий из державки 1, шарика 5, бронзового подпятника 4, плоской пружины 2 и пластины 3, прикрепленной двумя винтами к державке. В усовершенствованном деформирующем элементе (рис. 10.21, б) использован твердосплавный наконечник 6, установленный в посадочном пазе на шарнирной оси 7. Плоская пружина 2 прикреплена к державке 1 посредством пластины 3 и двух винтов. Пружина опирается на подпятник 4, находящийся на наконечнике 6, и обеспечивает необходимую силу вдавливания деформирующего элемента. Деформирующие элементы имеют цилиндрическую посадочную шейку, позволяющую удобно монтировать их на виброголовке.

Сила вдавливания при вибронакатывании составляет 40...150 Н. От силы вдавливания и радиуса сферической части деформирующего элемента зависит глубина канавки микрорельефа, меняющаяся в пределах 2...6 мкм для термически обработанных и в пределах 3...14 мкм для термически необработанных винтовых поверхностей.

# Глава 11

## ОБРАБОТКА И ДОВОДКА КАЛИБРОВ

---

Доводка – технологическая операция, обеспечивающая получение высокой точности размеров и малой шероховатости поверхности, а также правильной геометрической формы обрабатываемых поверхностей. Она применяется только для обработки стальных деталей, термически обработанных до высокой твердости, а также деталей из твердых сплавов и минералокерамики.

Доводку выполняют притирами, форма которых является обратной копией формы детали. Для снятия слоя металла поверхность притира насыщают абразивными порошками; при применении притиров из твердых материалов применяют различные абразивно-полирующие пасты.

Припуск, оставляемый на доводку, должен быть минимальным, поэтому обработка поверхностей, предшествующая доводке (шлифование, тонкое точение и т.д.), должна обеспечить высокую точность геометрической формы, заданную шероховатость и отсутствие прижогов.

Сущность процесса доводки заключается в относительном перемещении обрабатываемой детали по притиру или, наоборот, притира по детали. При этом слой металла с поверхности детали снимается либо кристаллами абразива, удерживаемыми притиром, либо различными абразивно-полирующими материалами или пастами. Доводку по применяемым абразивно-полирующим материалам делят на два вида: механическую и химико-механическую.

### 11.1. МЕХАНИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ДОВОДКИ

**Механическая доводка микropорошками.** Сущность механической доводки заключается в следующем. Если зерна абразивного порошка расположить между двумя притирами, то при перемещении одного из них по другому происходит вдавливание зерен в поверхность притиров. Внедрение в поверхность притира абразивных зерен называют шаржированием. Поверхность притира после шаржирования представляет собой режущий инструмент, образованный большим числом абразивных частиц, острые грани которых незначительно выступают из поверхности притира. При перемещении обрабатываемой детали по притиру с нее снимается слой металла, толщина которого зависит от величины выступающих острых граней и от давления на деталь при доводке. В свою очередь, величина выступающих острых граней частиц зависит от размера зерен исходного абразивного порошка, а давление зависит от требуемого качества доводки; обычно оно равно  $0,12 \dots 0,16$  МПа.

Давление на деталь в течение всего периода доводки является переменной величиной, так как в начале доводки обрабатываемая деталь соприкасается с поверхностью притира только своими неровностями и контактное давление на

абразивные зерна высокое. По мере удаления неровностей и увеличения площади соприкосновения притира с деталью давление на частицы абразива уменьшается, а следовательно, уменьшается и снимаемый слой металла. К концу доводки абразивные частицы удаляют только тончайшие слои металла, обеспечивая требуемую шероховатость поверхности.

**Химико-механическая доводка пастами.** Сущность метода состоит в том, что под воздействием химических веществ, входящих в состав паст, окисная пленка, покрывающая поверхность металла, размягчается и при движении притира срывается зернами полирующего порошка. Обработанная часть поверхности металла вновь окисляется; таким образом процесс повторяется, причем металл удаляется в первую очередь с вершин выступов. После удаления выступов пленка снимается ровным слоем со всей поверхности доводимой детали. Процесс автоматически прекратится, если не будет увеличено давление. Применяя различные химические элементы и полирующие порошки, можно изменять величину снимаемой пленки и тем самым регулировать время доводки.

## 11.2. МАТЕРИАЛ ПРИТИРОВ

Материалы для изготовления притиров любой формы и назначения должны удовлетворять следующим условиям: поскольку поверхность притира при доводке участвует в работе, то для уменьшения его изнашивания и сохранения правильной геометрической формы твердость материала притира должна быть наиболее высокой; материал притира должен быть максимально мягким, так как при этом легче произвести шаржирование, а частицы абразива надежнее удерживаются в поверхности притира. Второе условие особенно важно при шаржировании притиров крупнозернистыми абразивными порошками, так как с увеличением размера зерен требуются большие силы для вдавливания их в поверхность притира.

Для изготовления притиров применяют чугун, мягкую сталь, бронзу, медь, стекло. Выбор того или иного материала для притиров производят в каждом отдельном случае с учетом формы и размеров обрабатываемой поверхности детали, способа доводки и применяемых абразивно-полирующих материалов.

Наиболее распространенным материалом притиров является *серый чугун*, обеспечивающий хорошую шаржируемость и обладающий высокой износостойкостью. Качество отливок, химический состав, твердость и структура чугуна имеют большое значение для доводочных работ. Чугун с перлитовой структурой более твердый и износостойкий, поэтому его применяют в тех случаях, когда требуется сохранить длительное время сложный профиль притира. В этом случае некоторое увеличение трудоемкости доводочных работ компенсируется уменьшением времени на восстановление изношенного профиля притира и, главное, обеспечивает правильную геометрическую форму обрабатываемой детали. Из перлитового чугуна изготавливают притиры для доводки профильных калибров, резьбовых калибров-колец и т.п. Чугун с ферритовой структурой является самым мягким, шаржируется хорошо, но обладает низкой износостойкостью.

*Стальные притиры*, изготовленные из мягкой отожженной стали, плохо поддаются шаржированию, поэтому их применяют только в тех случаях, когда невозможно использовать притиры из чугуна. Например, доводку резбовых колец мелких размеров выполняют притирами из стали, так как чугунные притиры применять невозможно вследствие их хрупкости.

*Притиры из цветных металлов* применяют только в единичном производстве при необходимости снижения шероховатости поверхности на деталях типа валов, при этом обработку производят на обычных токарных станках притиром в виде разрезной втулки, поджимаемой в процессе доводки специальным прижимом.

Для окончательной отделки поверхности детали с получением зеркального блеска применяют *притиры из зеркального стекла* или стекла марки "Пирекс". Стекланные притиры невозможно шаржировать абразивными порошками любой зернистости, поэтому доводку на них производят с применением различных паст.

### 11.3. АБРАЗИВНО-ПОЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Абразивно-полирующие материалы делятся на твердые и мягкие (пасты). Абразивная способность различных твердых материалов определяется величиной снимаемого металла при одних и тех же условиях, а стойкость определяется величиной снимаемого металла до полного изнашивания абразивных зерен. Абразивная способность и стойкость зерен определяется маркой выбранного абразивного материала и его твердостью.

При выполнении доводочных работ в качестве абразивных материалов применяют электрокорунд нормальный, электрокорунд белый, монокорунд, электрокорунд титанистый, карбид кремния зеленый, карбид бора и алмазы.

Для предварительной доводки стальных закаленных деталей применяют электрокорунд нормальный, а для окончательной – электрокорунд белый. Применение электрокорунда повышает производительность операции и качество отделки поверхности.

Монокорунд и электрокорунд титанистый являются материалами, обладающими значительно большей стойкостью по сравнению с электрокорундом и, следовательно, повышенной производительностью.

Карбид кремния по сравнению с электрокорундом обладает большей твердостью, но вследствие хрупкости быстро разрушается, что ведет к снижению производительности.

Карбид бора по своей твердости уступает только алмазам и обеспечивает высокую производительность, но по качеству отделки поверхности значительно уступает электрокорундам.

Карбид кремния, карбид бора и алмазные порошки в основном применяют при доводке твердых сплавов и керамики.

Наибольшее применение в качестве твердых составляющих абразивов доводочных и полировальных смесей находят алмазные микропорошки четырех марок: АМ и АН (из природных алмазов) и АСМ и АСН (из синтетических). Микропорошки АН и АСН обладают повышенной абразивной способностью,

рекомендуются для обработки специальных видов керамики и других труднообрабатываемых материалов.

К мягким абразивно-полирующим материалам (пастам), применяемым при доводке, относятся окись хрома, окись железа и различные пасты. Наибольшее распространение получили пасты ГОИ (Государственный оптический институт). Одной из основных составляющих паст ГОИ является окись хрома, прокаленная вместе с серой.

Пасты ГОИ выпускают трех сортов: 1) грубая паста темно-коричневого цвета с абразивно-полирующей способностью 17...35 мкм, содержащая окись хрома, прокаленную вместе с серой при температуре 1600 °С; 2) средняя паста темно-зеленого цвета с абразивно-полирующей способностью 7...16 мкм и температурой прокаливания 1200 °С; 3) тонкая паста светло-зеленого цвета с абразивно-полирующей способностью 1...7 мкм и температурой прокаливания 600 °С.

Для тонких доводочных работ применяются абразивные микрошлифпорошки М63, М50, М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5 и шлифпорошки из синтетических алмазов марок АС2, АС4, АС6, АС15, АС20 и АС32 (хрупкость зерен уменьшается, а прочность увеличивается по расположению марок).

Пасты по смываемости выпускают: смываемые водой (В); смываемые органическими растворителями (О); смываемые водой и органическими растворителями (ВО), а по консистенции – мазобразные (М); твердые (Т) и жидкие (Ж). В зависимости от этого пасты подразделяются на 11 типов. Пасты изготовляют с нормальной (Н), повышенной (П) и высокой (В) массовыми долями алмазов.

Алмазные пасты выпускаются светлых тонов, чтобы удобнее было наблюдать за процессом притирки: правильно выбранный материал притира и паста в процессе притирки темнеют. Это указывает на то, что в процессе обработки от притираемой детали отделяются частички снимаемого металла.

**Зернистость алмазных паст и область их применения.** Качество и производительность притирки зависит главным образом от правильного выбора материала притира и состава пасты, особенно от ее зернистости. Характеристики алмазных паст приведены в табл. 11.1. Области применения алмазных паст приведены в табл. 11.2.

**11.1. Алмазные пасты по ГОСТ 25593–83 (в ред. 1992 г.)**

Зернистость алмазного порошка диапазонов		Массовая доля алмазов в пасте, %			Цвет пасты и этикетки
узкого	широкого	Н	П	В	
125/100 – 80/63	100/63	40	60	–	Сиреневый
63/50; 50/40	63/40	20	40		
60/40; 40/28	60/28; 40/20	8	20	40	Красный
28/20 – 14/10	28/14 – 14/7	6	15	30	Голубой
10/7 – 5/3	10/5 – 5/2	4	10	20	Зеленый
3/2 – 1/0	3/0; 2/0	2	5	10	Желтый
1/0,5	0,1/0				Не окрашивается

## 11.2. Области применения алмазных паст в зависимости от их типа

Тип пасты	Смываемость	Консистенция	Рекомендуемая область применения
А	ВО	М, Ж	Обработка инвара, бериллия, тугоплавких металлов
С	В	М, Ж	Обработка полупроводниковых материалов
Д	О	М, Ж	Обработка цветных металлов и сплавов
К	ВО	М, Т	Обработка драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней
Р	В, ВО	М, Ж	Обработка сталей, твердого сплава, стекла, заточка режущего инструмента из нитрида бора, полупроводниковых материалов
Е	О	М	Обработка закаленных сталей, чугуна
Ф	ВО	М, Т	Обработка черных металлов
Б	В, ВО	М	Обработка поликора, армированных пластмасс, сталей, полупроводниковых материалов
Г	О	М, Т	Обработка черных и цветных металлов, их сплавов, неметаллических материалов
Л	ВО	М	Обработка сталей, стекла, полупроводниковых материалов
Х	В, ВО	М, Т	Обработка стекла, полупроводниковых материалов, твердых сплавов

Получение необходимой шероховатости поверхности при доводке зависит от качества смеси, т.е. от зернистости абразивных зерен и степени их шаржирования в поверхность притира, а также от вида и количества смазочного материала.

В качестве связующего вещества применяют смесь олеина и стеарина с различными маслами.

*Олеиновая кислота* (олеин) является наиболее употребляемым компонентом доводочных паст. Олеин обладает высокой химической активностью; избыточное количество олеина (более 25 %) может вызвать коррозию металла. Промышленность выпускает три марки олеина: А, Б и В. Для приготовления абразивно-доводочных смесей чаще всего используют марки А и Б.

*Стеариновая кислота* (стеарин) относится к разряду одноосновных предельных карбоновых кислот. Температура плавления 69,6 °С, температура кипения 291 °С, относительная молекулярная масса 284,49. Стеарин выпускается четырех сортов. Чаще всего для приготовления смесей используются первый и второй сорта. Стеарин обладает высокой поверхностной активностью, хорошо смачивает твердые тела, в воде не растворяется, хорошо растворяется в горячем этиловом спирте и эфире.

*Парафин* представляет собой белую кристаллическую массу – смесь твердых высокомолекулярных углеводородов предельного характера. Нефтяные парафины являются поверхностно-нейтральными веществами, не растворяющимися в воде и не смываемыми. Серийно выпускается высокоочищенный парафин марок В1, В2, В3, В4, технически очищенный парафин Т, используемый для синтеза жирных кислот, неочищенный спичечный НС и неочищенный высокоплавкий НВ парафины.

*Вазелин технический* [смазка универсальная низкоплавкая (УН)] – смесь петролатума, парафина, церезина, индустриального и цилиндрического масел и кубовых отходов приборных масел, а также тяжелых парафиновых и озокеритовых дистилляторов. Температура его каплепадения должна быть не ниже 54 °С.

*Масло индустриальное* выпускается нескольких марок, отличающихся кинематической вязкостью: И-12А, И-20А, И-30А, И-50А. Цифры указывают вязкость масла, м<sup>2</sup>/с. *Масло веретенное АУ*. Температура вспышки 163 °С, застывания 45 °С.

Связующие вещества (связки), составляющие неабразивную часть, играют активную роль в процессе абразивной доводочно-притирочной обработки.

Оценивают пригодность той или иной связки, как и абразивно-доводочной смеси, по следующим показателям:

- техническим (интенсивность съема припуска, степень улучшения шероховатости, антикоррозионность, технологичность приготовления и использования);
- санитарно-гигиеническим (нетоксичность, степень кожно-раздражающего, аллергического действия на организм, степень и быстрота биологического разложения, способность утилизации);
- экономическим (себестоимость, срок хранения);
- эстетическим (внешний вид, окраска, запах и др.).

Выбор связки зависит от операции, для которой паста предназначена.

Для придания пасте определенной твердости в нее добавляют парафин. Пасты на основе парафина обеспечивают меньший съем металла, чем пасты с таким же содержанием стеарина или олеиновой кислоты. Они применяются для обработки деталей, к качеству поверхности которых предъявляются очень высокие требования по светоотражательной способности. Наименьший съем металла дают смеси с вазелиновым или трансформаторным маслом.

#### 11.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИТИРОВ



Устройство, форма и размеры притиров зависят от особенностей обрабатываемой поверхности и размеров обрабатываемой детали. По форме притиры делят на цилиндрические и конические для доводки внутренних поверхностей тел вращения; плоские для доводки плоскостей и цилиндрических поверхностей методом обкатывания; специальные и фасонные для доводки асимметричных и фасонных поверхностей.

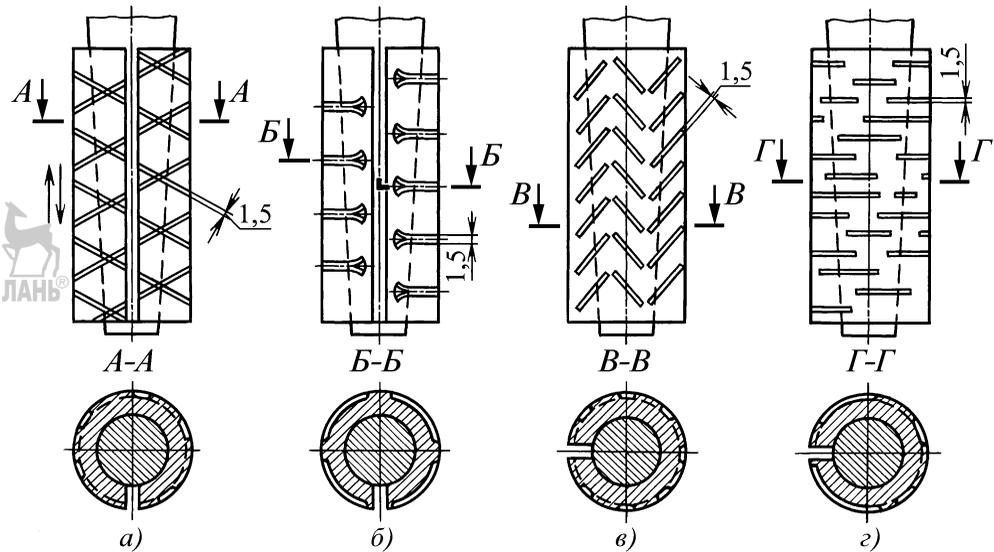
По виду обработки притиры делятся на черновые и чистовые. Черновые притиры предназначены для предварительной обработки, а чистовые – для

окончательной. Черновые притиры имеют канавки, выполняющие роль резервуаров, для абразивно-доводочных смесей и отходов в процессе обработки. Чистовые притиры, как правило, канавок не имеют.

**Выбор притира и требование к нему.** Конструктивное исполнение притиров связано с геометрическими особенностями обрабатываемых поверхностей и теми требованиями, которые предъявляются к качеству обработки. Для обработки внутренних поверхностей (цилиндрических гладких, ступенчатых, фасонных) применяют стержень-притир. Притиры для обработки наружных поверхностей тел вращения имеют разнообразное конструктивное оформление.

Геометрическая форма притира, предназначенного для доводки наружных и внутренних поверхностей тел вращения, должна точно соответствовать форме обрабатываемой поверхности. Допускаемые отклонения от геометрической формы при изготовлении притиров составляют несколько микрон или десятые доли микрона. Диаметры притиров для доводки наружных и внутренних поверхностей тел вращения должны обеспечить некоторый зазор между притиром и обрабатываемой поверхностью. Например, при черновой доводке зазор между притиром и обрабатываемой поверхностью должен составлять  $0,1 \dots 0,4$  мм, а при чистовой –  $0,05 \dots 0,1$  мм.

Стержни-притиры (рис. 11.1) для доводки отверстий, как правило, имеют продольные канавки для смеси. Конусность внутренней поверхности 1:50, 1:30 и даже 1:20, что дает возможность удерживать стержень-притир на противодержателе, не искажая его формы.



**Рис. 11.1. Притиры для доводки цилиндрических отверстий в виде стержней с канавками:**

*а* – двойными; *б* – эксцентриковыми; *в* – "елочкой"; *з* – расположенными в шахматном порядке

**Эксплуатация притиров.** Притир является точным инструментом, поэтому допуски на его изнашивание или деформацию составляют несколько микрон. Чем выше точность доводки, тем более жесткие требования предъявляются к инструменту.

Основные правила эксплуатации притиров следующие:

– устанавливая притиры на станок или на оправку, не следует применять большую силу зажима, так как это может вызвать деформацию притира, снизить его точность и вызвать появление трещин;

– шероховатость рабочей части притира должна быть лишь на один–два квалитета ниже шероховатости, которая должна быть достигнута на данной операции; нарушение этого правила приводит к браку в работе;

– после каждой операции рекомендуется удалять обработанную абразивную смесь с притира, так как это позволяет избавиться от глубоких царапин-рисок на обрабатываемой поверхности;

– на рабочих местах и в кладовой притиры следует укладывать и хранить в специальной таре.

## 11.5. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАЛИБРОВ

Калибры-пробки и калибры-кольца для проверки цилиндрических, конических, резьбовых наружных и внутренних поверхностей изготавливают в основном из легированных термообработанных сталей, твердость которых составляет 56,1...61 HRC. Погрешность их изготовления должна быть равна нескольким микронам, а параметр шероховатости  $Ra = 0,02...0,16$  мкм. Малый допуск на калибрах обусловлен современными требованиями взаимозаменяемости деталей.

Для увеличения срока эксплуатации гладких и резьбовых калибров их изготавливают из твердых сплавов или минералокерамики. Износостойкость этих калибров значительно выше, чем у калибров из термически обработанной стали.

Иногда на производстве проявление магнитных свойств сталей и твердых сплавов, из которых изготовлены калибры, недопустимо. В этих случаях применяют калибры из немагнитной коррозионно-стойкой стали, твердость и стойкость которых в несколько раз меньше, чем у калибров, изготовленных из термообработанной легированной стали.

Комплект гладких или резьбовых калибров для проверки наружных или внутренних поверхностей состоит из двух штук – проходного и непроходного. Резьба на кольцах-калибрах малого диаметра (до 30 мм), изготовленных из стали, обычно нарезается комплектом метчиков, состоящим из четырех штук; эти метчики имеют разницу по среднему диаметру 0,05 мм.

После термической и окончательных операций (токарной, шлифовальной и слесарной) резьбовые кольца-калибры доводятся по всем параметрам, т.е. по точности наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы, шагу, углу профиля резьбы и шероховатости поверхностей с помощью комплекта притиров, также состоящего из четырех штук.

Резьба на кольцах-калибрах, изготовленных из твердых сплавов, а также из минералокерамики, предварительно нарезается резцом на токарном станке с последующей обязательной доводкой, так как эти материалы дают усадку по всем размерам после термообработки.

*Гладкие калибры из пластифицированного твердого сплава* отличаются большой износостойкостью. Заготовки из пластифицированного твердого сплава ВКЗ-М или ВК6-М, имеющие форму тьюбика или диска, зажимают в разжимное кольцо в патроне токарного станка и производят их обработку острозаточенными и доведенными резцами из твердого сплава Т15К6. Сверлить их можно обычными быстрорежущими сверлами, меняя их по мере затупления. Обработку заготовок следует вести при частоте вращения шпинделя  $1000 \dots 1600 \text{ мин}^{-1}$ . При правильной заточке резца пластифицированный сплав обрабатывается легко, стружка образуется сливная, а обработанная поверхность получается чистой и блестящей.

Каждая партия пластифицированного сплава имеет при дальнейшем спекании свою степень усадки. Коэффициент усадки обычно колеблется в пределах  $1,23 \dots 1,28$ .

После спекания гладкие калибры-пробки, калибры-кольца или специальные установочные кольца шлифуют с припуском на доводку  $0,015 \dots 0,025 \text{ мм}$ . Доводку производят притиром, шаржированным алмазной пастой и зажатым в обойму с поджимающими винтами.

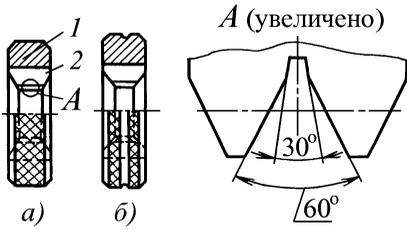
*Технология изготовления резьбовых калибров-пробок из твердого сплава* заключается в следующем: не подвергнутую термообработке заготовку из пластифицированного твердого сплава ВК6-М закрепляют в разжимном кольце; затем подрезают ее торец, сверлят и растачивают отверстие. После этого заготовку надевают на центровую оправку с прижимной гайкой. На оправке протачивают наружную поверхность заготовки и снимают фаски резцами из сплава Т15К6, имеющими передний и задние углы, равные  $12^\circ$ .

Наружная резьба шлифуется на резьбошлифовальном станке при окружной скорости шлифовального круга  $45 \text{ м/с}$  и частоте вращения детали  $4 \text{ мин}^{-1}$ . Нарезать резьбу на сыром пластификате шлифовальным кругом можно только при условии, что этот крут будет сухим и непромасленным.

Для удаления налипших частичек пластификата на шлифовальный круг и предохранения его от засаливания пользуются капроновой щеткой, установленной на противоположной стороне круга.

После нарезания резьбы на калибре выбирают заходы до полного профиля резьбы с двух сторон. Все размеры пластифицированной заготовки резьбового калибра необходимо умножить на коэффициент усадки  $K_v$ , который имеется в паспорте каждой партии твердого сплава.

**Пример.** Обработать резьбовой калибр  $M20 \times 1,5$  с коэффициентом усадки  $K_v = 1,27$ . Чтобы получить нужные размеры на калибре с припуском под шлифование и доводку, необходимо иметь наружный диаметр  $20,3 \cdot 1,27 = 25,78 \text{ мм}$ ; средний диаметр  $19,4 \cdot 1,27 = 24,64 \text{ мм}$ ; шаг резьбы  $1,5 \cdot 1,27 = 1,905 \text{ мм}$ . Шаг резьбы калибра  $P_c$  на сыром пластификаторе из сплавов ВК6-М и ВКЗ-М следу-



**Рис. 11.2. Резьбовое калибровое проходное (а) и непроходное (б) кольцо из твердого сплава:**

1 – рабочая часть; 2 – обойма

АС40. В качестве доводочного материала употребляется алмазная паста АСМ14. На всех острых кромках калибра снимаются фаски или алмазным кругом при шлифовании резьбы, или алмазными брусками. Хвостовики калибров вставляют в ручку, и комплект резьбового калибра готов к работе.

**Изготовление резьбовых калибров-колец из твердого сплава.** Резьбовое твердосплавное калибровое кольцо состоит из рабочей части в виде ободка из твердого сплава ВК6-М, запрессованного в обойму из анодированного алюминия (рис. 12.2). Пластифицированная заготовка рабочей части калибра зажимается в разрезное кольцо, растачивается по внутреннему диаметру, и на ней снимаются фаски с двух сторон.

Нарезание метрической резьбы с углом  $60^\circ$  в кольце осуществляется резцом из сплава Т15К6, заточенным алмазным кругом, имеющим передний и задние углы, равные  $12^\circ$ . Нарезание резьбы производится при частоте вращения шпинделя  $500 \text{ мин}^{-1}$ .

**Пример.** Обработать резьбовое калиброванное кольцо с размером М20×1,5 и коэффициентом усадки  $K_y = 1,27$ .

Внутренний диаметр проходного кольца по нормали равен 18,3 мм; на доводку остается 0,2 мм и, таким образом, внутренний диаметр будет 18,1 мм.

Умножив этот размер на  $K_y = 1,27$ , получим 23,0 мм. Этот размер и выдерживается при растачивании заготовки из сырого пластифицированного сплава. По лимбу поперечного суппорта токарного станка прорезается резьба на глубину 2,6 мм. Шаг резьбы для сырого кольца рассчитывается так же, как и для пробки; в нашем примере шаг будет равен 1,87 мм. Для того чтобы начальные витки резьбы не ломались и не выкрашивались, необходимо снять заходы до полного профиля резьбы с двух сторон.

После спекания рабочая часть резьбового кольца прессуется в обойму из анодированного алюминия, имеющую накатку и габаритные размеры обычного кольца данного размера по нормали, после чего резьбу доводят чугунами резьбовыми притирами с углом  $60^\circ$ , шаржированными алмазной пастой. Для предварительной доводки внутренней резьбы применяется алмазная паста АС40, для окончательной – паста АСМ14/10.

ет корректировать в сторону уменьшения. Расчет шага ведется по формуле

$$P_c = P_{\text{черт}}(K_y - 0,025).$$

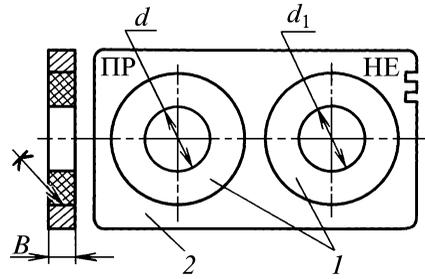
Тогда  $P_c = 1,5(1,27 - 0,025) = 1,87 \text{ мм}$ .

После спекания с учетом коэффициента усадки шаг будет равен  $1,5 \pm 0,01 \text{ мм}$ .

Ввиду некоторой сложности изготовления алмазных резьбовых кругов большого диаметра с углом  $30^\circ$  провал делается специальным чугуном притиром-кольцом, шаржированным крупной алмазной пастой

Помимо большой износостойкости калибры из твердого сплава обладают также хорошей коррозионной стойкостью.

**Гладкие калибры-пробки.** Минимальный диаметр калибра-пробки равен 6 мм. Заготовка рабочей части делается из обожженной керамической трубки, которая разрезается отрезным алмазным кругом на круглошлифовальном станке на шайбы нужной высоты и шлифуется по торцам. Заготовка, изготовленная из керамики ВК94-1, приклеивается эпоксидной смолой к посадочному месту. После этого рабочая часть шлифуется по наружному диаметру с припуском на доводку (+0,014 мм) на шлифовальном станке алмазным кругом. Далее рабочая часть доводится по наружному диаметру обычным чугунным притиром с алмазной пастой АСМ7/5 до требуемого размера. Готовый калибр вставляется в пластмассовую ручку, на которой маркируется наименование и размер калибра.



**Рис. 11.3. Калибр-кольцо:**

1 – рабочая часть; 2 – основание

**Гладкие немагнитные калибры-кольца и скобы.** Минимальный диаметр калибра-кольца 10 мм. На рис. 11.3 показан калибр-кольцо, состоящий из рабочей части, выполненной из материала ВК94-1, и основания из Д16.

Основание 2 фрезеруется на вертикально-фрезерном станке. Рабочая часть (обожженная трубка) разрезается на кольца в размер  $B$  алмазным отрезным кругом.

Рабочие поверхности с размерами  $d$  и  $d_1$  шлифуются внутренней шлифовальной головкой с алмазным кругом формы А8 (ГОСТ 16168–91) с припуском на доводку 0,05...0,07 мм.

Доводка производится на обычном чугунном притире-барабане алмазной пастой АСМ14/10 или АСМ7/5 (ГОСТ 9206–80 (в ред. 1996 г.)). Размеры выдерживаются по специальным контрольным калибрам. Покрытие основания – АНОкс черный.

Расточка отверстий в основании под готовые рабочие кольца осуществляется на токарном станке с зазором 0,01...0,03 мм. Кольца клеятся эпоксидной смолой к основанию.

**Резьбовые немагнитные калибры-пробки.** Минимальный диаметр калибра-пробки М8. Калибр-пробка выполнен из материала ВК94-1, а хвостовик – из Д16. Все операции (до шлифования по наружному диаметру включительно) те же, что и для гладких калибров-пробок.

После шлифования по наружному диаметру производится шлифование профиля резьбы на резьбошлифовальном станке алмазным кругом формы 14ЕЕ1 (ГОСТ 16179–91) с припуском на доводку, затем срезание острых заходных витков резьбы с обеих сторон калибра на том же резьбошлифовальном станке алмазным кругом формы 1А1 (ГОСТ 16167–90).

Доводка резьбы до размера выполняется обычным резьбовым чугунным притиром-кольцом, шаржированным алмазной пастой АСМ7/5. Затем выполняется запрессовка готового калибра в пластмассовую ручку и маркировка.

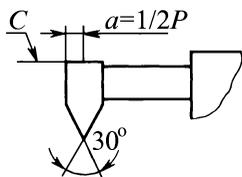


Рис. 11.4. Твердосплавной резцовой резец

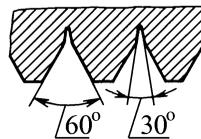


Рис. 11.5. Резцовой профиль

**Резьбовые немагнитные калибры-кольца.** Минимальный диаметр калибра-кольца М2,5.

Для изготовления резьбовых калибров-колец без термообработки используется пластификат керамики ВК94-1, полуспеченный с каучуком. Пластификат имеет коэффициент усадки  $K_y$  при окончательном обжиге, равный 1,16...1,17. Размеры заготовки кольца рассчитываются с учетом  $K_y$  и припуска на доводку.

Резьба в кольце нарезается двусторонним твердосплавным резцом из сплава Т15К6 (рис. 11.4), имеющим с одной стороны резьбовой профиль с углом  $30^\circ$ , а с другой – прямоугольную режущую кромку  $C$ , равную шагу резьбы.

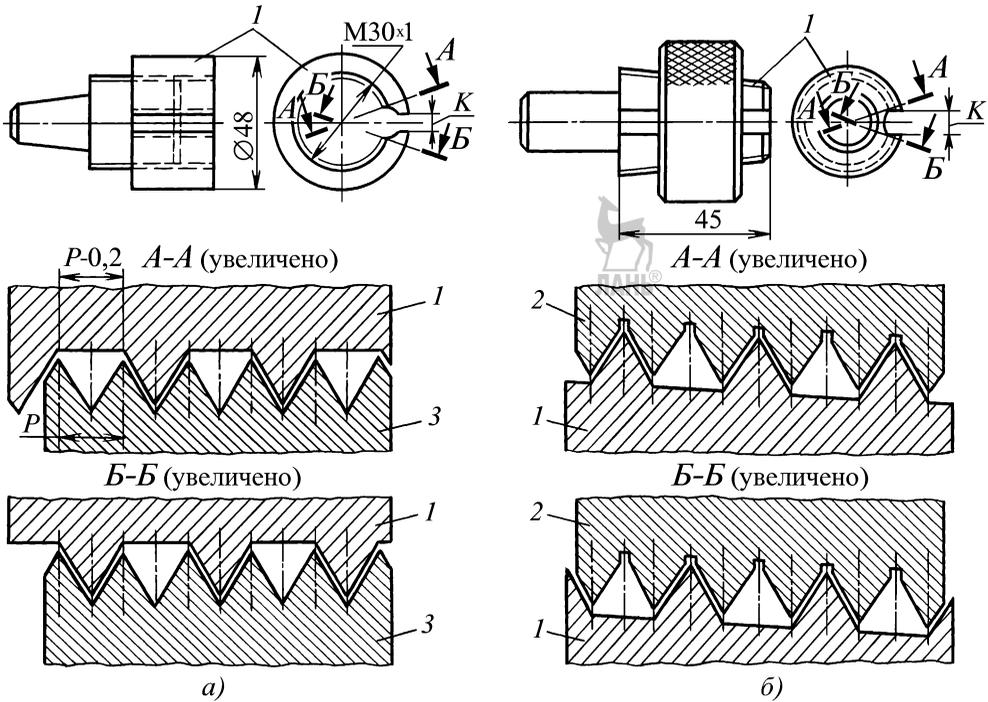
Для получения резьбового кольца с шагом  $P = 1$  мм в пластификате надо нарезать резьбу с шагом 1,17 мм. В заготовке из пластификата нарезается резьба с углом  $30^\circ$ . Чтобы резьба в кольце начиналась с полного профиля, необходимо при обратном вращении шпинделя и подаче суппорта от токаря прямоугольной режущей кромкой  $C$  снять заходную нитку. Расстояние  $a$  должно быть равно  $1/2$  шага резьбы в заготовке. Это обусловлено тем, что профиль резьбы калибра-кольца имеет угол  $60^\circ$  и провал  $30^\circ$  по наружному (наибольшему) диаметру резьбы (рис. 11.5), так как калибром-кольцом всегда проверяется резьба на детали по среднему диаметру.

Получение угла профиля в  $60^\circ$  из угла профиля в  $30^\circ$ , нарезанного в заготовке из пластификата, осуществляется доводкой после окончательного обжига при температуре  $1750^\circ\text{C}$ .

Доводка резьбового калибра-кольца выполняется обычными резьбовыми чугунными разжимными притирами. Обойма для готового кольца выгачивается из сплава Д16. Обойма растачивается под наружный диаметр кольца с зазором 0,01...0,03 мм. После анодирования обойма приобретает черный цвет; в нее вклеивается эпоксидной смолой готовое керамическое кольцо. На обойме маркируется наименование и размер резьбового калибра-кольца.

**Доводка цилиндрических и конусных резьбовых калибров.** Трудности при доводке резьбовых конусных калибров заключаются прежде всего в том, что для непроходного кольца при шаге 1,5; 1; 0,75 мм и менее наружная площадка резьбы калибров составляет всего 0,03...0,06 мм. Чтобы изготовить притир для контркалибров, нужно иметь резец с площадкой на вершине не более 0,02 мм. Притир базируется на наружной поверхности витков контркалибра. Очень медленно осуществляется доводка плоскости резьбы по ее среднему диаметру.

Чтобы ускорить процесс доводки, применяется притир с удаленной через шаг ниткой резьбы. Притир (рис. 11.6) нарезают резцом с площадкой у вершины, равной шагу резьбы. Для этого на притире фрезеруют произвольно одну



**Рис. 11.6. Схема доводки резьбовых цилиндрических (а) и конусных (б) калибров притиром с удаленной через шаг ниткой резьбы:**  
 1 – притир; 2 – калибр-кольцо; 3 – контркалибр

канавку *K*. Токарный станок настраивают на шаг резьбы калибра. Резьбовой резец с площадкой у вершины, равной  $P = (0,15 \dots 0,2)$  мм, вводят в канавку *K*, и через шаг прорезают в притире канавку шириной, которая на 0,2 мм меньше шага резьбы, но с углом подъема, соответствующим ее шагу. После этого резец вводят с другой стороны в ту же канавку *K* притира. Затем резец отводят, и притир поворачивают на один оборот без нарезания резьбы. При третьем обороте резец опять вводят в канавку притира, и за этот оборот прорезают вторую канавку, которая отстает от первой на два шага резьбы.

Этот способ нарезания витков применяется для получения как наружных, так и внутренних притиров. При доводке таким притиром калибра вершина профиля резьбы не соприкасается с телом притира, и притир доводит калибр только по его среднему диаметру. Доводка осуществляется в 2...3 раза быстрее, чем при применении обычных притиров.

Применение притиров со снятой через шаг резьбой позволяет просто и точно изготавливать и такие сложные инструменты, как конусные калибры для резьбы Бриггса.

**Изготовление калибров соосности.** Калибры для проверки соосности деталей имеют несколько поверхностей разного диаметра, которые должны быть расположены строго соосно.

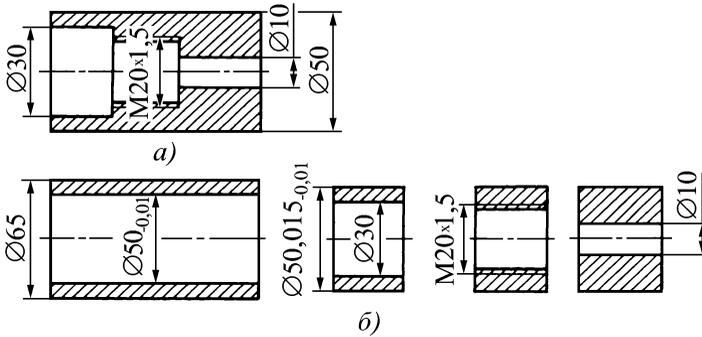


Рис. 11.7. Внутренний цельный (а) и сборный (б) калибры соосности

Изготовление наружных калибров соосности не представляет особых затруднений. Для этого нужно тщательно выполнить на калибре технологические центровые отверстия, и тогда допуск на несоосность отдельных участков калибра может быть легко выдержан в пределах 3...5 мкм. Намного труднее изготовить внутренний калибр соосности (рис. 11.7, а). Диаметры калибра 30 и 10 мм и резьба М20×1,5 должны быть соосны в пределах 0,004 мм. Изготовление такого цельного калибра трудоемко при доводке как гладкой, так и резьбовой части, так как доводку приходится выполнять в упор.

Для повышения технологичности изготовления его выполняют из четырех деталей: наружной обоймы и трех отдельных элементов (рис. 11.7, б). Обойму шлифуют и доводят по внутреннему диаметру для создания цилиндра по всей длине с допуском в пределах 0,005...0,01 мм.

Каждое из трех колец доводят по внутренним размерам обычным порядком. После этого в центрах шлифуют гладкую оправку с конусом 0,005 мм, и на ней выполняют окончательную обработку наружных поверхностей гладких колец.

Перед сборкой калибра кольца охлаждают струей сжатого воздуха, а обойму опускают в масло, нагретое до 50...60 °С. После этого обойму ставят торцом на плиту и опускают в нее кольца в требуемом порядке. После выравнивания температуры обеспечивается необходимая посадка.

Описанным выше способом достаточно просто могут быть изготовлены различные многоступенчатые калибры.



## НОРМИРОВАНИЕ ТОКАРНЫХ РАБОТ

---

### 12.1. ЭЛЕМЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Производственный процесс представляет собой совокупность действий, в результате которых исходный материал превращается в готовое изделие. Его элементами являются: подготовка производства, хранение и транспортирование заготовок, их обработка и сборка, обслуживание рабочих мест и т.д.

*Технологический процесс* – это часть производственного процесса, непосредственно связанная с изменением формы, размеров, внешнего вида и свойств заготовки. Технологический процесс состоит из операций, установов, позиций, переходов и приемов, которые рассматриваются при нормировании.

*Операция* – законченная часть технологического процесса, выполняющаяся с одной или несколькими одновременно обрабатываемыми заготовками, непрерывно, на одном рабочем месте, одним или несколькими рабочими. Она является основным элементом планирования и учета.

*Установ* – часть операции, выполняемая при одном неизменном закреплении одной или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок.

*Позиция* – каждое из различных взаимных положений заготовки или инструмента при их неизменном закреплении на станке в поворотных приспособлениях, револьверных головках и т.п.

*Переход* – часть операции (установа или позиции), выполняемая при неизменности обрабатываемой поверхности (или поверхностей), режущего инструмента и настройки станка на определенный режим резания.

При нормировании учитывают также приемы и движения, связанные с взятием и перемещением инструмента, заготовки и т.д.

Для записи разрабатываемых технологических процессов применяется документация, установленная ГОСТ 3.1102–81 (в ред. 1988 г.).

**Виды технологических документов, используемых при токарной обработке.** Технологическая инструкция предназначена для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении и ремонте изделий (составных частей изделий), и правил эксплуатации средств технологического оснащения.

*Маршрутная карта* предназначена для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса, включая контроль и перемещения по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативов и трудовых затратах.

*Карта технологического процесса* предназначена для операционного описания технологического процесса в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

*Карта типового технологического процесса* предназначена для описания типового (группового) технологического процесса в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяется эта карта совместно с ведомостью деталей к типовому (групповому) технологическому процессу.

*Операционная карта* предназначена для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов.

*Карта типовой (групповой) операции* предназначена для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяется совместно с ведомостью деталей к типовому технологическому процессу.

*Карта технологической информации* предназначена для указания дополнительной информации, необходимой при выполнении отдельных операций (технологических процессов) и связанной с применением уникальных средств технологического оснащения, прогрессивных методов изготовления или ремонта изделия.

*Карта наладки* предназначена для указания дополнительной информации к технологическим процессам (операциям) по наладке средств технологического оснащения. Применяется при многопозиционной обработке для станков с ЧПУ, при групповых методах обработки и т. п.

*Технико-нормировочная карта* предназначена для разработки расчетных данных к технологической операции по нормам времени (выработки), описания выполняемых приемов и применяется при решении задач нормирования трудозатрат.

## 12.2. МЕТОДЫ НОРМИРОВАНИЯ И ТАРИФИКАЦИЯ ТОКАРНЫХ РАБОТ

Существуют следующие разновидности норм:

- опытные – устанавливаются на операцию или комплекс операций на основании опыта нормировщика и данных об аналогичных работах;
- статистические – устанавливаются по отчетным статистическим данным;
- технически обоснованные – рассчитываются по элементам операции с учетом производственных возможностей и проектирования операции с применением наиболее производительного оборудования и научной организации труда.

Расчет технически обоснованных норм времени производится на основе общемашиностроительных нормативов режимов резания, а также норм времени на выполнение типичных вспомогательных работ и ручных приемов. Эти нормы устанавливаются путем обработки фотохронометражных наблюдений передовых методов работы.

На основе рассчитанной нормы времени устанавливаются расценки на выполняемую работу (операцию) в соответствии с ее квалификацией – тарифным разрядом.

Тарификация токарных работ проводится по шестиразрядной сетке, учитывающей требуемую точность, габариты и сложность обрабатываемых деталей. Расценки для оплаты работ определяются тарифными коэффициентами с соотношением 1:2 или 1:1,8: например, для токаря первого разряда – 1,0, второго – 1,11, третьего – 1,25, четвертого – 1,41, пятого – 1,59 и шестого – 1,8.

К токарям-универсалам соответствующего разряда предъявляются определенные квалификационные требования.

Токарь 4-го разряда должен уметь:

- проводить токарную обработку и доводку сложных деталей по 7–10-му квалитетам точности на универсально-токарных станках, в том числе валов диаметром до 500 мм и длиной до 5000 мм, включая глубокое сверление и расточку до 2000 мм; обработку новых и переточку выработанных прокатных валков; обработку деталей с эксцентрично расположенными отверстиями, коленчатых и распределительных валов с полированием шеек; обработку тонкостенных деталей (толщина стенки до 1 мм и длина до 200 мм);

- производить нарезание наружной и внутренней одно- и двухзаходной резьбы различного профиля, включая ходовые винты с нарезкой длиной до 2000 мм и суппортные гайки длиной до 100 мм, метчики, калибровые кольца и пробки;

- производить установку деталей в различных приспособлениях и на угольнике с выверкой в двух плоскостях, а также наладку станка для выполнения всех указанных работ и проверку его на точность по всем позициям.

Токарь 5-го разряда должен уметь:

- проводить токарную обработку и доводку сложных ответственных, крупногабаритных деталей и узлов, а также инструмента с большим количеством переходов по 6–7-му квалитетам точности, требующих перестановок и комбинированного крепления при помощи различных приспособлений и точной выверки в нескольких плоскостях, в том числе: обработку гребных валов и колонн прессов длиной до 15 000 мм, а также новых и переточку выработанных прокатных валков с калибровкой сложного профиля; обтачивание наружных и внутренних фасонных поверхностей и сопряженных с криволинейными цилиндрическими поверхностями, с труднодоступными для обработки и измерения местами; коленчатых валов с числом шеек более шести и распределительных валов дизелей длиной до 6000 мм;

- проводить полную обработку сложных резьбовых деталей; ходовых винтов с длиной нарезки до 7000 мм с применением нескольких люнетов; многозаходных резьб различного профиля и шага и окончательное нарезание профиля червяков по 8–9-й степеням точности; резьбовых калибров, гребенок с доводкой

шлифования и притиры с треугольной, прямоугольной и трапецеидальной нарезкой; читать сложные чертежи со ступенчатыми разрезами, выполнять эскизную детализацию по сборочным чертежам и пользоваться таблицами тригонометрических функций при расчетах по обработке конических поверхностей, а также устранять вибрации, конусность и эллиптичность при обработке, установив их причины.

Токарь 6-го разряда должен уметь:

– вести токарную обработку и доводку на универсальных токарных станках особо сложных экспериментальных и дорогостоящих деталей и инструмента по 2–5-му квалитетам с большим количеством переходов и установок, с труднодоступными для обработки и измерений местами, требующих при установке комбинированного крепления и высокоточной выверки в различных плоскостях, в том числе: выполнять операции по доводке и полированию по 5-му квалитету с несколькими сопрягающимися поверхностями; нарезать ответственные многозаходные резьбы особо сложного профиля любого модуля и шага, производить окончательное нарезание профиля червяков по 6–7-й степеням точности; проводить токарную обработку особо сложных крупногабаритных, ответственных деталей и узлов, а также тонкостенных длинных деталей, подверженных деформации, на универсальных и уникальных токарных станках;

– проводить необходимые расчеты для выполнения особо сложных работ, пользуясь справочниками и паспортами станков, а также обрабатывать детали по сложным чертежам и эскизам; применять специальные приспособления для наружного и внутреннего шлифования деталей на токарном станке; нарезать коническую внутреннюю и наружную резьбу, модульную и питчевую многоходовые резьбы; выполнять работы по затылованию инструмента и деталей на токарно-затыловочном станке, а также приемку токарного станка после капитального ремонта и инструментальную проверку по всем позициям.

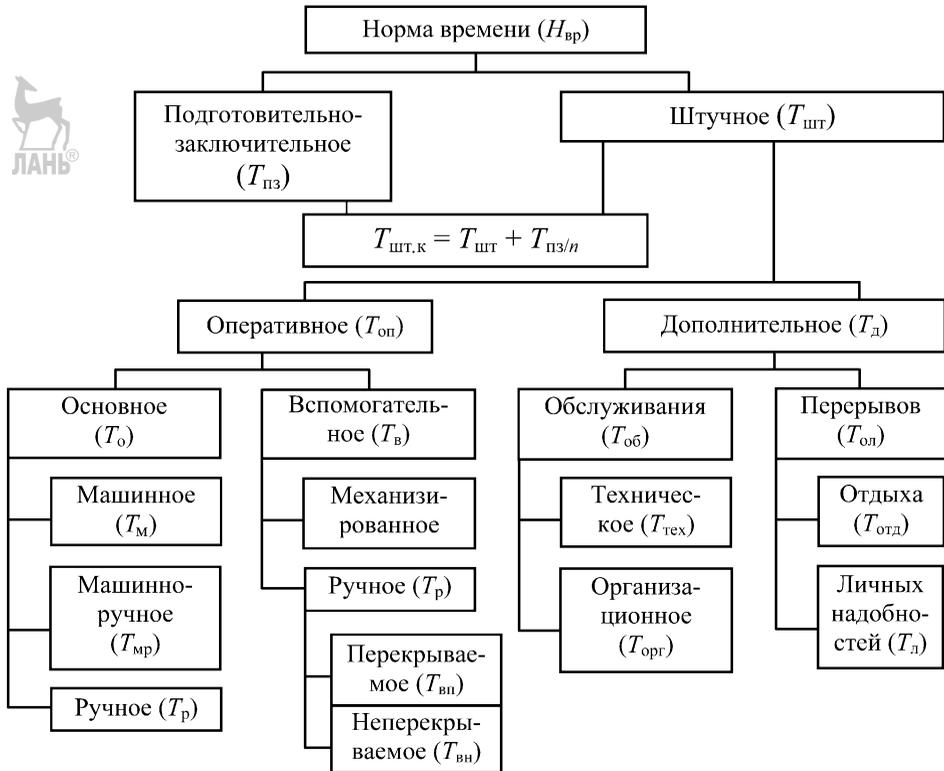
Каждый токарь определенного разряда должен иметь знания и умения для выполнения всех работ токарей более низких разрядов; знать и соблюдать в работе правила охраны труда, пожарной безопасности, электробезопасности, санитарии и внутреннего распорядка.

Кроме того, все токари-универсалы должны знать основы экономики труда и производства в объеме требований общих положений "Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих"; для технически правильного выполнения работ по своей квалификации иметь необходимые знания по основам теории резания и выбору оптимального режима обработки, знать геометрию, правила термообработки, заточки и доводки нормального и специального режущего инструмента, устройство сложного контрольно-измерительного инструмента и приборов; особенности конструкций станков, виды и способы предупреждения брака.

### 12.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА ТОКАРНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Состав нормы времени  $H_{вр}$  на механическую обработку в серийном и единичном производстве показан на рис. 12.1.

Подготовительно-заключительное время  $T_{пз}$  идет на получение задания (наряд, чертеж, технологическая карта); ознакомление с заданием и получение



**Рис. 12.1. Состав нормы времени на механическую обработку в серийном и единичном производстве**

инструктажа; получение, осмотр, проверку заготовки, инструмента и приспособлений; установку приспособления и наладку оборудования; сдачу готовой продукции, оснастки и остатков материала.

Подготовительно-заключительное время рассчитывается на всю партию деталей. Оно определяется по нормативам или по результатам фотографии рабочего времени. На одну операцию или деталь доля  $T_{пз}$  составляет  $T_{пз}/n$  при  $n$  деталей в партии. Штучное время  $T_{шт}$  затрачивается на полную обработку детали, включая время резания и управление станком и дополнительное время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности.

При определении себестоимости операции используется также штучно-калькуляционное время

$$T_{шт.к} = T_{шт} = T_{пз}/n;$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{д} = T_{о} + T_{в} + T_{д},$$

где  $T_{оп}$  – оперативное время, затрачиваемое непосредственно на обработку;  $T_{о}$  – основное технологическое время, затрачиваемое на процесс резания (состоит из машинного  $T_{м}$ , машинно-ручного  $T_{мр}$  (например, шлифовка шкуркой, раз вертывание

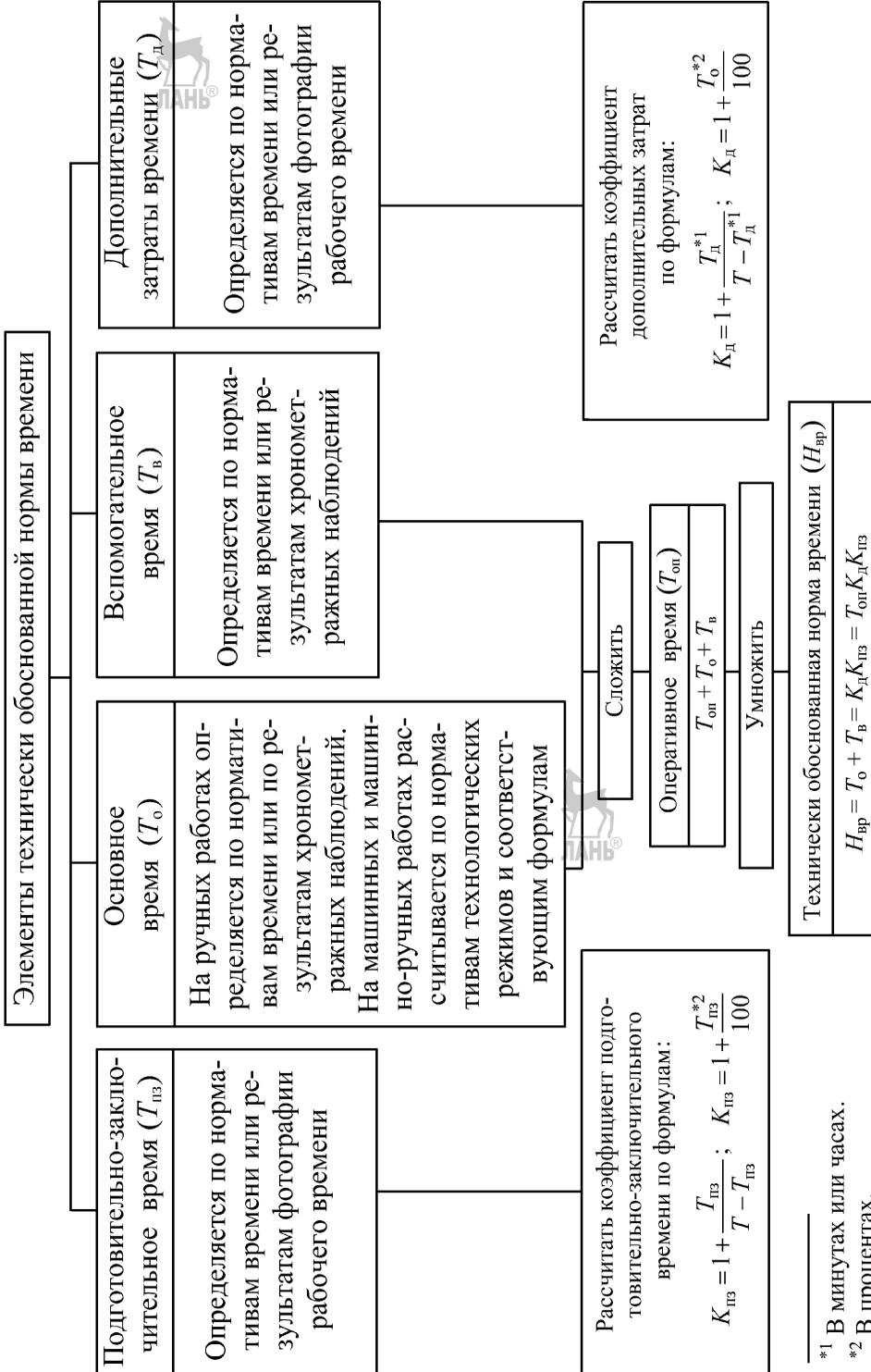
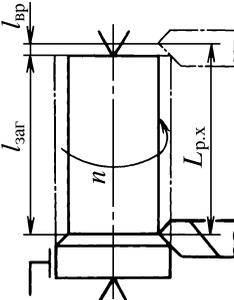
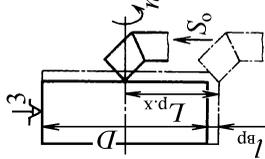
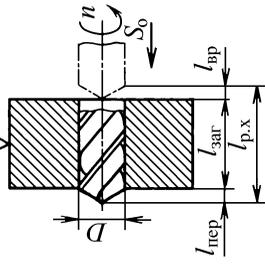


Рис. 12.2. Расчет технически обоснованных норм времени в мелкосерийном и единичном производстве

12.1. Формулы для подсчета машинного времени  $T_{\text{м}}$ , мин

Продольное точение	Поперечное точение	Сверление
 <p>При работе в упор  <math>L_{\text{р.х}} = l_{\text{заг}} + l_{\text{вр}}</math></p> <p>При работе на проход  <math>L_{\text{р.х}} = l_{\text{заг}} + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}</math></p>	 <p>При подрезании торца  <math>L_{\text{р.х}} = \frac{D}{2} + l_{\text{вр}}</math></p> <p>При работе в упор  <math>L_{\text{р.х}} = \frac{D-2}{2} + l_{\text{вр}}</math></p> <p>При отрезании  <math>L_{\text{р.х}} = \frac{D-2}{2} + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}</math></p>	 <p>При работе на проход  <math>L_{\text{р.х}} = l_{\text{заг}} + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}</math></p> <p>При работе в упор  <math>L_{\text{р.х}} = l_{\text{заг}} + l_{\text{вр}}</math></p>
<p>Принятые обозначения. <math>L_{\text{р.х}}</math> – длина рабочего хода инструмента, мм; <math>n</math> – частота вращения заготовки, <math>\text{мин}^{-1}</math>; <math>v</math> – скорость резания, м/мин; <math>n = \frac{1000v}{\pi D} \cdot 318</math>; <math>T_{\text{м}} = L_{\text{р.х}} / nS_0</math>; <math>S_0</math> – подача, мм/об</p>		

с ручной подачей) и  $T_p$  – ручного (например, клеймение детали);  $T_b$  – вспомогательное время, затрачиваемое на установку и съём заготовок, перестановку приспособления и инструмента, управление станком, контроль деталей в процессе обработки, перемещение заготовок в пределах рабочего места;  $T_d$  – дополнительные затраты времени на обслуживание рабочего места  $T_{об}$  (в том числе техническое  $T_{тех}$  (подналадка оборудования в процессе работы, замена инструмента, удаление стружки со станка) и организационное  $T_{орг}$  (приемка и сдача смены, осмотр, чистка и смазка станка, уборка рабочего места), а также время на отдых и личные надобности  $T_{ол}$ ).

Порядок расчета технически обоснованной нормы времени в мелкосерийном и единичном производстве приводится на рис. 12.2.

Расчеты машинного времени  $T_m$  для типичных случаев токарной обработки приведены в табл. 12.1.

Вспомогательное время  $T_b$  устанавливается по нормативам вспомогательного времени. При этом учитывается время, перекрывающееся машинным  $T_{вп}$  и неперекрывающееся  $T_{вн}$ , входящее в состав нормы  $T_{оп}$ .

Нормы вспомогательного времени на выполнение комплекса приемов (подвод и отвод инструмента, включение и выключение подач и вращения шпинделя, промеры), связанных с процессом обработки, разработаны для основных видов токарных операций.

В нормативах вспомогательного времени на выполнение комплексов приемов учтено время на взятие пробных стружек, контрольные промеры и холостые (вспомогательные) перемещения каретки и суппорта. Время  $T_b$  зависит от типа и размеров оборудования; размеров обрабатываемой поверхности, характера и заданной точности обработки, числа переходов и измерений со взятием пробной стружки.

В зависимости от серийности размера партий обрабатываемых деталей вводятся поправочные коэффициенты  $K_{тв}$  на величину вспомогательного времени, указанного в нормативах (табл. 12.2).

## 12.2. Поправочные коэффициенты на $T_b$ в зависимости от размера партии обрабатываемых деталей и основного времени $T_o$

$T_o$ , мин	Коэффициент, $K_{тв}$ , при количестве деталей в партии				
	1; 2	3–5	6–10	11–20	21–30
До 3	1,5	1,4	1,15	1,0	0,85
Св. 3 до 15	1,4	1,15	1,0	0,85	0,75
» 15 » 60	1,2	1,0	0,85	0,75	–

Дополнительное время на операцию

$$T_d = T_{об} + T_{ол} = T_{тех} + T_{орг} + T_{отд} + T_d$$

принимается в процентах от оперативного времени обработки. В условиях серийного производства, при работе с механической подачей  $T_d$  принимают в размере 4 % от  $T_{оп}$ .

## 12.4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ И СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ

Общая трудоемкость изготовления продукции складывается из технологической трудоемкости, т.е. суммы затрат времени основных производственных рабочих, выполняющих все операции технологического процесса (заготовительного, механообработки, сборки, термообработки, окраски и др.), и затрат рабочего времени по обслуживанию основного производства вспомогательными рабочими этих цехов и всеми рабочими вспомогательных цехов предприятия.

Себестоимость производства определяется стоимостью затраченных основных и вспомогательных материалов и суммой выплаченной заработной платы всему персоналу предприятия, а также другими платежами, связанными с производственным процессом.

Эти расходы можно отнести к одной детали или операции и получить их себестоимость.

Себестоимость обработки детали, руб:

$$C = M + З \left( 1 + \frac{a_1 + a_2}{100} \right),$$

где  $M$  – стоимость материала, затраченного на изготовление единицы продукции, за вычетом стоимости отходов, руб;  $З$  – заработная плата производственных рабочих, руб;  $a_1$  – процент начислений на заработную плату;  $a_2$  – процент цеховых и общезаводских накладных расходов на заработную плату\*<sup>1</sup>.

Величина заработной платы определяется по штучно-калькуляционному времени  $T_{шт.к}$ , тарифному разряду работы  $P$  и часовой ставке  $Ч$  первого разряда, руб, установленной для предприятия:

$$З = (T_{шт.к} / 60) \cdot P \cdot Ч.$$

Более точно себестоимость продукции, руб, определяется путем раздельного учета затрат, зависимых и не зависимых от объема производства:

$$C = M + O + П + И + З \left( 1 + \frac{a_1 a_3}{100} \right),$$

где  $O$  – расходы на эксплуатацию (электроэнергию, смазку, ремонт) и амортизацию оборудования и соответствующей части здания;  $П, И$  – расходы на содержание и амортизацию приспособлений и инструментов (расходы  $O, П, И$  рассчитываются как приходящиеся на единицу продукции\*<sup>2</sup>);  $a_3$  – процент накладных расходов, определяемый после вычета из суммы всех производственных расходов затрат на  $O, П, И, M$  и  $З$ .

\*<sup>1</sup> Определяется как отношение всех цеховых и общезаводских затрат за вычетом стоимости материалов и заработной платы, к величине выплаченной зарплаты (основных рабочих) за определенный период.

\*<sup>2</sup> В некоторых случаях зависимые от размера выпуска продукции расходы  $O, П, И$  относят к 1 мин работы оборудования.

Определение себестоимости с выделением зависимых расходов требует довольно тщательных расчетов и выполняется экономистами предприятия.

Снижение себестоимости операции, руб, за счет более рационального ее выполнения при неизменных заготовке и оборудовании можно определить по формуле

$$\Delta C = (C' - C'') = (3' - 3'') \left( 1 + \frac{a_1 a_2}{100} \right) = (T'_{шт.к} - T''_{шт.к}) \frac{P \cdot Ч}{60} \left( 1 + \frac{a_1 a_2}{100} \right),$$

где  $C$ ,  $C'$ ,  $C''$ ,  $3'$ ,  $3''$ ,  $T'_{шт.к}$ ,  $T''_{шт.к}$  – соответственно себестоимость выполнения операции, заработная плата и штучно-калькуляционное время по первому и второму вариантам.





## Глава 13

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

---

Основными причинами выхода оборудования из строя являются: несоблюдение правил эксплуатации, плохой уход за ним, перегрузки, несвоевременная замена изнашиваемых деталей, поломки; неправильная регулировка подшипников и других соединений станка; изнашивание рабочих элементов станка.

Интенсивность изнашивания уменьшается при правильной эксплуатации станков, а также при упрочнении поверхностей деталей в процессе их изготовления и ремонта.

Для оборудования характерны три стадии изнашивания трущихся поверхностей: 1) приработка, зависящая от материала и качества обработки поверхности детали; 2) нормальное изнашивание – пропорциональное времени работы и величине нагрузки на единицу площади; 3) интенсивное (аварийное) изнашивание, сопровождающееся нарушением работы сопряжения (появляются стуки, схватывание трущихся поверхностей и разрушение деталей). При аварийном изнашивании резко возрастает трудоемкость и стоимость ремонта.

В результате изнашивания возникают повреждения деталей внутри узлов станка, не нарушающие их взаимодействие, но вызывающие вибрации, стуки и частичную потерю точности вследствие увеличения зазоров в соединениях, а также рабочих поверхностей базовых деталей и узлов (направляющие станины, суппортов), приводящих к потере точности.

Основным видом изнашивания токарных станков является «выработка» направляющих станины и каретки, а также срабатывание вкладышей подшипников скольжения. Величины износа зависят от условий работы станка и метода обработки направляющих.

Сопrotивляемость поверхности изнашиванию зависит от материала, высоты и расположения неровностей микропрофиля. На трущихся поверхностях должны быть замкнутые микрополости, удерживающие смазочный материал. В случае очень гладких поверхностей смазочный материал выдавливается, происходит трение без смазочного материала, что сопровождается явлениями схватывания и разрушения поверхностей. Принудительная смазка направляющих станины станка и наличие защитных щитков снижает величину износа в 1,25...1,5 раза.

Затраты на ремонт сокращаются вследствие повышения качества ухода за станками (смазки, защиты направляющих от чугунной и абразивной пыли, от забоин и т.д.); регулярных технических осмотров и своевременного устранения мелких неисправностей и повреждений деталей, замены изношенных; своевременных текущих и капитальных ремонтов с соблюдением ремонтных циклов согласно принятой системе планово-предупредительных ремонтов (ППР). Суммарная стоимость ремонтов универсального станка за период его эксплуатации равна стоимости 8...10 таких новых станков.

Ориентировочные данные о допускаемых износах деталей токарных станков приведены в табл. 13.1.

### 13.1. Допускаемый износ деталей

Наименование деталей	Условия работы	Допускаемый износ, мм
Направляющие станины * <sup>1</sup>	При точности обработки на станке по 8–9-му квалитетам	0,1...0,2
	В станках повышенной точности	0,02...0,03
Шейки шпинделей и валов коробок	В подшипниках скольжения	0,01...0,05
	В подшипниках качения	0,01...0,02
	Во втулках скольжения	(0,001...0,01) <i>D</i>
Шлицы валов* <sup>2</sup>	–	0,1...0,15
	При $v < 5$ м/с с безударной односторонней нагрузкой	(15...20) % <i>b</i>
Зубья колес* <sup>3</sup>	При $v \leq 5$ м/с с ударной нагрузкой	(10...15) % <i>b</i>

\*<sup>1</sup> На длине 1000 мм.

\*<sup>2</sup> По ширине.

\*<sup>3</sup> По толщине.

Примечание. *D* – диаметр шейки, мм; *b* – ширина шлицев вала и номинальная толщина зуба.

### 13.1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ЕСППР)

ЕСППР предусматривает систему технических осмотров, малых, средних и капитальных ремонтов, которая должна обеспечивать длительную работоспособность оборудования.

Время между двумя капитальными ремонтами составляет ремонтный цикл. Содержание элементов ремонтного цикла представлено в табл. 13.2.

Приведенные в табл. 13.2 виды ремонтов и техническое обслуживание, выполняемые в определенные сроки по графику, называются плановыми. Аварийные ситуации (поломка деталей, заедание в соединениях и другие отказы станка) вызывают необходимость выполнения технических осмотров и аварийных ремонтов. В случаях крупных поломок и трещин в корпусных деталях, когда станок подлежит списанию, может осуществляться восстановительный ремонт.

Структура ремонтных циклов в зависимости от размеров токарных станков приведены в табл. 13.3.

Возможно применять ремонтные циклы без среднего ремонта: К – О – М<sub>1</sub> – О – М<sub>2</sub> – О – М<sub>3</sub> – О – К.

Ремонтный цикл устанавливается расчетно-аналитическим путем в зависимости от числа часов работы оборудования и его типа.

### 13.2. Виды работ ремонтного цикла

Вид работы	Содержание работ
Технический осмотр (О)	Наружный осмотр и опробование всех механизмов станка. Частичная разборка, мелкий ремонт и замена износившихся деталей, выявление деталей, подлежащих ремонту и замене при очередном ремонте
Малый ремонт (М)	Разборка двух–трех узлов, включая шпиндельный (кроме прецизионных и тяжелых станков). Ремонт и замена износившихся деталей. Регулировка всех механизмов и испытание на холостом (вспомогательном) ходу всех частот вращения шпинделя и подач с проверкой на шум и нагревание узлов и деталей. Составление предварительной дефектной ведомости
Средний ремонт (С)	Выполнение всех работ малого ремонта. Разборка и ремонт узлов шпинделя, коробок скоростей и подач, фартука, насосов охлаждения и смазки. Замена и ремонт всех деталей со сроком службы по ремонтному циклу, включая подшипники шпинделя и детали фрикциона. Частичное шабрение подшипников и направляющих станины и суппортов
Капитальный ремонт (К)	Выполнение всех работ среднего ремонта. Полная разборка всех узлов и ремонт базовых деталей. Восстановление точности, мощности и производительности станка согласно паспортным данным и ТУ. Проверка и устранение дефектов фундамента. Окраска со шпаклевкой всех необработанных наружных и внутренних поверхностей. Опробование станка на холостом (вспомогательном) ходу и в работе. Сдача по ГОСТ 18097–93

### 13.3. Структура ремонтных циклов

Тип станка, его масса, т	Структура ремонтного цикла	Число осмотров*
Легкие и средние, до 10	К–М <sub>1</sub> –М <sub>2</sub> –С–М <sub>3</sub> –М <sub>4</sub> –К	1
Крупные, до 100	К–М <sub>1</sub> –М <sub>2</sub> –С <sub>1</sub> –М <sub>3</sub> –М <sub>4</sub> –С <sub>2</sub> –М <sub>5</sub> –М <sub>6</sub> –К	3
Особо крупные, более 100	К–М <sub>1</sub> –М <sub>2</sub> –М <sub>3</sub> –С <sub>1</sub> –М <sub>4</sub> –М <sub>5</sub> –М <sub>6</sub> –С <sub>2</sub> –М <sub>7</sub> –М <sub>8</sub> –М <sub>9</sub> –К	3

\* Между двумя очередными ремонтами.

Примечание. Индексы 1, 2, ..., 9 – порядковый номер ремонта.

Средняя периодичность межремонтных периодов для мелких и средних станков нормальной точности в зависимости от наработки до капитального ремонта приведена в табл. 13.4.

### 13.4. Средняя периодичность межремонтных периодов

Обрабатываемый материал	Наработка до капитального ремонта			Межремонтный период				
	в станко-часах	в годах при работе в смену			в станко-часах	в месяцах при работе в смену		
		одну	две	три		одну	две	три
Чугун и цветные металлы	27 500	13,5	7,0	4,5	3500	18	9	6
Конструкционные стали	34 100	17	8,5	6,0	3800	23	11	8

Трудоемкость ремонтного обслуживания зависит от сложности конструкции, размеров и массы станков и определяется ремонтосложностью (табл. 13.5). Для крупных токарных станков 1658, 1660, 1680 ремонтосложность составляет соответственно 38, 42 и 62 единицы.

### 13.5. Ремонтосложность (условные единицы) токарных станков

Виды работ	Марка станка				
	1A616	1K62	1A616П	163	1A64
Механические	9	11	12	15	20
Электротехнические	6	8,5	6	14	16

В табл. 13.6 приведены трудоемкости плановых ремонтов и осмотров на единицу ремонтосложности согласно ЕСППР.

### 13.6. Трудоемкость ремонтнообслуживания (нормо-часы) на единицу ремонтосложности

Вид работ	Осмотр перед капитальным ремонтом	Технический осмотр	Ремонт		
			мелкий	средний	капитальный
Слесарные	1,0	0,75	4,0	16,0	23,0
Станочные	0,1	0,1	2,0	7,0	10,0
Прочие	–	–	0,1	0,5	2,0
Итого	1,1	0,85	6,1	23,5	35,0

Технические осмотры станков проводятся при участии станочника-оператора, работающего на станке.



### 13.2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Виды работ по техническому обслуживанию и исполнители этих работ указаны в табл. 13.7.

В руководствах к станкам изложены правила их технического обслуживания. Ими необходимо пользоваться и при технических осмотрах.

В процессе технического обслуживания станков ведется изучение причин неполадок, намечаются меры по устранению конструктивных недостатков и модернизации оборудования, а также уточняются карты технического обслуживания. Очень важно при этом учитывать опыт работающих на станках токарей.

#### 13.7. Основные виды работ по техническому обслуживанию токарных станков и исполнители этих работ

Вид работ	Узлы станков, подлежащие обслуживанию			
	Механическая часть	Электрическая часть	ЧПУ	Смазочная система
<b>Плановые</b>				
Плановый (полный) осмотр	1; 2	3; 1	4; 1	5
Ежемесячный и периодический (частичный) осмотр	1; 2	3; 1	4; 1	5
Ежемесячный уход за станком	1	1	–	–
Ежесменное смазывание	1	–	–	–
Пополнение и замена смазочного материала через 40 ч работы (и более)	2; 5	3; 5	–	5
Промывка механизмов и смазочной системы	1; 2	–	–	5
Периодическая чистка от пыли	–	3	4	–
Профилактическая регулировка механизмов, подтяжка крепежных деталей и замена быстроизнашивающихся деталей	2	3	–	–
Проверка геометрической точности станка	2; 1	–	–	–
<b>Неплановые</b>				
Замена или восстановление работоспособности случайно отказавших деталей	2; 1	3; 1	4; 1	5; 1
Восстановление случайных нарушений регулировки	2; 1	3; 1	4; 1	5; 1

Примечание. Принятые обозначения исполнителей: 1 – оператор; 2 – слесарь; 3 – электрик; 4 – электроник; 5 – смазчик.

Операционные нормы планового технического обслуживания рассчитываются на 1000 ч оперативного времени работы оборудования. На их основе определяется численность ремонтного персонала (слесари, электрики, смазчики). Для учета количества часов, отработанных станком, применяют специальные счетчики. Точный учет работы оборудования позволяет при правильном техническом обслуживании сократить число плановых ремонтов на 30...50 %.

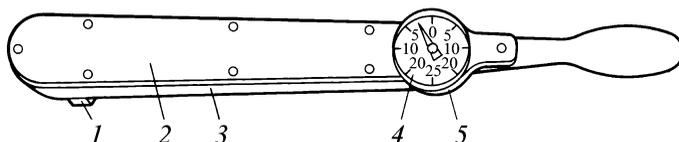
**Плановые осмотры** оборудования проводятся в заранее установленные сроки, по графику; **неплановые** – при отказах станка в работе и при авариях. При технических осмотрах проводят следующие работы: проверку и исправление всех креплений, головок болтов резцедержателя; подтяжку клиньев и прижимных планок; зачистку забоин и задиrow на трущихся поверхностях станин и суппортов; регулировку зазоров в подшипниках шпинделя, ходовых винтах и гайках фартука и суппортов, фрикционов и тормозов; проверку переключений частот вращения шпинделя и величин подач; проверку и мелкий ремонт систем: охлаждения, смазочной, гидравлической и пневматической; проверку наличия дефектов ограждений и щитков и их устранение; проверку состояния механизмов станка с частичной разборкой и заменой деталей и выявление деталей, требующих замены при очередном ремонте.

В процессе технических осмотров и после ремонтов проверяются также силы, необходимые для поворота рукояток управления станков (табл. 13.8) и натяжения клиновидных ремней.

### 13.8. Допускаемые силы для поворота рукояток управления станком

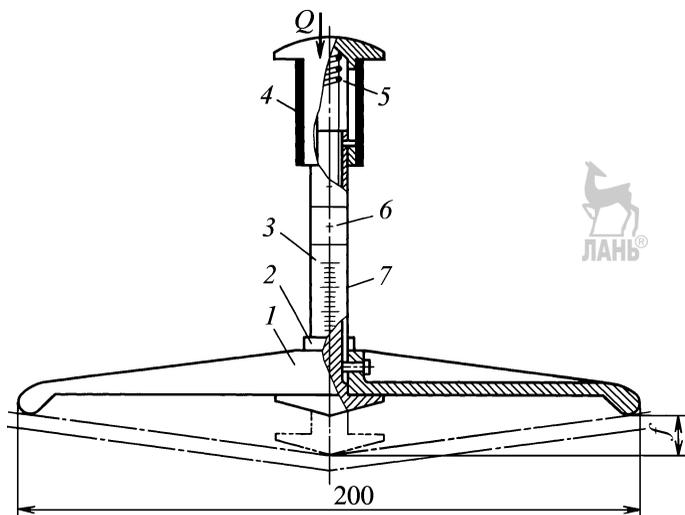
Масса станка, т	Установка рукояток	Частота использования рукояток	Допускаемая сила, Н
До 1	Точная	Нерегламентирована	20
	Рабочая		40
Св. 1	Точная	Часто	80
	Рабочая	Редко	160

С помощью моментометров или динамометрических ключей (рис. 13.1) определяют величину крутящего момента  $M_{кр}$  (кН · м). Для нахождения фактической силы необходимо  $M_{кр}$  разделить на радиус  $R$  (на рисунке не показан). Перед началом работы на хвостовике ключа устанавливают сменную насадку для соединения с осью маховика или рукоятки. Динамометрический ключ ДК-25 используется также для регламентированной затяжки резьбовых соединений станков (в пределах 2,5 кН · м).



**Рис. 13.1. Динамометрический ключ ДК-25:**

1 – хвостовик для сменной головки; 2 – торсионная часть; 3 – корпус; 4 – индикатор; 5 – поворотный диск для установки стрелки индикатора на ноль



**Рис. 13.2. Приспособление для контроля натяжения приводных ремней**

Для обеспечения нормальной работы станков регулярно проводят проверку натяжения клиновидных ремней с помощью приспособления, представленного на рис. 13.2. Планка 1 накладывается на ветви ремня. К рукоятке 4 прикладывается сила  $Q$ , сжимающая тарированную пружину 5, которая перемещает стержень 3 с двумя шкалами. По шкале 6 определяют силу, кН, а по шкале 7 – перемещение стержня 3, т.е. стрелку прогиба ремня  $f$ , равную 1...5 мм. Фактическое натяжение ремня определяется по табл. 13.9 и сравнивается с данными табл. 13.10, в которой приведены нормативные значения натяжения ремней разных сечений. Указательное кольцо 2 (см. рис. 13.2), установленное на стержне 3, служит для отсчета величин по шкале 7. Многоручьевые клиноременные приводы должны комплектоваться ремнями строго одинаковой длины; разница даже в 2...3 мм вызывает повышенное изнашивание перегруженных ремней.

**13.9. Эталоны стрел прогиба**

Сечение клиновидного ремня	Допускаемая сила нагружения ветви, Н	Эталон стрелы прогиба, мм	Фактическая сила натяжения ветви ремня, Н
Z	25	8	70
A	35	8	120
B	35	6	165
C	45	5	275

Примечание. Эталоны стрелы прогиба ветви ремня определяют экспериментально.

### 13.10. Нормы натяжения клиновидных ремней

Сечение ремня	Расчетный диаметр шкива, мм	Сила натяжения одной ветви ремня (в покое), Н
Z	63...90	50
	90 и более	70
A	90...120	100
	125 и более	120
B	125...160	165
	180 и более	210
C	200...224	275
	250 и более	350



**Приемка отремонтированных станков** происходит с участием станочника-оператора. В приемку входят следующие работы: внешний осмотр, испытание на холостом ходу, испытание под нагрузкой в работе; проверка точности; испытание на жесткость.

**При внешнем осмотре** проверяются комплектность станка по технической документации, внешний вид по ТУ и качество сборки станка без его включения.

Результаты внешнего осмотра заносятся в акт сдачи станка из ремонта.

Перед началом **испытания на холостом (вспомогательном) ходу** в полости корпусных деталей следует залить масло, масленки заполнить смазочным материалом, все трущиеся и движущиеся части агрегата смазать и провести опробование всех органов управления станком вручную.

Обкатка станка производится с обильной подачей смазочного материала на малых частотах вращения в течение не менее 30 мин, после чего масло заменяется.

Испытание механизмов главного движения и подач производится на всех ступенях. При максимальном числе оборотов шпиндель должен работать до достижения установившейся температуры его подшипников, но не менее 30 мин.

При наибольшей частоте вращения допускается нагрев: для подшипника скольжения шпинделя до 70 °С, для подшипников качения до 85 °С, для подшипников механизмов подачи до 50 °С.

Необходимо, чтобы "мертвые" ходы подающих винтов были минимальным; приводные ремни не проскальзывали на шкивах, а последние не имели торцевого и радиального биения; чтобы обеспечивалось надежное действие тормозных устройств и фрикционных муфт; включение и выключение их должно быть легким и плавным.

Движущиеся узлы станка должны перемещаться плавно, без скачков; величины их ходов после автоматического выключения механизмов перемещения должны обеспечивать безопасную работу станка, а реверсирование должно происходить без рывков и ударов.

У станков, имеющих автоматизированные узлы, необходимо проверить безотказность их действия.

Вибрация органов управления, самопроизвольные смещения, проветывание и заедание не допускаются. Значения сил на рукоятках ручного управления должны находиться в пределах, указанных в табл. 13.8.

Электрооборудование должно действовать безотказно при всех режимах работы станка, пуске и остановке, обеспечивать надежное действие защитных и аварийных блокировок, конечных выключателей и пускорегулирующей аппаратуры.

В станках с гидроприводом требуется проверить исправность гидросистемы, отсутствие резкого шума\* и утечек масла, плавность и равномерность гидравлической подачи в диапазоне от минимальной до максимальной.

Необходимо провести проверку поступления масла ко всем трущимся поверхностям станка как при пуске, так и во время его работы, проверить надежность работы масляных насосов и устройств для очистки масла (фильтры, сетки и др.), а также легкость регулирования количества подаваемого смазочного материала.

Система охлаждения должна обеспечивать достаточную и непрерывную подачу охлаждающей жидкости, безотказность действия насоса без заливки при его пуске, отсутствие утечки через соединения и легкость регулирования количества подаваемой жидкости и направления ее струи.

В процессе холостой обкатки станка необходимо проверить надежность действия защитных устройств на открытых зубчатых, ременных и цепных передачах, маховиках и других вращающихся деталях. Испытание на холостом (вспомогательном) ходу завершается проверкой технической характеристики станка, которая в результате проведения ремонта могла подвергнуться изменениям.

Подлежат сверке с паспортными данными частоты вращения шпинделя, перемещения кареток, суппортов и другие характеристики.

Проверку частот вращения шпинделя начинают с низшей ступени и проводят по два раза на каждой ступени. Допускается отклонение фактических данных от паспортных не более чем на 5 %.

Результаты сверки с паспортными данными изменений технической характеристики станка в результате модернизации, совмещенной с ремонтом, вносятся в акт приемки станка из ремонта.

**Испытание под нагрузкой** производят обработкой образцов на средних ступенях частот вращения шпинделя, при номинальной мощности с кратковременной перегрузкой до 25 % на черновом или чистовом режиме в зависимости от назначения станка в течение не менее 30 мин.

При испытании под нагрузкой проверяется безотказность действия всех механизмов станка: электро- и гидроаппаратуры; смазочной системы и системы охлаждения; устройств, предназначенных для защиты от перегрузок; тормозов;

---

\* Проверку на шум проводят по ГОСТ 12.1.003–83 (в ред. 1989 г.).

фрикционных при перегрузке на 25 % сверх номинальной мощности, отсутствие буксования и самовыключения.

Неравномерность движений отдельных узлов, возникновение вибраций, следов дробления на обрабатываемых поверхностях при максимальной нагрузке не допускаются.

У станков, предназначенных для обдирочных работ, в процессе испытания под нагрузкой проверяется соответствие фактически потребляемой мощности паспортным данным. Мощность не должна превышать более чем на 5 % мощность, полученную расчетом по выбранному режиму обработки заготовки, с учетом паспортного КПД станка.

Станки, предназначенные для чистовых отделочных работ, проверяются на соответствие паспортным данным шероховатости обрабатываемых поверхностей, на отсутствие следов от обработки и вибраций, рисок и задиrow.

Результаты проверки потребляемой мощности и качества обработанной поверхности (шероховатость) заносятся в акт сдачи станка из ремонта.

### 13.3. ПРОВЕРКА СТАНКОВ НА ТОЧНОСТЬ

Проверка производится после испытания на холостом ходу и под нагрузкой.

В испытания на точность станка входят измерения геометрической точности самого станка и точности деталей, обрабатываемых на станке. Испытание на точность станков производится в соответствии с требованиями ГОСТ 8–82 (в ред. 1992 г.).

Перед испытанием на точность станок устанавливают на фундамент, стэнд или другое жесткое, надежное основание на башмаках или клиньях (без затяжки фундаментных болтов) и выверяют по уровню в продольном и поперечном направлениях.

Если точность выверки станка по уровню в ГОСТ 8–82 (в ред. 1992 г.) не указана, то определяемое по уровню отклонение не должно превышать 0,04/1000 мм.

При проверке станков на точность должны применяться средства измерения, соответствующие по точности требованиям государственных стандартов.

Перечень проверок токарных станков на точность приведен в табл. 13.11.

Приведенные в ГОСТ 18097–93 допускаемые отклонения: параметров относятся к станкам общего назначения классов Н и П. Для станков более высокой точности и специального назначения в паспортах указываются дополнительные требования. Так, для станков, предназначенных для финишной обработки резцами, оснащенными эльбором, допуск на осевое и радиальное биение шпинделя равен 0,005 мм, вибрации вершины резца не более 0,05 мм на холостом ходу и жесткость не менее 20 Н/мкм.

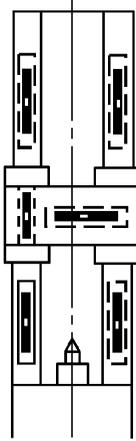
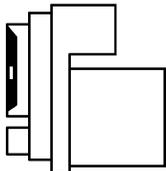
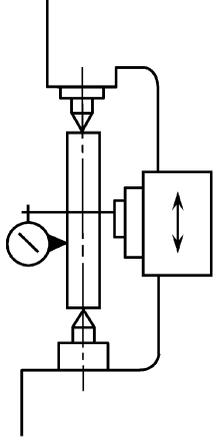
Проверки выполняются посредством центровых и консольных оправок, индикаторов, микроскопа со струной, автоколлиматора, зрительной трубы с визиром и уровня. Методы проверки зависят от размера станков.

**13.11. Перечень проверок станков на точность по ГОСТ 18097–93**

№ проверки	Содержание проверки
1.1	Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости (распространяется на передний и задний суппорты)
1.2	Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости (распространяется на задний и передний суппорты)
1.3	Одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли (или оси вращения шпинделя) задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости
1.4	Параллельность перемещения задней бабки относительно перемещения суппорта
1.5	Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя под патрон
1.6	Осевое биение шпинделя
1.7	Торцовое биение опорного буртика шпинделя
1.8	Радиальное биение конического отверстия шпинделя
1.9	Параллельность оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта в вертикальной ( <i>a</i> ) и горизонтальной ( <i>b</i> ) плоскостях
1.10	Параллельность продольного перемещения верхних салазок суппорта оси вращения шпинделя в вертикальной плоскости
1.11	Перпендикулярность перемещения поперечного суппорта оси вращения шпинделя
1.12	Параллельность перемещения пиноли задней бабки перемещению суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях
1.13	Параллельность оси конического отверстия пиноли относительно перемещения суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях
1.14	Точность кинематической цепи от шпинделя до суппорта (ходового винта)
1.15	Осевое биение ходового винта
1.16	Радиальное биение конического отверстия пиноли задней бабки
1.17	Параллельность продольного перемещения заднего суппорта продольному перемещению переднего суппорта

Полная проверка точности станков по 17 позициям проводится после ремонтов. При технических осмотрах выполняются проверки 1.1, 1.2, 1.5, 1.6 и 1.10 и производится опробование станка в работе. В табл. 13.12 указан порядок проведения проверок, а допускаемые отклонения по этим проверкам в табл. 13.13. В табл. 13.14 приведены данные о выполнении проверок станка на точность обработки, а допускаемые отклонения – в табл. 13.15.

## 13.12. Проверка станков на геометрическую точность (ГОСТ 18097–93 и ГОСТ 22267–76)

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.1. Точность установки направляющих в направлении продольном (схема 1) и поперечном (схема 2)</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 1</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Схема 2</b></p>	<p>Отклонения не должны превышать для станков класса точности Н – 0,04 мм/м, классов точности П, В и А – 0,03 мм/м.</p> <p>Измерения проводят в ряде точек, равномерно расположенных по всей длине станины (схема 1).</p> <p>Уровни можно устанавливать на поперечных салазках (схема 2). Если направляющие не горизонтальны, используют специальный мостик с горизонтальной рабочей поверхностью</p>
<p>1.2. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости (схемы 3, 5 и 7). Допуск, мкм, для станков классов точности, при длине станины 2000...3000 мм: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 40, для <math>D &gt; 800</math> мм – 70, где <math>D</math> – наибольший диаметр заготовки</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 3</b></p>	<p><b>Методы измерения</b></p> <p><i>Метод 1</i> – с помощью консольной оправки и прибора для измерения длин при длине измерения до 500 мм и с помощью центровой оправки и прибора для измерения длин при длине измерения до 1600 мм.</p> <p><i>Метод 2</i> – с помощью уровня при нелIMITируемой длине перемещения.</p> <p><i>Метод 3</i> – с помощью автоколлиматора при нелIMITируемой длине перемещения</p>

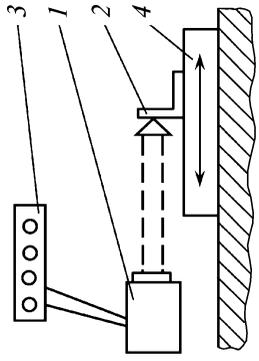


<p>Номер и содержание проверки</p>	<p>Проверяемый параметр и схема измерения</p>	<p>Описание</p>
<p>1.2. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости (схемы 3, 5 и 7). Допуск, мкм, для станков классов точности, при длине станины 2000...3000 мм: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 40, для <math>D &gt; 800</math> мм – 70, где <math>D</math> – наибольший диаметр заготовки</p>	<p>Схема 3</p> <p>Схема 4</p> <p>Схема 5</p> <p>Схема 6</p>	<p><b>Описание методов измерения</b></p> <p><i>Метод 1.</i> Средства измерения: контрольная оправка с хвостовиком или центровыми отверстиями, прибор для измерения длин. Контрольную оправку 1 (схема 4) устанавливают консольно либо в центрах 2. Измерительный прибор 3 так, чтобы измерительный наконечник касался образующей оправки и был перпендикулярен ей.</p> <p><i>Метод 2.</i> Средства измерения: уровень.</p> <p>Уровень 1 (схема 6) устанавливают на проверяемом рабочем органе 2 вдоль направления перемещения. Проверяемый рабочий орган перемещают на заданную длину шагами. Отклонение от прямолинейности определяют наибольшей алгебраической разностью показаний уровня на заданной длине перемещения.</p>

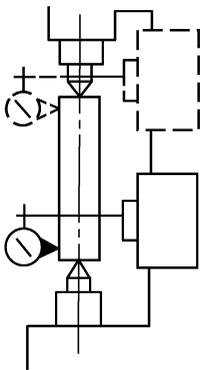
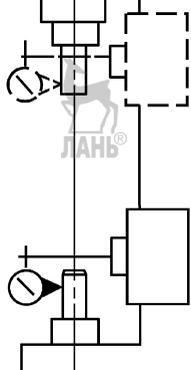
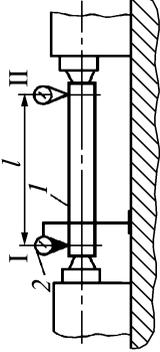
Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.2. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости (схемы 3, 5 и 7). Допуск, мкм, для станков классов точности, при длине станины 2000...3000 мм: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 40, для <math>D &gt; 800</math> мм – 70, где <math>D</math> – наибольший диаметр заготовки</p>	<p style="text-align: center;">Схема 7</p>	<p><i>Метод 3.</i> Средства измерения: автоколлиматор, плоское зеркало. Автоколлиматор 1 (схема 7 и 8) устанавливается на неподвижной части станка так, чтобы его оптическая ось была расположена параллельно направлению перемещения проверяемого рабочего органа 2, на котором укрепляют плоское зеркало 3 на уровне оптической оси и перпендикулярно к ней. Измерение проводят в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях. Отклонение от прямолинейности траектории перемещения в угловых единицах равно наибольшей алгебраической разности показаний автоколлиматора на заданной длине перемещения</p>
<p>1.3. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости (схема 9 и 10). Допуск, мкм, для станков классов точности, при длине станины 2000...3000 мм: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 30, для <math>D &gt; 800</math> мм – 40</p>	<p style="text-align: center;">Схема 9</p> <p style="text-align: center;">Схема 10</p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью оптического квантового генератора и фотоприемника при нелIMITируемой длине перемещения. Средства измерения: оптический квантовый генератор, фотоприемник</p>

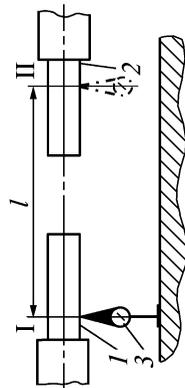
Продолжение табл. 13.12

<p>Номер и содержание проверки</p>	<p>Проверяемый параметр и схема измерения</p>	<p>Описание</p>
<p>1.3. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости (схема 9 и 10). Допуск, мкм, для станков классов точности, при длине станины 2000...3000 мм: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 30, для <math>D &gt; 800</math> мм – 40</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 11</b></p>	<p><b>Проведение измерения</b> Оптический квантовый генератор 1 (схема 11) устанавливается на неподвижной части станка так, чтобы его оптическая ось была параллельна направлению перемещения, а фотоприемник 2 укрепляют на проверяемом рабочем органе 4 на уровне расположения оптической оси. При вертикальном перемещении проверяемого рабочего органа оптический квантовый генератор располагается горизонтально. Регулируют положение оптического квантового генератора так, чтобы показания его измерительного прибора 3 при нахождении фотоприемника в крайних точках хода были одинаковыми. Измерение проводят в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях. Отклонение от прямолинейности траектории перемещения равно наибольшей алгебраической разности показаний измерительного прибора на заданной длине перемещения</p>

Продолжение табл. 13.12

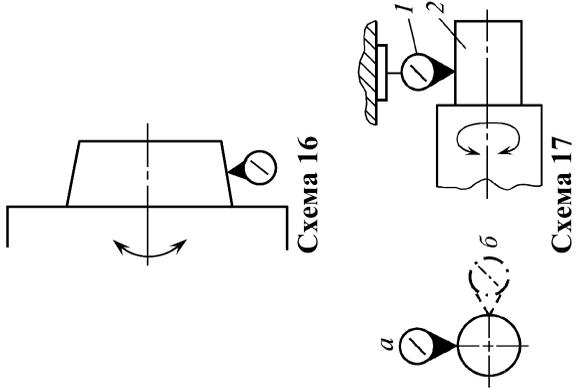
Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.4. Одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пинноли (шпинделя) задней бабки (схема 12 и 13).  Допуск, мкм, для станков классов точности: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 40, для <math>D &gt; 800</math> мм – 60; П, В, А – 20.  Примечание. Ось отверстия пинноли задней бабки должна быть выше оси вращения шпинделя передней бабки</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Схема 12</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Схема 13</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Схема 14</p> </div> </div>	<p><b>Методы измерения</b>  <i>Метод 1</i> – с помощью прибора для измерения длин и контрольной оправки, установленной в центрах.  <i>Метод 2</i> – с помощью прибора для измерения длин и двух контрольных оправок, установленных на концах рабочих органов (шпинделей).  <b>Описание методов измерения</b>  <i>Метод 1.</i> Средства измерения: контрольная (центровая) оправка, прибор для измерения длин, стойка с плоским основанием для крепления измерительного прибора.  Контрольную оправку 1 (схема 14) устанавливают в центрах проверяемых рабочих органов. Стойку с закрепленным измерительным прибором 2 устанавливают на базовую плоскость так, чтобы измерительный наконечник измерительного прибора касался верхней или нижней образующей контрольной оправки поочередно в сечениях I и II, расположенных на заданном расстоянии <math>l</math>. Для исключения из результатов измерения неточности изготовления профильного сечения контрольной оправки допускается производить поворот оправки на <math>180^\circ</math> вокруг своей оси.  Отклонение от одновысотности осей рабочих органов относительно общей базовой плоскости при измерении без поворота оправки равно разности показаний измерительного прибора в сечениях I и II</p>

Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.4. Одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пинноли (шпинделя) задней бабки (схема 12 и 13).                      Допуск, мкм, для станков классов точности: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 40, для <math>D &gt; 800</math> мм – 60; П, В, А – 20.                      Примечание. Ось отверстия пинноли задней бабки должна быть выше оси вращения шпинделя передней бабки</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 15</b></p>	<p>Отклонение от одновысотности осей рабочих органов относительно общей базовой плоскости при измерении с поворотом оправки на <math>180^\circ</math> вокруг ее оси равно разности двух средних арифметических значений показаний измерительного прибора, полученных при измерении до и после поворота контрольной оправки. При этом для каждого положения оправки (до поворота и после него) определяют среднее арифметическое показаний измерительного прибора в сечениях I и II.</p> <p><i>Метод 2.</i> Средства измерения: две контрольные оправки с цилиндрическими измерительными поверхностями предпочтительно одинакового диаметра, прибор для измерения длин, стойка с плоским основанием для крепления измерительного прибора. Контрольные оправки 1 и 2 (схеме 15) устанавливаются на концах рабочих органов. Стойку с закрепленным измерительным прибором 3 устанавливают на общую базовую плоскость так, чтобы измерительный наконечник измерительного прибора касался верхней или нижней образующей контрольных оправок поочередно в сечениях I и II, расположенных на расстоянии <math>l</math>.</p> <p>Для исключения из результатов измерения неточности установки контрольных оправок измерение проводят дважды. Перед вторым измерением рабочие органы с оправками поворачивают на <math>180^\circ</math>. Если рабочий орган не вращается, то оправку отсоединяют и поворачивают на <math>180^\circ</math> вокруг ее оси</p>



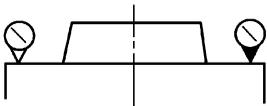
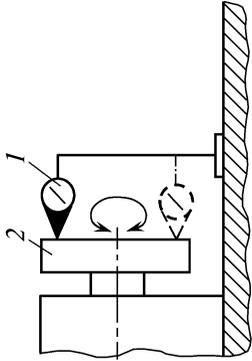
Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.5. Радиальное биение на поверхности шпинделя передней бабки (не распроставляется на станки с несъемными планшайбами, схема 16).</p> <p>Допуск, мкм, для станков классов точности: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 10, для <math>D &gt; 800</math> мм – 15; П – 7; В – 5; А – 3</p>	 <p>Схема 16</p> <p>Схема 17</p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью прибора для измерения длин.</p> <p>При измерении радиального биения рабочего органа, собранного на подшипниках качения (например, шпинделя), его необходимо поворачивать не менее чем на два последовательных оборота.</p> <p><b>Описание метода измерения</b></p> <p>Средство измерения – прибор для измерения длин. Измерительный прибор 1 (схема 17) устанавливают на неподвижной части станка так, чтобы его измерительный наконечник касался проверяемой поверхности 2 и был перпендикулярен оси в плоскости измерения. Рабочий орган приводят во вращение со скоростью, позволяющей регистрировать показания измерительного прибора. Радиальное биение поверхности рабочего органа равно наибольшей алгебраической разности показаний измерительного прибора в плоскостях <i>а</i> и <i>б</i>. Если измерения проводят в двух поперечных сечениях, то за радиальное биение поверхности рабочего органа принимают большее из радиальных биений, определенных в каждом поперечном сечении</p>

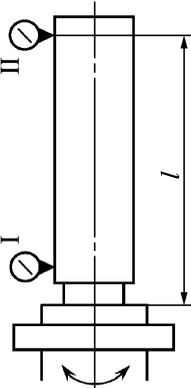
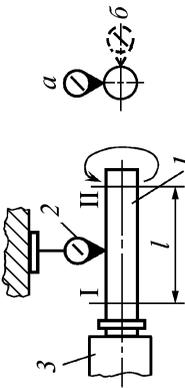
Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.6. Осевое биение шпинделя передней бабки (схемы 18 и 19).                      Допуск, мкм, для станков классов точности: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 10, для <math>D &gt; 800</math> мм – 15; П – 5; В – 3; А – 2</p>	<p>Схема 18</p> <p>Схема 19</p> <p>Схема 20 а)</p> <p>Схема 20 б)</p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью оправки с шариком, или оправки с плоским торцом, или шарика и прибора для измерения длин.</p> <p><b>Описание метода измерения</b>                      Средства измерения: короткая оправка с закрепленным на ее торце шариком, центр которого должен лежать на оси оправки, или короткая оправка с плоским торцом, перпендикулярным ее оси, или шарик, промежуточная пластинка с зажимом, прибор для измерения длин. В отверстие проверяемого рабочего органа 2 устанавливают контрольную оправку с шариком 1 (схема 20, а, б); контрольную оправку с плоским торцом 1 (схема 20, в); шарик 5, если рабочий орган имеет центровое отверстие (схема 20, г). Измерительный прибор 3 устанавливается на неподвижной части станка соосно с проверяемым рабочим органом так, чтобы его: измерительный наконечник касался промежуточной пластины 4 (схема 20, а); плоский измерительный наконечник касался шарика оправки (схема 20, б); измерительный наконечник касался торца оправки (схема 20, в); плоский измерительный наконечник касался шарика, вложенного в центровое отверстие рабочего органа (схема 20, г). Осевое биение рабочей части равно наибольшей алгебраической разности показаний измерительного прибора</p>

Продолжение табл. 13.12

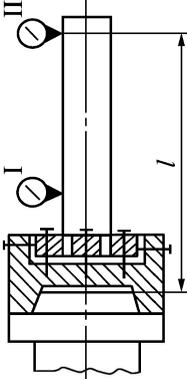
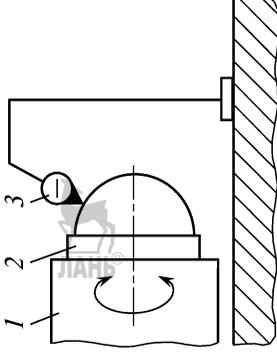
Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.7. Торцевое биение фланца шпинделя передней бабки (не распроставляется на станки с несъемными планшайбами) (схема 21).  Допуск, мкм, для станков классов точности:  Н для <math>D \leq 800</math> мм – 20,  для <math>D &gt; 800</math> мм – 25;  П – 10; В – 6; А – 10</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 21</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Схема 22</b></p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью прибора для измерения длин</p> <p><b>Описание метода измерения</b>  Средство измерения: прибор для измерения длин. Измерительный прибор 1 (схема 22) устанавливается вне проверяемого рабочего органа 2 на неподвижной части станка так, чтобы его измерительный наконечник касался проверяемой поверхности и был перпендикулярен к ней. Измерительный наконечник должен отстоять от оси вращения на заданное (возможно большее) расстояние, которое должно быть установлено в стандартах на нормы точности для станков конкретных типов. Проверяемый рабочий орган поворачивают не менее чем на два оборота со скоростью, позволяющей регистрировать показания прибора. Допускается считать показания прибора при неподвижном рабочем органе в точках, равномерно расположенных по окружности. Измерения проводят не менее чем в четырех точках, равномерно расположенных по окружности. Точек может быть больше четырех, но обязательно четное число. Допускается проводить измерение одновременно несколькими приборами. Для каждого измерения определяют наибольшую алгебраическую разность показаний измерительного прибора. За торцовое биение рабочего органа принимают наибольшее значение измерения из полученных в разных точках</p>

Продолжение табл. 13.12

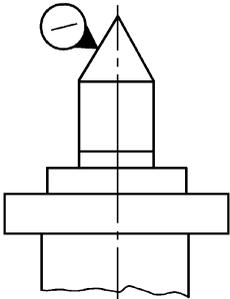
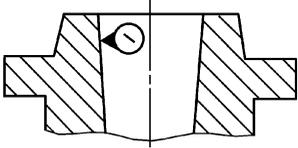
Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.8. Радиальное биение оси внутренней центрирующей поверхности шпинделя передней бабки, (при ее наличии) (схема 23).                      Допуск, мкм, для станков классов точности, при <math>l = 300</math> мм:                      Н для <math>D \leq 800</math> мм – 20,                      для <math>D &gt; 800</math> мм – 30; П – 15</p>	 <p>Схема 23</p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью прибора для измерения длины контрольной оправки</p> <p><b>Описание метода измерения</b>                      В проверяемое отверстие рабочего органа 3 (схема 24) устанавливают контрольную оправку 1. Измерительный прибор 2 устанавливают на неподвижной части станка так, чтобы его измерительный наконечник касался образующей контрольной оправки и был перпендикулярен ее оси. Измерения в сечениях I и II проводят четыре раза. После каждого измерения контрольную оправку поворачивают на <math>90^\circ</math> по отношению к рабочему органу. При каждом измерении фиксируют показания измерительного прибора с плоскостью <math>a</math> к <math>b</math>, по которым определяют наибольшую алгебраическую разность. Радиальное биение поверхности отверстия рабочего органа равно наибольшему среднему арифметическому четырех наибольших алгебраических разностей показаний измерительного прибора в плоскостях <math>a</math> и <math>b</math>, полученных при измерении в сечениях I и II. При этом в сечениях I и II определяют среднее арифметическое четырех наибольших алгебраических разностей показаний измерительного прибора, полученных в плоскости <math>a</math>, и среднее арифметическое четырех наибольших алгебраических разностей показаний, прибора, полученных в плоскости <math>b</math></p>
	 <p>Схема 24</p>	



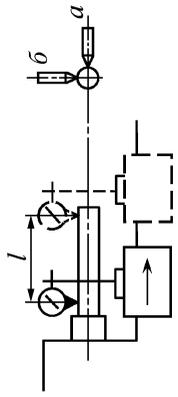
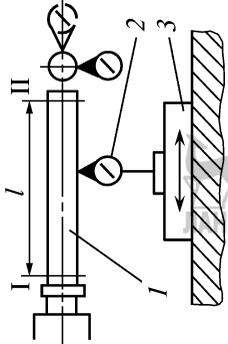
Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.9. Радиальное биение оси вращения шпинделя передней бабки (схема 25). Допуск, мкм, для станков классов точности, при <math>l = 300</math> мм: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 20, для <math>D &gt; 800</math> мм – 30; П – 15</p>	 <p>Схема 25</p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью прибора для измерения длин, установленного неподвижно, и образцовой детали. Применяют при измерении радиального биения оси вращения рабочего органа, несущего заготовку.</p> <p><b>Описание метода измерения</b> Средства измерения: прибор для измерения длин, образцовая деталь (шар, полусфера, кольцо). На проверяемом рабочем органе 1 (схема 26) устанавливают образцовую деталь 2 и центрируют ее относительно оси вращения так, чтобы смещение оси было минимально возможным. Измерительный прибор 3 устанавливают неподвижно вне проверяемого рабочего органа так, чтобы его измерительный наконечник касался образцовой детали.</p>
	 <p>Схема 26</p>	<p>Перемещение измерительного наконечника должно происходить по перпендикуляру к касательной плоскости, проведенной к проверяемой поверхности, и проходить через ось вращения.</p> <p>Проверяемый рабочий орган приводят в медленное вращение. Радиальное биение оси вращения в направлении измерения определяют как алгебраическую разность наибольшего и наименьшего показаний измерительного прибора, зарегистрированных в течение нескольких оборотов рабочего органа. Радиальное биение оси вращения равно наибольшему из результатов двух измерений</p>

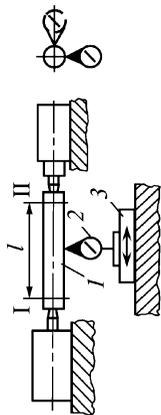
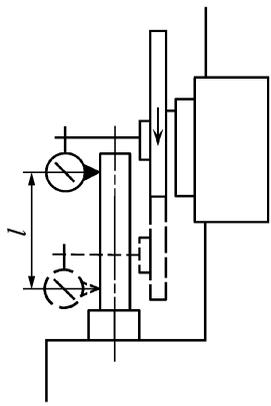
Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.10. Радиальное биение упорного центра, вставленного в отверстие шпинделя (схема 27).                      Допуск, мкм, для станков классов точности: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 15, для <math>D &gt; 800</math> мм – 20; П – 10; В – 8; А – 6</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 27</b></p>	 <p>Аналогичен схеме 20 и способу измерения осевого биения шпинделя передней бабки</p>
<p>1.1.1. Радиальное биение внутренней центрирующей поверхности шпинделя передней бабки (схема 28).                      Допуск, мкм, для станков классов точности:                      Н для <math>D \leq 800</math> мм – 10, для <math>D_a &gt; 800</math> мм – 15; П – 5; В – 4; А – 3</p>	  <p style="text-align: center;"><b>Схема 28</b></p>	<p>Аналогичен схеме 20 и способу измерения осевого биения шпинделя передней бабки</p>

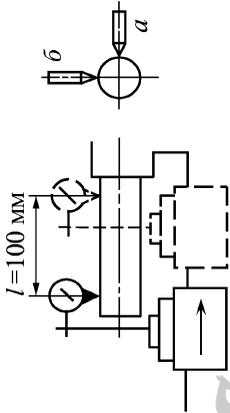
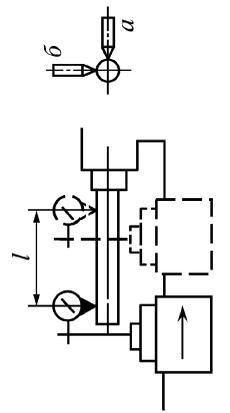


Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.12. Прямолинейность и параллельность траектории продольного перемещения суппорта относительно оси вращения шпинделя передней бабки в плоскостях: горизонтальной (<i>a</i>) и вертикальной (<i>б</i>) (схема 29).</p> <p>Допуск, мкм, для станков классов точности, при <math>l = 300</math> мм, плоскость измерения <i>a</i>: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 15, для <math>D &gt; 800</math> мм – 20; П – 10; плоскость измерения <i>б</i>: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 20, для <math>D &gt; 800</math> мм – 30; П – 20</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 29</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Схема 30</b></p>	<p><b>Метод измерения</b> с помощью контрольной оправки и прибора для измерения длин при расположении оси, относительно которой проводят измерение на неподвижной части станка</p> <p><b>Описание метода измерения</b></p> <p>Средства измерения: прибор для измерения длин, контрольная оправка (центровая или консольная). Контрольную оправку 1 (схема 30 и 31) устанавливают вдоль оси, относительно которой проводят измерение, в центрах или на центрирующей (торцевой) поверхности неподвижной части станка. Измерительный прибор 2 устанавливают на подвижном рабочем органе 3 так, чтобы его измерительный наконечник касался образующей оправки и был перпендикулярен ей в плоскости измерения. Рабочий орган перемещают на заданную длину <i>l</i>. Отклонение от параллельности направления перемещения рабочего органа относительно оси при измерении без поворота контрольной оправки равно алгебраической разности показаний измерительного прибора в начале и конце перемещения рабочего органа. Отклонение от параллельности направления перемещения рабочего органа относительно оси при измерении с поворотом оправки равно среднему арифметическому двух значений алгебраической разности показаний измерительного прибора, полученных при измерении до и после поворота оправки.</p>

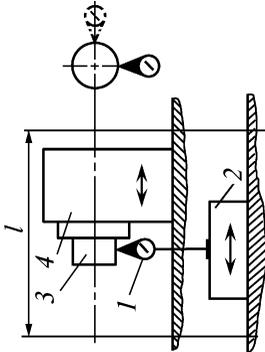
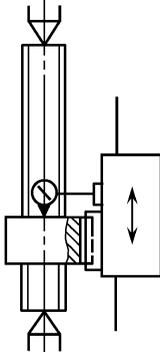
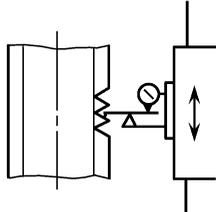
Продолжение табл. 13.12

<p>Номер и содержание проверки</p>	<p>Проверяемый параметр и схема измерения</p>	<p>Описание</p>
<p>1.13. Прямолинейность и параллельность траектории перемещения верхних салазок суппорта относительно оси вращения шпинделя передней бабки в вертикальной плоскости (схема 32). Допуск, мкм, для станков классов точности, при <math>l = 300</math> мм: Н – 40; П – 25</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 31</b></p>	<p>При этом для каждого положения оправки (до порога и после него) определяют алгебраическую разность показаний измерительного прибора в начале и конце перемещения рабочего органа. Суммарное отклонение от прямолинейности и параллельности траектории перемещения рабочего органа относительно оси при измерении без поворотной контрольной оправки равно наибольшей алгебраической разности показаний измерительного прибора на всей длине перемещения рабочего органа</p>
<p>Аналогичен схеме 29 и способу измерения прямолинейности и параллельности траектории продольного перемещения суппорта относительно оси вращения шпинделя передней бабки в плоскостях</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 32</b></p>	<p>Аналогичен схеме 29 и способу измерения прямолинейности и параллельности траектории продольного перемещения суппорта относительно оси вращения шпинделя передней бабки в плоскостях</p>

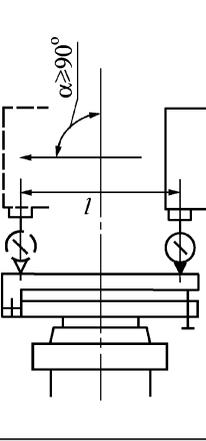
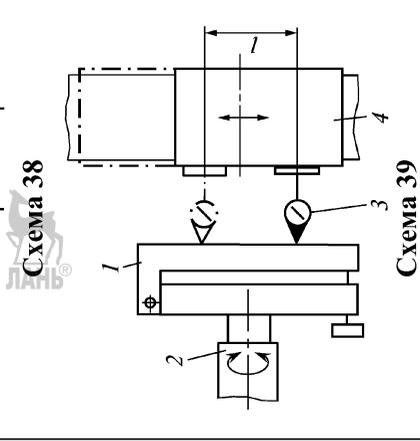
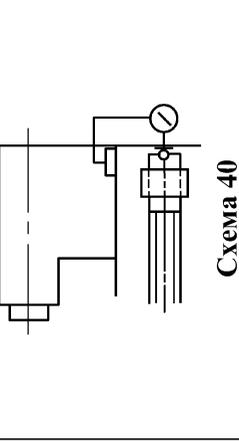
Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.14. Параллельность оси направленной поверхности пинноли суппорта к направлению перемещения суппорта в плоскостях: горизонтальной (а), вертикальной (б) (схема 33).</p> <p>Допуск, мкм, для станков классов точности, плоскость измерения а: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 15, для <math>D &gt; 800</math> мм – 20; П – 10; В – 8; А – 6; плоскость измерения б: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 20, для <math>D &gt; 800</math> мм – 30; П – 15; В – 10; А – 8</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 33</b></p>	<p>Аналогичен схеме 29 и способу измерения прямолинейности и параллельности траектории продольного перемещения суппорта относительно оси вращения шпинделя передней бабки в плоскостях</p>
<p>1.15. Параллельность направления перемещения пинноли задней бабки направлению перемещения суппорта в плоскостях: горизонтальной (а) и вертикальной (б) (схема 34).</p> <p>Допуск, мкм, для станков классов точности, при <math>l = 100</math> мм, плоскость измерения а: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 12; П – 10; В – 8; А – 6; плоскость измерения б: для Н <math>D \leq 800</math> мм – 12; П – 10; В – 8; А – 6</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 34</b></p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью прибора для измерения длин, закрепленного на одном перемещаемом рабочем органе и касающегося измерительным наконечником другого рабочего органа</p> <p><b>Описание метода измерения</b></p> <p>Исходное положение и фиксацию проверяемых и других рабочих органов в соответствии с их функциональным назначением устанавливают в стандартах на нормы точности и технических условиях на конкретные типы станков. Измерения проводят в одной или двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, количество и положение которых должны быть указаны в стандартах на нормы точности и технических условиях на конкретные типы станков.</p>

Продолжение табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 35</b></p>	<p>Средство измерения: прибор для измерения длин. Измерительный прибор 1 (схема 35) устанавливается на одном из проверяемых рабочих органов 2 так, чтобы его измерительный наконечник касался перпендикулярно поверхности упора (детали) 3 на втором рабочем органе 4. Поверхность упора (детали) должна быть параллельна направлению перемещения. Оба рабочих органа перемещают в одном направлении на заданную длину <math>l</math></p>
<p>1.16. Точность кинематической цепи шпиндель-ходовой винт (схема 36 и 37)</p> 	 <p style="text-align: center;"><b>Схема 36</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Схема 37</b></p>	<p>Контрольную пару винт-гайка (схема 36) или контрольный винт (схема 37) с шагом, возможно близким к шагу ходового винта, устанавливают в центрах передней и задней бабок. Измерительный прибор устанавливают на суппорте так, чтобы измерительный наконечник упирался в торец контрольной гайки или касался одной из боковых сторон контрольного винта. Станок настраивается на нарезание резьбы с шагом, равным шагу контрольной пары (винта), и приводится в действие. Отклонение равно наибольшей разности показаний измерительного прибора на длине измерения</p>

Окончание табл. 13.12

Номер и содержание проверки	Проверяемый параметр и схема измерения	Описание
<p>1.17. Перпендикулярность траектории перемещения поперечных салазок суппорта к оси вращения шпинделя передней бабки (схема 38). Допуск, мкм, для станков классов точности, при <math>l = 300</math> мм; Н – 8; П – 6; В – 4; А – 3</p>	 <p style="text-align: center;">Схема 38</p>  <p style="text-align: center;">Схема 39</p>	<p><b>Метод измерения</b> – с помощью регулируемой поперечной линейки с хвостовиком и прибора для измерения длин, устанавливаемого на подвижном рабочем органе</p> <p><b>Описание метода измерения</b> Средства измерения: регулируемая линейка, прибор для измерения длин.</p> <p>Регулируемую линейку 1 (схема 39) устанавливают на шпинделе 2 подвижной части станка, а измерительный прибор 3 на подвижно рабочем органе 4 так, чтобы его измерительный наконечник касался рабочей поверхности линейки. Линейку поворачивают вокруг оси на 180°, и ее положение регулируют таким образом, чтобы показания измерительного прибора при поочередном подводе к его наконечнику концов линейки были одинаковыми. Рабочий орган перемещают на заданную длину <math>l</math></p>
<p>1.18. Осевое биение ходового винта (схема 40). Допуск, мкм, для станков классов точности: Н для <math>D \leq 800</math> мм – 15, для <math>D &gt; 800</math> мм – 20; П – 10; В – 8; А – 5</p>	 <p style="text-align: center;">Схема 40</p>	<p>Аналогичен схеме 20 и способу измерения осевого биения шпинделя передней бабки</p>

**13.13. Допускаемые отклонения, мкм, по проверкам станков на геометрическую точность**



Класс точности станка	Наибольшая длина перемещения, мм										
	До 125	Св. 125 до 200	Св. 200 до 320	Св. 320 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3200	Св. 3200 до 5000	Св. 5000 до 8000	Св. 8000 до 12 500

**Проверка 1.2**

Н	10	12	16	20	25	30	40	50	65	80	100
П	6	8	10	12	16	20	25	30	40	–	–
В	4	5	6	8	10	12	16	–	–	–	–

**Проверка 1.3**

Н	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	65
П	4	5	6	8	10	12	16	20	25	–	–
В	3	3	4	5	6	8	10	–	–	–	–

**Проверки 1.5 и 1.6**

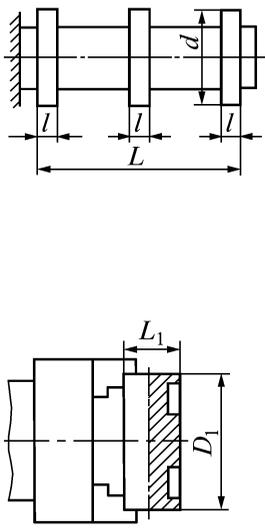
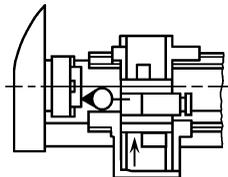
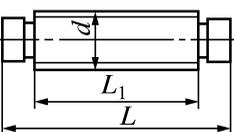
Класс точности станка	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм				
	Св. 250	Св. 250 до 800	Св. 800 до 1600	Св. 1600 до 3200	Св. 3200 до 6300
Н	8	10	16	25	40
П	5	7	10	–	–
В	3	5	–	–	–

**Проверка 1.12**

Класс точности станка	Номер проверки	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм										
		До 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 800	Св. 800 до 1600	Св. 1600 до 3200	Св. 3200 до 6300					
Н	1.9a	12	16	20	35	40	40	40	40	40	40	
	1.9б											8
П	1.9a	10	10	12	20	20	20	20	20	20	20	
	1.9б											5
В	1.9a	8	6	–	–	–	–	–	–	–	–	
	1.9б											3

Примечание. Свободный конец оправки может отклоняться вверх и в направлении к резцу переднего суппорта.

## 13.14. Проверка станков на точность обработки (ГОСТ 18097–93)

Номер и содержание проверки	Контроль результатов	
2.1. Точность геометрической формы цилиндрической поверхности образца 1*		<p><math>a</math> – постоянство диаметра в поперечном сечении;</p> <p><math>b</math> – постоянство диаметра в любом сечении (см. табл. 13.15)</p> <p>Образец 1 – валик или диск <math>d \geq \frac{1}{8} D</math>, но не более 300 мм; <math>L \approx \frac{1}{2} D</math>, но не более 500 мм; <math>l = 20</math> мм при <math>L \leq 100</math> мм (два пояска); <math>D</math> – наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой на данном станке</p>
2.2. Плоскостность торцевой поверхности образца 2*		<p>Образец 2 – диск <math>D_1 \geq \frac{1}{2} D</math>, но не более 100 мм, <math>L_1 \geq \frac{1}{8} D</math></p> <p>Замер индикатором или контрольной линейкой и щупом</p> <p>При <math>D_1 = 200</math> мм допускается <math>\geq 3</math> кольцевых пояска</p>
2.3. Точность шага резьбы, нарезанной на станке		<p>Шаг резьбы и диаметр должны быть примерно равны шагу и диаметру ходового винта; <math>L \geq d</math>, но не больше 1000 мм, <math>L_1 \leq 500</math> мм</p>

\* Образец устанавливается в патроне или в отверстии шпинделя.

**13.15. Допускаемые отклонения, мкм, при проверке станков на точность обработки**

Класс точности станка	Номер проверки	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм					
		До 250 на длине $L = 100$ мм	Св. 250 до 400 на длине $L = 200$ мм	Св. 400 до 800 на длине $L = 300$ мм	Св. 800 до 1600 на длине $L = 300$ мм	Св. 1600 до 3200 на длине $L = 500$ мм	Св. 3200 до 6300 на длине $L = 500$ мм
Н	2.1а	6	8	10	16	25	40
	2.1б	10	20	30	40	65	80
П	2.1а	4	5	7	10	-	-
	2.1б	7	12	20	25		
В	2.1а	2,5	3	5	-	-	-
	2.1б	5	8	12			

Класс точности станка	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм					
	До 250 на длине $L = 100$ мм	Св. 250 до 400 на длине $L = 200$ мм	Св. 400 до 800 на длине $L = 300$ мм	Св. 800 до 1600 на длине $L = 300$ мм	Св. 1600 до 3200 на длине $L = 500$ мм	Св. 3200 до 6300 на длине $L = 1000$ мм

**Проверка 2.2**

Н	10	16	20	25	40	80
П	6	10	16	20	-	-
В	4	5	10	-	-	-

Класс точности станка	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм			
	До 250 на длине $L = 50$ мм	Св. 250 до 800*	Св. 800 до 1600*	Св. 1600*

**Проверка 2.3**

Н	20	40	50	70
П	16	30	40	-
В	12	25	-	-

\* На длине  $L = 300$  мм.

Станки, работающие на особо точных финишных операциях, подвергаются проверке на технологическую точность между плановыми ремонтами. Эти станки вносятся в специальную ведомость и проверяются по графику не реже 1 раза в три месяца. Проверка выполняется по инструкционной карте, составленной для данного типа станков и операций. Результаты проверки заносятся в контрольную карту данного станка.

**13.4. ПРОВЕРКА СТАНКОВ НА ЖЕСТКОСТЬ**

Методы проверки регламентированы ГОСТ 18097-93.

Прибор для измерения жесткости токарных станков (рис. 13.3) устанавливается в резцедержатель и воздействует посредством нагрузочного винта б через динамометр 3 на оправку 2 в центрах. Величина нагрузки отсчитывается по

13.16. Параметры испытания станков на жесткость

Параметр	Значения параметров, мм																	
	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
Расстояние от точки приложения силы до резцедержателя	21	28	28	38	38	50	50	67	67	90	90	120	120	160	210* <sup>1</sup>	210* <sup>1</sup>	280	
Расстояние от точки приложения силы до торца корпуса задней бабки	50	60	70	80	95	115	140	170	200	235	270	310	360	410	475	560	650	700
Диаметр оправки в точке изменения перемещения	15	20	25	30	35	40	40	40	45	45	45	80	80	120	160* <sup>1</sup>	160* <sup>1</sup>	200* <sup>1</sup>	
Параметр	Значения параметров, мм																	
	Конус Морзе							Конусность 1:10 и 1:7										
Конусное отверстие в шпинделе (переходной втулке) или пиноли для упорных центров* <sup>2</sup>	0	1	2	3	4	5	6	80	90	100	110	120	140	160	180	200		
Расстояние от точки приложения силы до торца шпинделя (переходной втулки) или пиноли, мм	22	28	36	45	55	70	90	100	110	120	135	150	170	190	210	230		

\*<sup>1</sup> Допускается увеличение расстояния от точки приложения силы до резцедержателя до 280 мм и диаметра оправки в точке измерения перемещения до 460 мм в случае невозможности подвода резцедержателя суппорта в заданное положение.

\*<sup>2</sup> По ГОСТ 13214-79 (в ред. 1992 г.), ГОСТ 18259-72 и ГОСТ 18260-72 (в ред. 1986 г.).

Примечание. Наибольшее расстояние от торца шпинделя до торца корпуса задней бабки находится в пределах 0,75...0,85 наибольшего межцентрового расстояния.

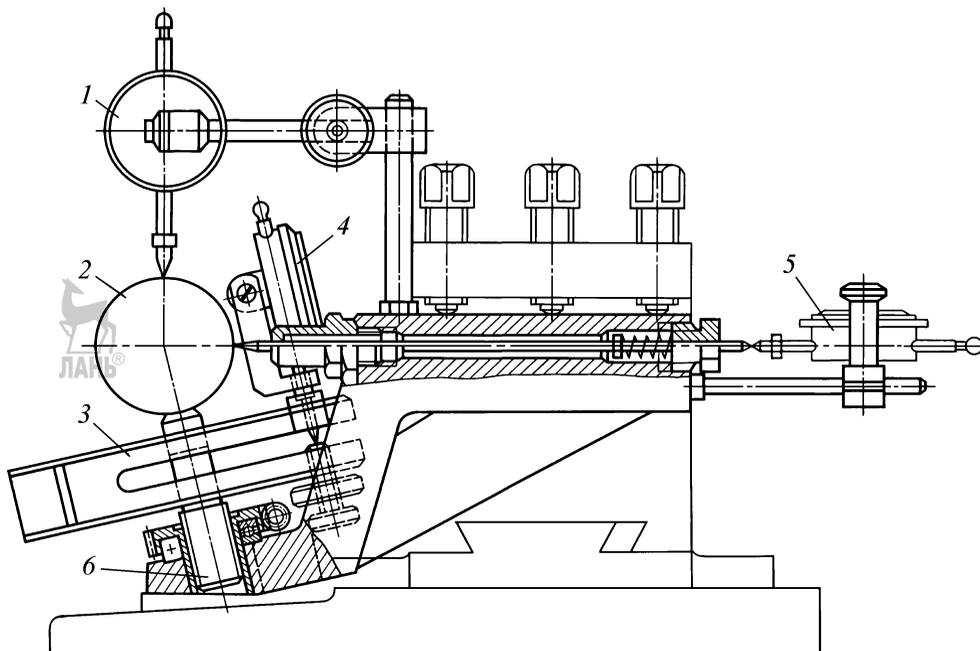


Рис. 13.3. Прибор для измерения жесткости станков

индикатору 4, величины отжатия – по индикаторам 1 и 5. В табл. 13.16 указаны основные параметры при проверке станков на жесткость. Полученные данные сравниваются с нормативными (табл. 13.17).

**13.17. Силы и допускаемые отжатия при испытании станков на жесткость**

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	Класс точности станка	Прилагаемая сила $P$ , Н	Допускаемое отжатие, мм, для проверки заготовок с $D$ , мм	
			До 1000	Св. 1000
100	Н	700	0,04	0,05
	П	560	0,025	0,03
125	Н	1000	0,05	0,07
	П	800	0,03	0,04
160	Н	1400	0,07	0,10
	П	1120	0,04	0,06
200	Н	2000	0,10	0,13
	П	1600	0,06	0,08
250	Н	2800	0,13	0,16
	П	2240	0,08	0,10

Окончание табл. 13.17

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	Класс точности станка	Прилагаемая сила $P$ , Н	Допускаемое отжатие, мм, для проверки заготовок с $D$ , мм	
			До 1000	Св. 1000
320	Н	4000	0,16	0,20
	П	3200	0,10	0,13
400	Н	5600	0,20	0,27
	П	4480	0,13	0,17
500	Н	8000	0,27	0,35
	П	6400	0,18	0,22
630	Н	11 200	0,35	0,47
	П	8960	0,22	0,30
800	Н	16 000	0,47	0,60
	П	12 800	0,30	0,40
1000	Н	22 400	0,60	0,80
	П	17 920	0,40	0,50
1250	Н	31 500	0,80	1,05
	П	25 200	0,50	0,65
1600	Н	45 000	1,05	1,40
	П	—	—	—
2000	Н	63 000	1,40	1,80
	П	—	—	—
2500	Н	90 000	1,8	2,3
	П	—	—	—
3200	Н	125 000	2,3	—
	П	—	—	—
4000	Н	185 000	3,0	3,8
	П	—	—	—
5000	Н	250 000	3,8	4,8
	П	—	—	—

Примечание. Перед каждой нагрузкой все подвижные части (суппорт, пиноль и корпус задней бабки) перемещать, а шпиндель проворачивать. Суппорт подводить к линии центров. Болтовые крепления выполнять без применения удлинителей.

### 13.5. ИСПЫТАНИЯ СТАНКОВ НА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

Кроме обязательных испытаний станков проводится их проверка на виброустойчивость при особо высоких требованиях к шероховатости поверхности, а также при работе алмазными и эльборовыми резцами.

Критерием виброустойчивости является максимальная ширина среза стружки, после увеличения которой возникают вибрации. Испытания проводят во всем диапазоне частот вращения шпинделя при двух–трех подачах. Для патронных станков сравнительные испытания удобно проводить на конусных образцах, устанавливаемых в коническом отверстии шпинделя. Длина рабочей части образца 150...200 мм; уклон 5...7 мм на 1000 мм длины; начальная глубина резания 1...2 мм. Увеличиваясь по мере продвижения резца к передней бабке, она при определенной ширине среза вызывает вибрации. Возникновение их может быть ускорено или замедлено путем уменьшения или увеличения подачи. Оценка уровня вибраций проводится согласно ГОСТ 12.2.009–99.



## Глава 14



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

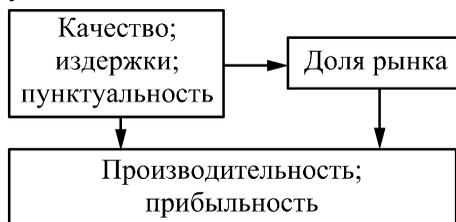
### 14.1. СОВРЕМЕННЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ "КАЧЕСТВО"

Качество продукции относится к числу важнейших критериев и показателей успешной работы любого предприятия, и особенно роль этого показателя возрастает в условиях конкуренции, характерных для рыночных условий работы предприятия. Качество является основой конкурентоспособности продукции и характеристикой работы каждого рабочего. В соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 9000–2001 (в ред. 2004 г.) под качеством продукции понимается "*Степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям*". Это понятие относится как к выпускаемой продукции изготовляемой детали, так и к конкретной токарной операции, которую выполняет токарь. Разница только в требованиях, предъявляемых к продукции, к детали или в выполняемой операции. При этом под требованием понимается "*Потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным*", а под характеристикой понимается "*Отличительное свойство*". Для продукции требования должны соответствовать потребительским свойствам продукции, а для детали, обрабатываемой токарем или выполняемой им отдельной операцией, требования определяются рабочим чертежом или операционным эскизом.

Работа по качеству предусматривает две функции:

- обеспечение качества, т.е. изготовление деталей или продукции с заданными характеристиками;
- управление качеством, т.е. скоординированная деятельность по руководству и управлению качеством на всех уровнях производства с целью постоянного улучшения качества.

Необходимым условием для успешной работы предприятия в современных условиях является частая смена изделий, переход к выпуску более совершенной



продукции лучшего качества. На первое место в успешной экономической деятельности любого предприятия выходит удовлетворенность потребителей продукцией, производимой предприятием, независимо от того, чем она является – товаром или услугой. На рис. 14.1 приведены основные факторы, обеспечивающие эффективность работы предприятия, связанные с качеством продукции.

**Рис. 14.1. Влияние качества продукции на успешную экономическую деятельность предприятия**



**Рис. 14.2. Факторы, определяющие удовлетворенность потребителей качеством продукции и услуг**

При этом необходимо отличать различные понятия качества:

- *уровень качества* – любая количественная оценка, полученная путем сравнения наблюдаемых параметров с заданными значениями;
- *класс качества* – категория или разряд, присвоенные объектам, имеющим то же самое функциональное применение, но различные требования по качеству;
- *совершенство* – высокий уровень при высоком классе и при известной (относительной) цене.

Важнейшей характеристикой качества продукции является удовлетворенность потребителей. Основные факторы, оцениваемые при анализе удовлетворенности качеством продукции, приведены на рис. 14.2.

Для токаря, выполняющего отдельную операцию, потребителем является рабочий, выполняющий следующую операцию по маршруту обработки детали.

Работа по обеспечению и улучшению качества продукции должна носить не случайный, а системный характер. Содержание и принципы организации этой работы сформировались за несколько этапов.

1. *Традиционная система*, основой которой является контроль. На предприятиях создаются бригады контролеров для исследования, измерения или испытания продукции и сравнения ее с требуемыми характеристиками. Продукция низкого качества обнаруживается контролером и отделяется от продукции "хорошего" качества. Она или выбрасывается, или перерабатывается, или продается по более низкой цене. Очевидно, что эта система имеет существенные недостатки. Контролеры не всегда обнаруживают, брак и часть его неизбежно попа-

дает потребителю. Кроме того, ответственность за качество перекалывается с тех, кто производит, на тех, кто осуществляет контроль. При такой системе на предприятиях работает большое число контролеров (на западных фирмах – до 15 % от числа работающих). Японские фирмы отказались от такой системы, и у них число контролеров не более 5 %, а в некоторых фирмах около 1 % при высоком качестве продукции.

В качестве недостатков системы можно отметить:

- большая численность непроизводственного персонала, снижающего общую производительность. Недостаток исчезает, если нет дефектов;
- усложняется работа с субподрядчиками (поставщиками), так как необходима проверка материалов и комплектующих, поступающих от них;
- сложность прохождения управляющих воздействий из-за больших сроков прохождения информации о браке. Самоконтроль резко сокращает эти сроки;
- контролеры могут произвести контроль только при невысоких темпах производства. В массовом производстве требуется автоматизация контроля, что очень дорого.

2. *Управление качеством.* Этот этап сформировался на предприятиях оборонного комплекса. Оказалось недопустимым, чтобы до 5 % военных изделий были неисправными, что привело к изменению системы и переходу к управлению качеством. В этой системе упор делается на системы управления испытаниями продукции, управления процессами отработки документации в целях достижения большей управляемости процессами и устранения несоответствий продукции установленным требованиям, на сбор информации, самоконтроль и промежуточные этапы контроля. Тем не менее, окончательный контроль все еще рассматривается как основная защита интересов потребителя.

3. *Обеспечение качества.* На этом этапе внимание перенесено с качества продукции на качество работы на всех этапах жизненного цикла изделия. На предприятиях создается система управления процессами проектирования и производства для каждого этапа, а не только для этапа производства продукции. Упор делается на предупреждение, а не на выявление брака. Создаются контролируемые системы (научно-производственные объединения), обеспечивающие управляемость всех процессов, начиная с проектирования и кончая его обслуживанием у потребителя. Типичным для этой системы является выпуск руководств по качеству, программ качества, технологических и рабочих инструкций. Слабая сторона такого подхода – недостаточное внимание тем сферам, которые мало связаны с проектированием и изготовлением продукции.

4. *Всеобщее руководство качеством.* На этом этапе были преодолены все имеющиеся недостатки первых систем. В системе всеобщего руководства качеством управление последним охватывает все сферы деловой активности, а не ограничивается лишь контролем продукции. Этот подход распространяется и на такие понятия, как окружающая среда, здоровье, безопасность и др.

Основными предпосылками выпуска высококачественной продукции являются:

- качество определяется не рабочим на самоконтроле, мастером или контролером – оно предполагает удовлетворение запросов потребителей. Для обес-

печения качества важен постоянный диалог между поставщиком и потребителем (внутри коллектива или вне его);

– обеспечение качества – это не фиксация брака, а его предотвращение. Это единственный путь к качеству;

– от работы по качеству зависит успех работы любой компании. Целью должен стать **поиск совершенства**.

Суть функции управления качеством состоит в расширении задач от сортировки продукции на годную и негодную до регулировки процесса с тем, чтобы предупредить последующее появление негодной продукции.

## 14.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Основы обеспечения качества должны быть заложены в каждом производственном процессе. Общая схема любого процесса, в том числе и процесса токарной обработки, приведена на рис. 14.3.

Входами процесса являются исходные материалы, из которых изготавливается продукция. Для токарной обработки входами являются заготовки, из которых изготавливаются детали.

Ресурсами являются все технические и организационные элементы, участвующие в процессе. Для токарной обработки ресурсами являются:

- персонал (токарь);
- оборудование;
- режущий инструмент;
- мерительный инструмент;
- станочное приспособление (оснастка);
- производственная среда.

Элементами управления являются технические требования к качеству деталей, установленные чертежом или операционным эскизом.

Выходом процесса являются полученные детали. Качество деталей обеспечивается только при условии обеспечения требований качества заготовок и всех видов ресурсов.

Критерием выбора класса точности станка должна быть минимальная себестоимость обработки, зависящая от стоимости станка. Чем выше класс точности станка, тем выше его стоимость. Данные по соотношению точности и стоимости оборудования в зависимости от класса точности станков приведены в табл. 15.1.

Данные, приведенные в табл. 15.1, необходимо учитывать при выборе модели станка по необходимой точности деталей.

Необходимо учитывать, что показатели точности, определенные государственными стандартами для каждого класса точности станка, обеспечиваются только при выполнении правил ремонта и технического обслуживания станков, установленных ЕСППР оборудования.



Рис. 14.3. Общая схема процесса

### 14.1. Соотношение точности и стоимости оборудования

Класс точности станка	Относительная погрешность, %	Относительная стоимость, %
Нормальная (Н)	100	100
Повышенная (П)	60	140
Высокая (В)	40	200
Особо высокая (А)	25	280
Особо точные (С)	16	450

На объективность оценки параметров качества при токарной обработке существенно влияет точность измерения. При этом должны учитываться два фактора, обеспечивающие точность измерения:

- точность метода и средства измерения;
- соблюдение условий проведения измерения.

Основными требованиями к методам и средствам измерения являются метрологические требования.

*Метрология* – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от действительного значения. За действительное значение принимается значение измеряемой величины, определенное с погрешностью на порядок меньшей, чем определяемая погрешность измерений.

Метрологические требования должны учитываться при выборе методов и технических средства измерения и при обеспечении условий измерения.

1. Допускаемая погрешность метода измерения в зависимости от точности обрабатываемых деталей. Значения допускаемых погрешностей измерения линейных размеров в зависимости от качества точности обрабатываемых деталей приведены в табл. 14.2.

В табл. 14.3 приведены допускаемые погрешности методов измерения при измерении отклонений формы и расположения поверхностей обрабатываемых деталей.

По допускаемой погрешности метода измерения выбирается средство измерения. Каждое средство измерения в зависимости от используемого метода и конструктивных особенностей обеспечивает определенную точность измерения, которая должна быть не ниже требуемой, приведенной в табл. 14.2 и 14.3. В табл. 14.4 приведены погрешности основных средств измерения, используемых в механообрабатывающих цехах, в том числе и при обработке на токарном станке.

Точность измерения специальных измерительных средств (калибры-пробки, калибры-скобы, шаблоны, лекала и др.), а также в специальных контрольных приспособлениях обеспечивается при проектировании и изготовлении этих технических средств.

14.2. Допускаемые погрешности измерения  $\delta$ , мкм, в зависимости от качества и номинального значения размера

Номинальный размер, мм	Квалитет точности обработки																	
	5		6		7		8		9		10		11		12		13	
	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$	$T$	$\delta$
До 3	4	1,4	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6	40	8	60	12	100	20	140	30
Св. 3 до 6	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8	48	10	75	16	120	30	180	40
» 6 » 10	6	2,0	9	2,0	15	4,0	22	5,0	36	9	58	12	90	18	150	30	220	50
» 10 » 18	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10	70	14	110	20	180	40	270	60
» 18 » 30	9	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12	84	18	130	30	210	50	330	70
» 30 » 50	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16	100	20	160	40	250	50	390	80
» 50 » 80	13	4,0	19	5,0	30	9,0	46	12,0	74	18	120	30	190	40	300	60	460	100
» 80 » 120	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20	140	30	220	50	350	70	540	120
» 120 » 180	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0	100	30	160	40	250	50	400	80	630	140
» 180 » 250	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30	185	40	290	60	460	100	720	160
» 250 » 315	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30	210	50	320	70	520	120	810	180
» 315 » 400	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40	230	50	360	80	570	130	900	180
» 400 » 500	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40	250	50	400	80	630	140	970	200

Примечание.  $T$  – допуск на размер, мкм.

### 14.3. Допускаемые погрешности методов измерений при измерении отклонений формы и расположения поверхностей обрабатываемых деталей

Допуск формы или расположения поверхностей измеряемой детали, мкм	Погрешность измерения, мкм	Допуск формы или расположения поверхностей измеряемой детали, мкм	Погрешность измерения, мкм
4	1,4	80	20
5	1,8	100	25
6	2	120	30
8	3	160	40
10	3,5	200	50
12	4	250	50
16	6	300	60
20	7	400	80
25	9	500	100
30	9	600	120
40	12	800	160
50	15	1000	200
60	18	1200	240

2. Соблюдение условий проведения измерений. Указанные в табл. 14.4 значения точности средств измерений обеспечиваются только при выполнении определенных организационных и технических требования к выполнению к проведению измерений.

К техническим требованиям относятся:

а) соблюдение параметров производственной среды. Нормальными условиями проведения измерений считаются: температура окружающей среды – 20 °С; атмосферное давление – 760 мм рт. ст.; относительная влажность – 58 %. Любое отклонение от этих требований приводит к увеличению погрешности. Приведенные параметры технических требований являются оптимальными и не всегда могут быть выдержаны в реальных производственных помещениях, поэтому существуют допуски на отклонения от идеальных требований по условиям проведения измерений, которые согласуются с метрологическими требованиями;

б) соблюдение характеристик взаимного перемещения измеряемой детали и средства измерения: ускорение свободного падения – 9,8 мм/с<sup>2</sup>, направление линии измерения линейных размеров до 160 мм: у наружных поверхностей – вертикальное, в остальных случаях – горизонтальное, положение плоскости измерения углов – горизонтальное;

в) климатические условия в помещении, в котором производится измерение: относительная скорость движения внешней среды и значения внешних сил должны быть равны нулю.

Значения допускаемых отклонений температуры окружающего воздуха в производственных цехах при измерении приведены в табл. 14.5.

#### 14.4. Наивысшие качества точности деталей, допускающих измерения универсальными измерительными инструментами

Измерительный прибор	Цена деления, мкм	Диапазон размеров изделий, мм							
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 500
<b>Измерение наружных линейных размеров</b>									
Штангенциркуль	0,1	17	16	16	15	15	14	14	14
	0,05	16	15	15	14	13	13	12	12
Микрометр:									
гладкий	0,01	9	9	8	8	9	9	9	9
рычажный	0,002	9	8	7	7	8	8	9	9
<b>Измерение размеров измерительными головками в стойках и штативах</b>									
Скоба:									
индикаторная	0,01	12	11	11	10	9	9	9	10
рычажная	0,002	9	8	7	6	6	7	–	–
Индикатор:									
часового типа	0,01	12	12	12	11	10	9	9	9
многооборотный	0,002	9	8	7	6	6	5	–	–
Рычажно-зубчатая головка	0,002	9	8	7	6	6	5	5	–
	0,001	7	6	5	5	5	5	5	–
Пружинная головка	0,01	9	9	8	7	6	5	–	–
	0,005	8	7	6	5	5	5	–	–
	0,002	5	5	5	5	5	5	–	–
<b>Измерение внутренних линейных размеров</b>									
Микрометрический нутромер	0,01	–	–	–	–	9	9	9	9
Индикаторный нутромер	0,01	12	11	11	11	10	9	9	9
	0,002	9	8	7	7	7	7	7	7
То же, повышенной точности	0,001	8	7	7; 6	6	8	7	7	–

### 14.5. Допускаемые отклонения температуры окружающего воздуха в производственных помещениях при измерении ( $\pm^{\circ}\text{C}$ )

Интервалы размеров деталей, мм	Квалитеты точности детали		
	1–5	6–8	9; 10
Св. 1 до 18	1,5	3	4
» 18 » 50	1,0	2	3
» 50 » 500	0,5	1	2

### 14.6. Время выдержки деталей, имеющих отклонение от температуры в цехе, ч

Масса детали, кг	Квалитеты точности детали		
	1–5	6–8	9; 10
	Начальное отклонение температуры, $^{\circ}\text{C}$		
	2,5	3,5	5
До 10	4	3	2
Св. 10 до 50	5	6	4
» 50 » 200	14	10	7
» 200 » 500	20	16	12

К организационным относится выполнение требований по организации поверки средств измерения. Средства измерения должны быть:

а) откалиброваны и поверены в установленные периоды или перед их применением по образцовым эталонам, передающим размеры единиц в сравнении с международными или национальными эталонами. При отсутствии таких эталонов база, использованная для калибровки или поверки, должна быть зарегистрирована;

б) идентифицированы с целью установления статуса калибровки;

в) защищены от регулировок, которые сделали бы недействительными результаты измерения;

г) защищены от повреждения или ухудшения состояния в ходе обращения, технического обслуживания и хранения.

Кроме того, должна быть проведена оценка и регистрация правомочности предыдущих результатов измерения, если обнаружено, что средства измерения не соответствуют требованиям. Если в составе специальных средств измерения используются компьютерные программные средства, их способность удовлетворять предполагаемому применению должна быть подтверждена. Это должно быть осуществлено до начала применения средства измерения и повторно подтверждено по мере необходимости.

Метрологические требования к проведению обработки и контроля деталей на токарных станках устанавливают определенные требования к организации процесса обработки деталей. Перед обработкой заготовки должны быть выдержаны определенное время при фактической температуре в цехе. Время выдержки деталей приведено в табл. 14.6.

Средства измерения должны находиться в соответствующих условиях не менее 24 часов. Температура в помещении должна меняться со скоростью не более 0,1 °С в мин.

### 14.3. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Обеспечение стабильного качества продукции и каждой конкретной детали при обработке на станке обеспечивается надежностью всех элементов технологической системы, участвующих в процессе производства.

В зависимости от уровня производственного процесса существуют и различные уровни технологических систем:

- технологическая система предприятия;
- технологическая система подразделения (участок, цех);
- технологическая система технологического процесса;
- технологическая система операции.

Каждая технологическая система должна быть оценена по определенным параметрам, важнейшими из которых являются:

- точность технологического процесса;
- точность технологического оснащения;
- технологическая дисциплина;
- выполнение планов мероприятий по качеству;
- комплексный показатель.

Оценка надежности должна проводиться на различных этапах производства.

1. При технологической подготовке производства, в том числе:

- при разработке требований к заготовкам;
- при выборе методов обработки;
- при определении периодичности подналадки оборудования и замены инструмента.
- при выборе методов управления и регулирования технологическими процессами.

2. В процессе производства, в том числе:

- оценка фактической точности технологического процесса и каждой операции;
- оценка фактической точности технологического оснащения;
- соблюдение технологической дисциплины;
- выполнение рабочим заданных требований по качеству обработки;
- комплексная оценка.

Стабильность процесса постоянно меняется, что определяет параметрическую надежность технологической системы, поэтому в оценке надежности отдельной технологической операции должен участвовать токарь.

Оценка надежности технологической системы по параметрам качества производится по результатам контроля точности обрабатываемых деталей. При этом устанавливается:

- вид контроля;
- номенклатура показателей;

– пределы значений параметров.

В процессе анализа:

– определяются или устанавливаются модели формирования погрешностей обработки;

– устанавливается изменение погрешностей по времени;

– устанавливаются зависимости между параметрами качества продукции и параметрами технологической системы;

– намечаются пути и методы повышения точности в процессе эксплуатации.

Методы оценки надежности технологической системы.

1. *По альтернативному признаку.* Метод применяется технологом при разработке технологического процесса, когда параметры качества элементов технологической системы технолог принимает на базе ранее проведенных исследований и по справочным данным. Метод заключается в оценке соответствия разработанного технологического процесса установленным требованиям. Суммарная погрешность рассчитывается аналитическим методом:

$$\Sigma\Delta = K\sqrt{\lambda_1\Delta_1^2 + \lambda_2\Delta_2^2 + \dots + \lambda_n\Delta_n^2},$$



где  $K$  – коэффициент риска, зависящий от принятого риска (табл. 14.7);  $\lambda$  – коэффициенты, учитывающие законы распределения элементарных погрешностей. Погрешности процессов механической обработки подчиняются, в большинстве случаев, закону нормального распределения, для которого  $\lambda = 0,111$ ;  $\Delta$  – величина погрешности отдельного параметра технологического процесса.

Критерием надежности процесса является условие, чтобы суммарная погрешность технологической системы была меньше допуска на изготовление продукции, т.е.:  $\Sigma\Delta < T$ .

#### 14.7. Значения коэффициента риска $K$ в зависимости от принятого риска

Принятый риск, %	32,0	10	4,5	1,0	0,27	0,1	0,01
Значение коэффициента риска $K$	1,0	1,65	2,2	2,75	3,0	3,29	3,89

2. *По количественному признаку.* Метод применяется для оценки точности технологического процесса при обработке конкретной детали:

$$K_T = \frac{\Sigma\Delta}{T},$$

где  $T$  – допуск на обработку детали.

**Пример:** определить коэффициент надежности технологической системы операции токарной обработки детали, закрепленной в трехкулачковом патроне.

Частные погрешности имеют значения:

- геометрическая погрешность станка  $\Delta_1 = 30$  мкм;
- погрешность осевого базирования  $\Delta_2 = 0$ . Измерительная база совпадает с установочной;
- погрешность закрепления заготовки в патроне  $\Delta_3 = 20$  мкм;
- биение патрона  $\Delta_4 = 20$  мкм;
- погрешность от износа инструмента  $\Delta_5 = 40$  мкм;
- погрешность от настройки инструмента  $\Delta_6 = 0$ . Применяется метод пробных проходов;
- погрешность измерения  $\Delta_7 = 90$  мкм;
- погрешность упругих деформаций узлов станка  $\Delta_8 = 30$  мкм.

Допуск на обрабатываемый размер детали – 200 мкм. Принимаемый риск оценки надежности технологической системы 1 %. При этом коэффициент риска  $K = 2,75$ .

Суммарная погрешность технологической системы составит

$$\Sigma\Delta = 2,75\sqrt{0,111 \cdot 30^2 + 0,111 \cdot 20^2 + 0,111 \cdot 20^2 + 0,111 \cdot 40^2 + 0,111 \cdot 90^2 + 0,111 \cdot 30^2} = 101,6.$$

Надежность технологической системы составит

$$K_T = \frac{\Sigma\Delta}{T} = \frac{101,6}{200} = 0,508.$$

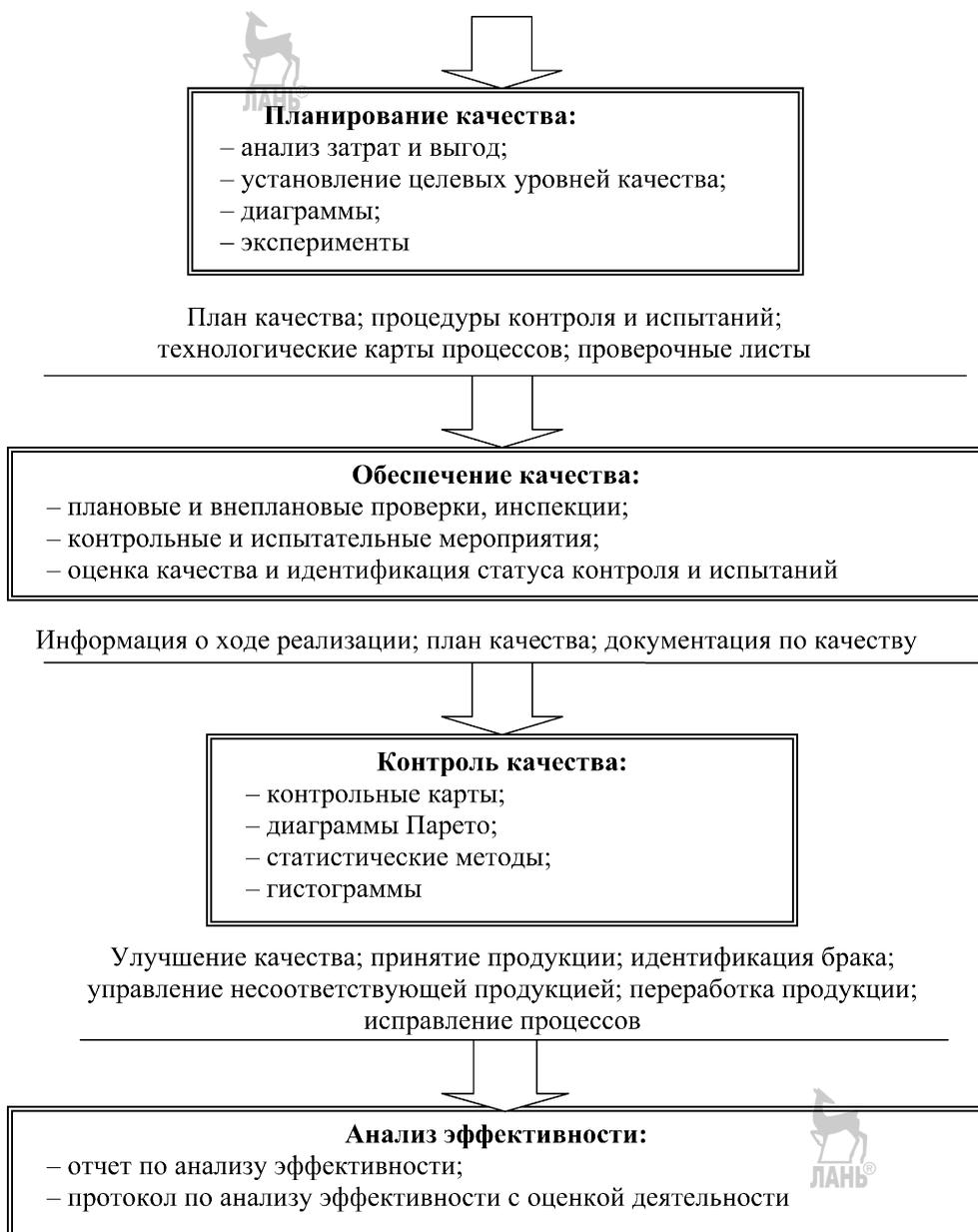
#### 14.4. ПЕРЕХОД ОТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ

Механизм управления качеством любого процесса, в том числе и токарной обработки, делится на четыре основные стадии: *планирование* (Plan), *выполнение* (Do), *проверка* (Check) и *корректирующее действие* (Action). Схема механизма управления качеством приведена на рис. 14.4. Перечни работ, выполняемых на каждой стадии процесса управления качеством продукции, приведены на рис. 14.5.

Каждый производственный рабочий должен быть вовлечен в деятельность по управлению качеством. В концепции TQM (всеобщее управление качеством) персонал рассматривается как главный ресурс предприятия, которое должно создать все условия для максимального использования его творческого потенциала.



Рис. 14.4. Схема механизма управления качеством



**Рис. 14.5. Функциональная структура управления качеством**

Принцип вовлеченности персонала претворяется в таких действиях и проявлениях, как:

- принятие на себя ответственности за решение проблем;
- активный поиск возможностей улучшений;
- активный поиск возможностей повышения профессионализма;

– добровольная передача знаний и умений в коллективах.

На этапе планирования рабочие должны быть ознакомлены руководством участка и цеха о целях и путях их достижения по улучшению качества процессов токарной обработки. При этом должны быть учтены и предложения рабочих.

Наиболее важным является этап выполнения мероприятий по улучшению качества. При внедрении прогрессивного технологического оснащения должна быть проведена техническая учеба по овладению рабочими принципами работы на новом оборудовании или использования прогрессивных видов оснастки и инструмента. Особая ответственность ложится на токаря на этапе «проверка», когда производится обработка деталей.

Рабочий является владельцем процесса и должен обеспечить качество всех входящих элементов ресурсов, участвующих в процессе:

- качество заготовок;
- исправность и необходимое техническое состояние оборудования;
- качество режущего инструмента и соответствие его технологическому процессу;
- наличие поверенного мерительного инструмента;
- соответствие характеристик производственных условий заданным (при необходимости).

При наличии любого несоответствия условий процесса рабочий не должен производить обработку деталей и поставить в известность мастера или другого руководителя о наличии несоответствий.

В соответствии с создаваемой на базе стандартов ГОСТ Р ИСО 9000, 9001 и 9004 системой менеджмента качества реализуется ряд принципов, охватывающих практически все стороны деятельности:

- ориентация на конкретного потребителя;
- лидерство руководителей на всех уровнях управления;
- вовлечение работников в процесс достижения результата;
- представление системы производства как совокупности взаимосвязанных процессов;
- системный подход к менеджменту;
- динамика постоянного улучшения всех аспектов производства;
- принятие решений, основанных на фактах;
- взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Основой работ по системе менеджмента качества являются восемь принципов, справедливых для любого работника предприятия.

*1. Ориентация на потребителя.* Все зависит от своих потребителей, и поэтому должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания. Для токаря потребителем является производственный рабочий, выполняющий следующую операцию по технологическому процессу обработки детали, поэтому токарь, передавая обработанные детали на следующую операцию, должен быть уверен в их полном соответствии требованиям операционного эскиза по качеству обработки.

2. *Лидерство руководителя.* Прежде всего, необходимо, чтобы руководители всех уровней своим личным примером демонстрировали приверженность к качеству. Для токаря непосредственным руководителем является мастер, поэтому он должен постоянно проявлять лидерство в своей производственной группе в вопросах обеспечения и улучшения качества. Один из способов реализации принципа – определение руководителем долгосрочной политики по вопросам качества и установление измеряемых целей и задач, в том числе для производственных и функциональных подразделений и каждого работника.

Задачей мастера является обеспечение атмосферы доверия без страха, инициирование, признание и поощрение вклада каждого работника, поддержка открытых и честных взаимоотношений. Такая атмосфера максимально способствует раскрытию творческих возможностей персонала и лучшему решению задач качества.

В соответствии с этим принципом производственному мастеру следует семь раз употребить личное местоимение "Я", для того чтобы все работники почувствовали всю важность предстоящей работы.

1. Я объявляю качество целью номер один.
2. Я возглавляю работы по разработке политики в области качества.
3. Я организую разработку системы качества в своем подразделении и отвечаю за нее.
4. Я определяю требования к ней.
5. Я контролирую ход работ по качеству на своем участке.
6. Я контролирую эффективность системы менеджмента качества на основе аудиторских отчетов.
7. Я руковожу процессом улучшения системы.

Мастер должен обладать видением будущего, умением правильно ставить цели и вовлекать людей в их достижение. Но, помимо всего прочего, он должен быть еще и наставником, помогать подчиненным и брать на себя ответственность за их развитие и рост профессионализма.

3. *Вовлечение работников.* Люди составляют наиболее существенную и ценную часть организации, поэтому наилучшее использование возможностей людей может принести организации максимальную пользу. Каждый токарь должен чувствовать, что его цели совпадают с целями цеха и предприятия, где он работает. Людей надо мотивировать к качественному труду и к участию в процессе непрерывного улучшения. Система мотивации – тонкое дело. Часто руководители демотивируют своих работников. Примером тому является депримирувание. В результате чего люди воспринимают неполучение запланированной и обещанной премии как наказание и после этого зачастую стремятся упростить решение производственных задач.

Можно выделить три вида мотивации: принуждение, договор и самомотивация. Необходимо использовать все три вида, но изменять акценты. Принуждению следует оставить самую малую часть. Качество этим не обеспечишь. Но дисциплину, законы, правила надо соблюдать, и за их нарушения следует наказывать. Мастер может создавать различные системы материального стимулирования, в которых людям премия платится за достигнутые результаты.

Особо важное значение имеет самомотивация. Люди работают с удовольствием тогда, когда они заняты любимым делом. Им нравится заниматься своим делом, во-первых, потому, что это у них лучше всего получается, во-вторых, они гордятся результатами своего труда, в-третьих, они получают признание от своих близких и коллег. Поэтому каждый мастер должен создать своим рабочим такие условия, и тогда они будут работать, не щадя своих сил.

4. *Процессный подход.* Подробно процессный подход при токарной обработке рассмотрен в разделе, посвященном обеспечению качества токарной обработки. Каждый процесс рассматривается как система со следствиями:

- входы и результаты процесса четко определяются и измеряются;
- определяются потребители каждого процесса, идентифицируются их требования, изучается их удовлетворенность результатами процесса;
- устанавливается взаимодействие данного процесса с функциями группы, цеха и предприятия;
- каждый процесс управляется, устанавливаются полномочия, права и ответственность за управление процессом;
- при проектировании процесса определяется его ресурсное обеспечение.

Процессы могут быть трех видов:

- а) индивидуальный процесс, выполняемый отдельным работником;
- б) функциональный, или вертикальный процесс, отражающий деятельность структурных подразделений организации;
- в) межфункциональный или горизонтальный процесс (бизнес-процесс), который пересекает по горизонтали деятельность организации и представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих достижение желаемых результатов, соответствующих интересам организации.

**Токарная обработка является индивидуальным процессом.**

5. *Системный подход к менеджменту.* Предполагает переход от менеджмента качества к качеству менеджмента всего предприятия. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9004–2001 (в ред. 2004 г.) необходимо обеспечить сбалансированный (системный) подход к запросам потребителей и потребностям других заинтересованных сторон, которые обеспечиваются каждым работником предприятия.

6. *Постоянное улучшение.* Реализация этого принципа требует определенной перестройки сознания и формирования у каждого работника предприятия потребности в постоянном улучшении продукции, процессов и системы в целом. Вместо принципа "Лучшее – враг хорошего" главным принципом для каждого работника должен стать принцип "Пределу совершенства нет". Как правило, принцип реализуется не путем постановки широкомасштабной цели и прорывами, а маленькими шагами, но постоянно и повсеместно. При этом эффективность всех процессов должна повышаться.

7. *Принятие решения, основанного на фактах.* Данный принцип чаще всего является альтернативой применяемого на практике способа принятия решений на основе интуиции, чутья, конъюнктуры, прошлого опыта, предположений и др. Решения будут наиболее эффективными, если они основываются на анализе данных и информации.

Реализация принципа требует измерений и сбора достоверных и точных данных, относящихся к рассматриваемой задаче. Сбор данных и последующий их анализ требуют владения и применения статистических и других методов обработки информации.

Принятие решения должно основываться на конкретных данных, полученных при контроле обрабатываемых деталей, а не на словах и эмоциях.

8. *Взаимовыгодные отношения с поставщиками.* Реализация этого принципа требует идентификации основных поставщиков, организации четких и открытых связей и отношений, основанных на балансе краткосрочных и долгосрочных целей, обмена информацией и планами на будущее, совместные работы по четкому пониманию потребностей потребителей, инициированию совместных разработок и улучшения продукции и процессов. Для токаря поставщиками являются или заготовительные участки, или работники, выполняющие предыдущие операции. В любом случае система качества должна иметь стимулирующие механизмы по признанию достижений поставщика.

Одним из путей управления качеством, осуществляемым рабочими-станочниками, является самооценка процесса.

Самооценка может использоваться избирательно, исходя из потребностей производственного процесса или комплексно во всем цехе или участке. Первый подход применяется для осуществления самооценки на индивидуальной основе для всей или части системы менеджмента качества и затем для реализации улучшения, второй – для многопрофильной группы работников. Стратегической целью любого работника, подразделения и предприятия в системе менеджмента качества является постоянное улучшение процессов для совершенствования деятельности организации и обеспечения выгоды ее заинтересованным сторонам.

Имеются два основных подхода к проведению постоянного улучшения процессов:

а) проекты прорыва, ведущие или к пересмотру и улучшению существующих процессов, или внедрению новых процессов. Как правило, их осуществляют специально создаваемые многопрофильные группы вне обычной деятельности;

б) деятельность по поэтапному постоянному улучшению, проводимая работниками в рамках существующих процессов.

Проекты прорыва обычно содержат комплекс работ по совершенствованию или замене существующих процессов и включают в себя:

- определение целей и краткое описание проекта по улучшению;
- анализ существующего процесса и возможностей реализации изменения;
- определение и планирование улучшения процесса;
- внедрение улучшения;
- принятие решения об использовании усовершенствованного процесса.

Проекты прорыва управляются результативным и эффективным способом, использующим методы менеджмента процесса. После внесения изменения новый процесс может быть внедрен в качестве постоянного.

Работники предприятия являются лучшими поставщиками идей по постоянному улучшению процессов и часто принимают участие в рабочих группах. Деятельностью по поэтапному постоянному улучшению процессов следует управлять, чтобы понимать ее последствия. Вовлеченных работников организации надо наделить полномочиями, технической поддержкой и необходимыми ресурсами для изменений, связанных с улучшением.

Постоянное улучшение при помощи любого из двух указанных методов включает в себя:

1. Установление причины для улучшения – проблему процесса следует определить, а область для улучшения выбрать, указав на причину работы над ней.

2. Оценка фактической ситуации – надо оценить результативность и эффективность существующего процесса. В этом случае собираются и анализируются данные о процессе для выявления типов проблем, которые чаще всего возникают. Выбирается конкретная проблема или ряд проблем и ставится задача по улучшению.

3. Проведение анализа процесса для установления первопричины проблемы.

4. Проработка возможных технических или организационных решений для обеспечения намеченных результатов улучшения качества процесса. Необходимо выбрать и внедрить лучшее решение, т.е. такое, которое устранит первопричины проблемы и предотвратит ее повторное возникновение.

5. Проведение оценки внедрения новых решений. Необходимо подтвердить, что проблема и ее первопричины устранены или их воздействия уменьшены, что решение сработало и задача по улучшению выполнена.

6. Обеспечение внедрения и стандартизации нового решения – необходимо заменить старый процесс на улучшенный, предотвращая повторное возникновение проблемы и ее первопричин.

7. Получение подтверждения предварительной оценки результативности и эффективности процесса после завершения действий по улучшению – результативность и эффективность проекта по улучшению следует оценить и рассмотреть применение его решения еще где-нибудь в организации.

Процесс улучшения повторяется применительно к остающимся проблемам, а также при разработке целей и принятию решений по дальнейшему улучшению качества процесса.

Для содействия вовлечению и осведомленности работников о деятельности по улучшению, руководству следует рассматривать такие меры, как:

- формирование небольших групп с выбором лидеров самими группами;
- разрешение работникам управлять рабочим пространством и улучшать его;
- повышение знаний, накопление опыта и совершенствование навыков работников как части общей деятельности организации по менеджменту качества.

Самооценка обеспечивает удобный подход к оценке возможностей в обеспечении и управлении качеством, которые должны быть использованы для развития организации. Руководители производств всех уровней должны разработать комплекс вопросов по тем направлениям, которые соответствуют ее наиболее объективным потребностям.

## 14.5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Организационными основами обеспечения и управления качеством являются:

- лицензирование производства;
- сертификация продукции;
- сертификация системы менеджмента качества.

### 14.5.1. Основы лицензирования производства

*Лицензия* – специальное разрешение на осуществление конкретного вида деятельности при обязательном соблюдении лицензионных требований и условий, выданное лицензирующим органом юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю.

Основные требования к лицензированию деятельности в авиации определены "Положением о лицензировании деятельности по разработке, производству и испытаниям продукции". Для каждого вида продукции существуют отдельные положения, но общий порядок лицензирования сохраняется. Основными требованиями являются:

- соблюдение законодательства Российской Федерации, требований по защите сведений, составляющих государственную тайну, экологических, санитарно-эпидемиологических, гигиенических, противопожарных и взрывобезопасных норм и правил;

- наличие: специалистов, имеющих соответствующую квалификацию; зданий, сооружений и производственных площадей, необходимых для осуществления лицензируемого вида деятельности;

- оснащение рабочих мест оборудованием, инструментом, контрольно-проверочной аппаратурой и иными техническими средствами, необходимыми для осуществления лицензируемого вида деятельности;

- осуществление лицензируемого вида деятельности в соответствии с нормативными документами, регламентирующими состав работ и порядок их осуществления;

- организация учета и хранения авиационной техники (в том числе документации), а также материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;

- наличие системы управления качеством продукции;

- обеспечение защиты сведений, составляющих государственную тайну, а также осуществление мероприятий, направленных на повышение технической защиты зданий, сооружений и помещений организации соискателя лицензии; обеспечение безопасности взрывоопасных производств.

Для получения лицензии соискатель лицензии представляет в лицензирующий орган документы, номенклатура и содержание которых согласовывается с лицензирующим органом.

Решение о выдаче или об отказе в выдаче лицензии принимается лицензирующим органом в срок, не превышающий 30 дней с даты получения заявления

соискателя лицензии, со всеми необходимыми документами.

Лицензирующий орган обязан уведомить соискателя лицензии о выдаче или об отказе в выдаче лицензии в течение трех дней после принятия соответствующего решения. Соискателю лицензии направляется (вручается) уведомление о выдаче лицензии с указанием срока уплаты лицензионного сбора и реквизитов банковского счета либо уведомление об отказе в выдаче лицензии с указанием причины отказа. Лицензия выдается на пять лет, если в заявлении соискателя лицензии не указан меньший срок.

Основанием для отказа в выдаче лицензии являются: наличие в документах, представленных соискателем лицензии, недостоверной или искаженной информации; несоответствие деятельности соискателя лицензии лицензионным требованиям и условиям.

Срок действия лицензии может быть продлен по заявлению лицензиата. Продление срока действия лицензии осуществляется в таком же порядке, как и ее переоформление. В продлении срока действия лицензии может быть отказано в случае, если за время ее действия зафиксированы нарушения лицензионных требований и условий.

Переоформление лицензии осуществляется в течение пяти дней с даты представления лицензиатом заявления. До переоформления лицензии лицензиат осуществляет деятельность на основании ранее выданного документа.

Надзор за соблюдением лицензионных требований и условий осуществляется лицензирующим органом, государственными надзорными и контрольными органами в пределах их компетенции в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

#### **14.5.2. Основы сертификации соответствия продукции**

Современным условием успешной работы любого предприятия является выпуск сертифицированной продукции. При этом существует сертификация добровольная и обязательная.

*Сертификация соответствия* – это действие третьей стороны, доказывающее, что гарантируется уверенность в том, что должным образом идентифицированная продукция, процесс или услуга соответствуют конкретному стандарту или другому нормативному документу. Третьей стороной является лицо или орган, признаваемые независимыми от участвующих сторон в рассматриваемом вопросе. При сертификации соответствия участвующие стороны представляют, как правило, интересы поставщиков (первая сторона) и покупателей (вторая сторона).

Под системой сертификации понимают систему, располагающую собственными правилами процедуры и управления для проведения сертификации соответствия. Системы сертификации могут действовать на национальном, региональном и международном уровнях.

Наиболее авторитетной международной организацией по сертификации является специально созданный Международной организацией по стандартизации (ИСО) комитет по вопросам сертификации Совета ИСО (СЕРТИКО). Его задачи:

– изучение методов и средств оценки соответствия продукции и услуг, систем обеспечения качества и результатов оценки соответствия принятым стандартам;

– разработка руководств по проверке и сертификации продукции, по оценке испытательных лабораторий и систем обеспечения качества у изготовителей, а также по функционированию органов по сертификации и проверке испытательных лабораторий.

С целью универсализации работ по сертификации в рамках Европейского экономического сообщества создана Европейская организация по испытаниям и сертификации (ЕОИС), в учреждении которой участвуют страны – члены ЕЭС и Европейской организации свободной торговли (ЕАСТ). Задачи этой организации:

– координация деятельности европейских стран в области сертификации и испытаний;

– заключение соглашений о взаимном признании результатов испытаний и сертификации не только между странами – членами ЕЭС, но и с внешними партнерами;

– создание условий, при которых государственные органы и потребители могут быть уверены в должном качестве и безопасности продукции;

– оказание финансовой поддержки организациям в их работе по сертификации.

Порядок проведения сертификации продукции, систем качества, персонала и аккредитации испытательных лабораторий регламентирован комплексом стандартов группы EN 45000, разработанных рабочей группой Европейского комитета стандартизации (СЕН), Европейского комитета по стандартизации в электротехнике (СЕНЕЛЕК) под руководством Комиссии Европейских сообществ и Европейской организации свободной торговли (ЕАСТ). Страны – члены СЕН и СЕНЕЛЕК обязаны присваивать этим стандартам статус национальных стандартов без каких-либо изменений.

В каждой стране руководство работами по сертификации осуществляет национальный орган по сертификации. В России функции национального органа выполняет Федеральное агентство по техническому регулированию, осуществляющее:

– выработку общей политики по использованию, развитию и совершенствованию сертификации в РФ, взаимодействие с соответствующими государственными органами законодательной и исполнительной власти;

– взаимодействие в установленном порядке по вопросам сертификации с уполномоченными органами других стран и международными организациями, обеспечение участия РФ, в случае необходимости, в деятельности этих организаций;

– установление единых правил и процедур сертификации, надзор за их соблюдением, регистрация документов по результатам сертификации, информационное обеспечение отечественных и зарубежных потребителей информацией.

Взаимодействие органа по сертификации конкретной продукции с национальным органом по сертификации определяется лицензионным соглашением между ними.

### 14.5.3. Сертификация соответствия системы менеджмента качества

Сертификация системы менеджмента качества является важным моментом оценки технического и организационного уровней предприятия, так как позволяет потребителям его продукции быть уверенными в качестве будущих поставок. Сертификация проводится специальными органами по сертификации систем менеджмента качества и включает этап подготовительных организационных работ (предсертификационный этап) и этапы установления соответствия системы менеджмента качества требованиям стандартов ГОСТ Р ИСО 9000–2001 (в ред. 2004 г.).

Исходные материалы, направляемые органами по сертификации систем менеджмента качества заявителю включают заявку на проведение сертификации системы менеджмента качества и перечень исходных данных для предварительной оценки системы менеджмента качества, согласованный с органом по сертификации.

Сертификация проводится комиссией экспертов во главе с председателем комиссии, назначаемой распоряжением органа по сертификации систем менеджмента качества. По результатам проверки составляется акт, содержащий выводы и рекомендации комиссии о выдаче (отказе в выдаче) сертификата соответствия и об устранении в согласованные сроки выявленных малозначительных несоответствий и уведомлений, если они имеются. Решение о выдаче или отказе в выдаче сертификата соответствия системы менеджмента качества принимает руководство ОПС (руководитель или его заместитель) на основании акта о результатах проверки и оценки СМК (производства) на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО.

Одновременно с оформлением сертификата орган по сертификации систем менеджмента качества и заявитель оформляют проект договора на проведение инспекционного контроля на срок действия сертификата.

# Приложение 1. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

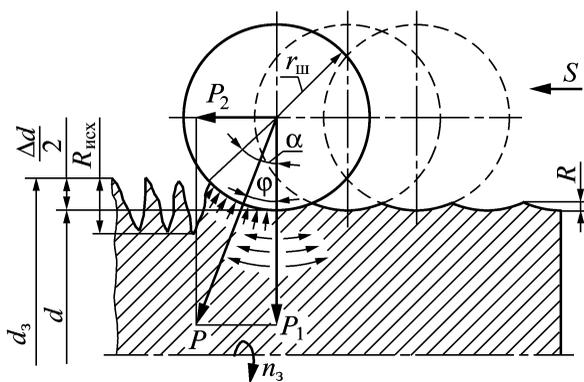
## 1. МЕХАНИЗМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Для повышения износостойкости и снижения шероховатости поверхностей, а также регуляризации их микрогеометрии у деталей различного служебного назначения производятся операции поверхностного пластического деформирования (ППД): выглаживания поверхности алмазом, обкатывания и раскатывания, динамического наклепа шариками.

На эксплуатационные свойства деталей машин и приборов в той же степени, что и физико-химические свойства, влияет микрогеометрия поверхностей, в том числе обработанных давлением. При образовании на трущихся поверхностях деталей оптимальных для различных условий эксплуатации регулярных микрорельефов (РМР) вклад в значительное повышение их износостойкости упрочнение составляет 25...30 %, а оптимизация микрогеометрии – 70...75 %.

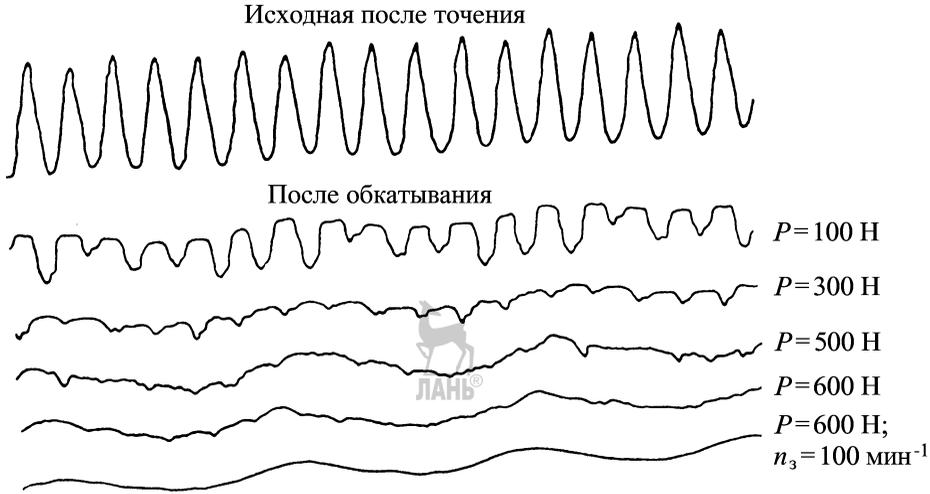
Чистовая обработка давлением основана на свойстве металлов и других материалов пластически деформироваться в холодном состоянии. Под давлением твердого металлического, твердосплавного или алмазного инструмента (сферический наконечник, шарик, ролик, выглаживающая прошивка) выступы исходного микрорельефа обрабатываемой поверхности пластически деформируются, т.е. сжимаются, образуя новый микрорельеф, имеющий более однородные по форме, высоте и взаимному расположению упрочненные микронеровности значительно меньшей высоты, чем исходные.

Схема деформации исходных неровностей при чистовой обработке давлением – обкатыванием роликом или шариком (наиболее широко применяемый способ чистовой обработки давлением) – представлена на рис. П.1. Металл выступов исходной поверхности перемещается в обе стороны от места контакта с



**Рис. П.1. Схема деформации  
поверхностных неровностей  
при обкатывании  
роликами (шариками):**

$d_3$  – диаметр заготовки;  $d$  – диаметр детали;  $\Delta d$  – величина остаточной деформации;  $R_{исх}$  – высота неровностей исходной поверхности заготовки;  $R$  – высота неровностей детали после обкатывания



**Рис. П.2. Последовательность изменения исходной шероховатости поверхности при постепенно возрастающей силе вдавливания деформирующего элемента**

деформирующим элементом, высота исходных неровностей  $R_{\text{исх}}$  уменьшается, при этом образуется новый микрорельеф с высотой неровностей  $R$ , который так же, как и их шаг, определяется режимом обработки, а металл из впадины одновременно выдавливается вверх.

На рис. П.2 приведены профилограммы исходной после точения поверхности цилиндрического образца (сталь 50) и той же поверхности после обкатывания шариком и роликом при постепенно возрастающем усилии вдавливания деформирующего элемента в обрабатываемую поверхность. При односторонней подаче деформирующего элемента металл единичного выступа деформируется и перераспределяется симметрично в обе стороны от его вершины главным образом под действием радиальной составляющей  $P_1$  силы вдавливания ролика или шарика (см. рис. П.1).

На этой основе разработан способ образования зеркальных поверхностей шаром большого диаметра ( $d_{\text{ш}} = 125$  мм). На шарик действуют силы  $P_1$  и  $P_2$ . Сила  $P_1$  осуществляет нормальное давление на обрабатываемую поверхность, сила  $P_2$  обеспечивает перемещение шарика относительно обрабатываемой поверхности в направлении подачи  $S$ .

Силы, действующие на площадке контакта твердого шарика с заготовкой, являются непрерывно распределенными, но различными по площади. Поэтому неодинаковы и напряжения в пределах, определяемых углом контакта  $\alpha$ .

При малых углах контакта  $\alpha$  (характерных для многих методов чистового ППД), величина отношения  $P_2/P_1$  незначительна ( $\sin \alpha \rightarrow 0$ , а  $\cos \alpha \rightarrow 1$ ). Результирующая  $P$  отклонена от направления действия силы  $P_1$  на угол  $\varphi$ , причем  $\text{tg} \varphi = P_2/P_1$ . Сила  $P$  проходит через центр шарика в пределах угла  $\alpha$ , поэтому угол  $\varphi$  находится в пределах от 0 до  $\alpha$ . Когда  $\varphi$  приближается к 0, то  $P_2 \approx 0$ . Это

соответствует схеме обкатывания при вдавливании шарика в заготовку без продольной подачи.

Обработка по такой схеме выполняется при обкатывании шариками и роликами с целью комбинирования отделки и упрочнения поверхности детали. В этом случае отсутствуют сдвиговые деформации материала в осевом направлении. Это способствует созданию наилучших условий ППД и обеспечению особо высокой степени гладкости (калибрование гантелей шеек коленчатых валов, сферических поверхностей под шарики  $Rz = 0,2 \dots 0,4$  мкм) и высокой степени прямолинейности образующей. Такая высокая степень гладкости поверхности недостижима при обкатывании с продольной подачей.

Когда величина угла  $\varphi$  приближается к  $\alpha$ , отношение  $P_2/P_1$  имеет наибольшее значение. Данное условие выполняется при обкатывании шариками большого диаметра или роликами с большим радиусом сферы и с малой скоростью подачи.

Шероховатость поверхностей, обработанных чистовой ППД (в частности, обкатыванием) отличается от шероховатости поверхностей, обработанных режущим инструментом. *Поперечная шероховатость*, которая измеряется в направлении, перпендикулярном направлению обкатывания (в направлении подачи), как и в процессе резания, превосходит, но в меньшей степени *продольную шероховатость*, измеряемую в направлении обкатывания. Это обусловлено тем, что факторы, определяющие образование поперечной шероховатости (скорость подачи, размеры и геометрическая форма деформирующего элемента), не влияют практически на высоту неровностей продольной шероховатости. Геометрическая зависимость между высотой неровностей, радиусом шарика и сферы ролика и величиной скорости подачи выдерживается намного более строго, чем при всех видах обработки резанием. Высота  $R$  неровностей может быть определена согласно зависимости

$$R = S^2 / 8r_{ш}, \quad (\text{П.1})$$

где  $S$  – скорость подачи;  $r_{ш}$  – радиус шарика или сферы ролика.

Кроме геометрических факторов на образование микрорельефа поверхности при чистовой обработке ППД оказывают влияние неоднородность формы, размеры и взаимное расположение неровностей исходной поверхности, а также дефекты поверхности (вырывы, риски, царапины), металла (поры, инородные абразивные частицы, включения), рабочей поверхности деформирующего элемента.

Разновидностями микрогеометрии поверхностей, образующихся при обработке чистовой ППД, являются:

- микрогеометрия первого рода – с неровностями, имеющими высоту, подчиняющуюся зависимости (П.1);
- микрогеометрия второго рода – с неровностями первого рода, которые сочетаются с неровностями – следами неполного выглаживания исходной (после точения или абразивной обработки) поверхности (большими по высоте, как правило, бывают вторые);

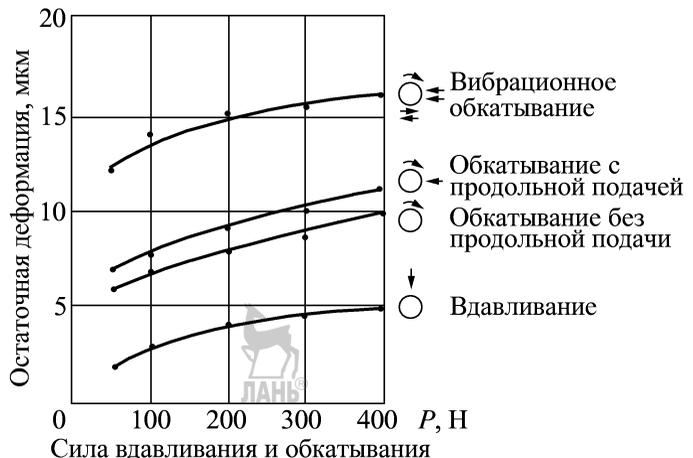
– микрогеометрия третьего рода – с неровностями первого рода, расположенными по бугристой поверхности, которая образуется при обкатывании со слишком высоким для данного обрабатываемого материала усилием давления.

Особенностями микрогеометрии первого рода являются:

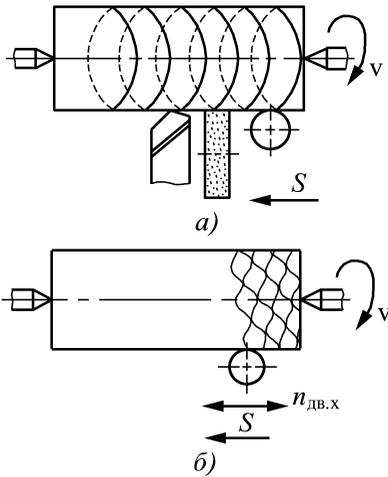
- более высокая степень однородности неровностей по форме, размерам и взаимному расположению, чем образующихся при всех видах обработки резанием;
- незначительное отличие высоты неровностей продольной и поперечной шероховатости;
- больший по величине шаг неровностей по сравнению с их высотой;
- большие значения угла и радиуса при вершине неровностей и относительной длины опорной поверхности.

Однако, несмотря на положительные особенности микрогеометрии поверхностей, обработанных указанными способами, они не позволяют создавать поверхности с оптимальной микрогеометрией, обеспечивающей их определенные эксплуатационные свойства. Некоторая неоднородность неровностей по форме и высоте, чрезмерно большой шаг и малая высота неровностей, что обуславливает недостаточную маслосъемность обработанной поверхности, присущи чистовой обработке ППД: обкатыванием шариками, роликами и сферическими наконечниками, калиброванием, ультразвуковой обработкой. Это объясняется упрощенной кинематикой указанных процессов, что приводит при прочих равных условиях к меньшей остаточной деформации и упрочнению (рис. П.3). Из рисунка следует, что наибольшее деформирующее (прокатывающее) воздействие шарик производит при более сложной кинематике, т.е. при более сложном его перемещении относительно выступов неровностей исходной (в данном случае после точения на токарном станке) поверхности. Способ ППД – вибрационное накатывание позволяет образовывать на поверхностях вместо шероховатости регулярный микрорельеф (РМР). Данный способ исключает все вышеперечисленные недостатки шероховатых поверхностей, в том числе и обработанных ППД.

**Рис. П.3. Зависимость величины остаточной деформации от кинематики способа обработки давлением**



## 2. ОБРАЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С РЕГУЛЯРНЫМ МИКРОРЕЛЬЕФОМ



**Рис. П.4. Принципиальные  
схемы обработки:**

*a* – точением, шлифованием,  
обкатыванием шариком;

*б* – вибронакатыванием шариком

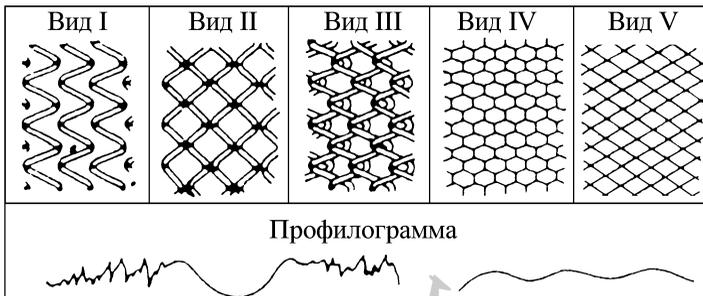
РМР – микрорельеф с практически одинаковыми по форме, размерам и взаимному расположению неровностями. Наиболее универсальным способом образования РМР является вибронакатывание (рис. П.4). Этот способ, имеющий более сложную кинематику, обеспечивает более тонкое регулирование значений практически всех параметров процесса ППД и легко реализуется в условиях любого производства (в том числе при обработке на токарных станках). Деформирующему элементу (шарику, ролику, сферическому наконечнику) в дополнение к движению подачи придается осцилляционное движение вдоль образующей заготовки (рис. П.4, б).

Траектория движения инструмента в данном случае представляет собой не винтовую линию (рис. П.4, *a*), а наложенную на нее синусоиду. Этот способ позволяет в больших пределах варьировать виды и типы РМР. На

рис. П.5 показаны основные пять видов РМР, регламентированные стандартом, а на рис. П.6 приведена их классификация.

Принцип варьирования РМР основан на изменении соотношений движения деформирующего элемента и обрабатываемой заготовки (рис. П.7).

При прочих равных условиях ведения процесса вибронакатывания по схеме, показанной на рис. П.4, б, с уменьшением  $S$  осуществляется переход от образования РМР вида I (канавки не касаются друг друга) к виду II (канавки касаются друг друга), дальнейшее уменьшение – к виду III (канавки пересекаются), при переходе к виду IV или V (исходная поверхность полностью перекрыта канавками) создается полностью новый регулярный микрорельеф.



**Рис. П.5. Схемы и профилограммы поверхностей с системами канавок  
и полностью новым регулярным микрорельефом**

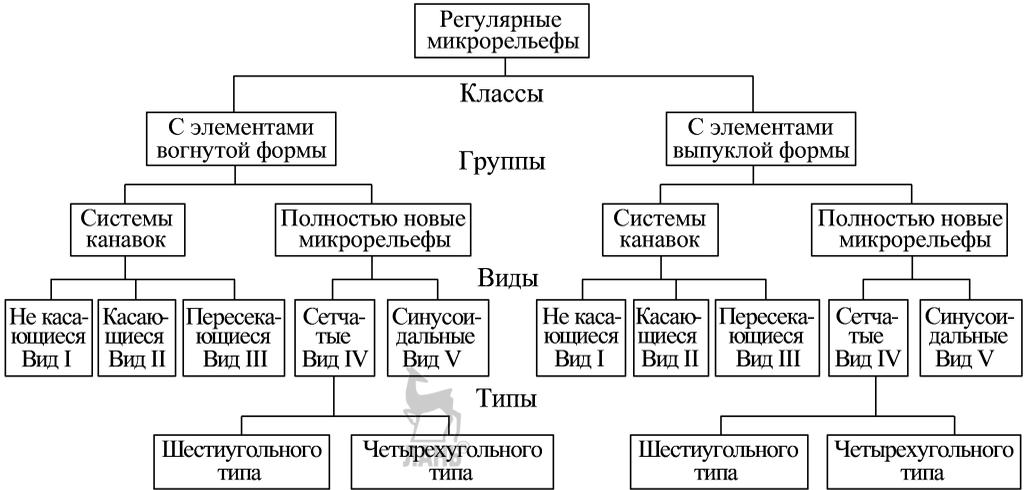


Рис. П.6. Классификация регулярных микрорельефов

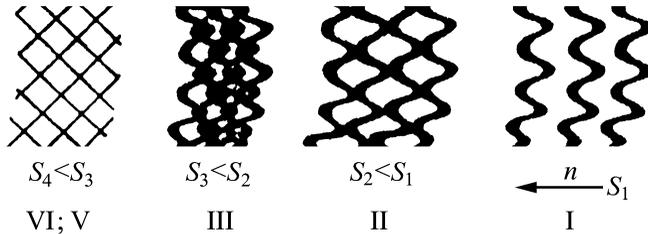


Рис. П.7. Схема образования регулярных микрорельефов различных видов

Условия образования частично-регулярного микрорельефа (ЧРМР) вида I с некасающимися канавками:

$$S > 2(\rho + e \sin \pi\{i\}),$$

где  $\rho$  – половина ширины единичной канавки, образуемой доминирующим элементом;  $e$  – эксцентриситет;  $\{i\}$  – дробная часть отношения числа двойных ходов инструмента к частоте вращения обрабатываемой заготовки.

Условия образования ЧРМР вида II с касающимися канавками:

$$\left. \begin{aligned} 2(\rho - e \sin \pi\{i\}) < S_2 < 2(\rho + e \sin \pi\{i\}); \\ S_2 > 2e \sin \pi\{i\}. \end{aligned} \right\}$$

Условия образования ЧРМР вида III с системой пересекающихся канавок:

$$\left. \begin{aligned} 0 < S_3 < 2e \sin \pi\{i\}; \\ S_3 > 2(s + e \sin \pi\{i\}). \end{aligned} \right\}$$

С увеличением ширины канавки и уменьшением подачи  $S$  все большая часть исходной поверхности будет перекрываться новым регулярным микро-

рельефом. При выполнении первого условия  $S < 2\rho(1 - \{i\})$  на поверхности образуется полностью новый регулярный микрорельеф (ПРМР).

Число выступов и впадин  $N$ , приходящееся на квадрат площади  $25 \times 25$  мм, может быть определено по формуле

$$N = (625i) / (\pi D_3 S),$$

где  $D_3$  – диаметр обрабатываемой цилиндрической поверхности.



### **3. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ППД И ИНСТРУМЕНТА**

Классификация способов обработки ППД, включая в себя и формообразующие процессы, приведена в табл. П.1. Применение в качестве деформирующих элементов алмазных и твердосплавных сферических наконечников позволяет обрабатывать материалы твердостью до 65...67 HRC со значительно большим упрочнением. Способом вибронакатывания можно обрабатывать поверхности беговых дорожек подшипников, шары, винты, червяки. Можно совмещать в одну операцию и в один проход обработку резанием и ППД.

### **4. ОБРАБОТКА ППД НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

#### **4.1. Обработка твердосплавными и алмазными выглаживателями**

Обработка на токарных станках наружных цилиндрических поверхностей твердосплавными, алмазными и другими выглаживателями осуществляется в целях уменьшения высоты исходных неровностей поверхности и упрочнения приповерхностного слоя, а в отдельных случаях для калибрования размера. Обрабатываются поверхности деталей из чугуна, стали и цветных металлов после тонкого точения или шлифования по 7-му или 8-му качеству точности.

При выглаживании инструмент с определенной силой поджимается к обрабатываемой поверхности упруго, чаще всего пружиной, а при калибровании – контактирует с ней жестко. В обоих случаях материал выступов исходной поверхности пластически деформируется; происходит выглаживание исходных неровностей, высота которых резко снижается, с образованием профиля, близкого к РМР; при этом при правильном ведении процесса твердость приповерхностного слоя за счет наклепа повышается, в нем создается непрерывная микроструктура и сжимающие остаточные напряжения.

В отличие от способов чистовой обработки ППД, основанных на трении качения инструмента и обрабатываемой поверхности заготовки, при выглаживании имеет место трение скольжения. Данный процесс можно представить как процесс трения, протекающий в условиях упругопластической деформации одной из контактирующих поверхностей. Основные явления, определяющие механизм выглаживания: разрушение мостиков схватывания деформируемого

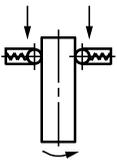
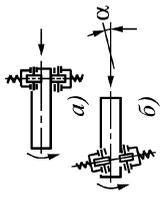
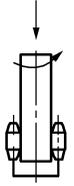
П.1. Классификация способов чистовой обработки давлением

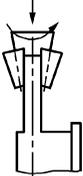
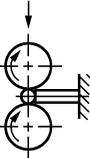
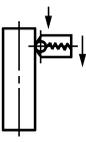
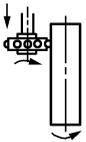
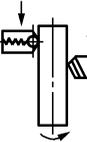
Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры	Принципиальная схема	Достигаемая точность, качество	Максимальный параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа в % к исходной	Глубина наклепа, мкм
Выглаживание гладилкой с твердосплавной пластиной	Отделка, упрочнение	Оси, валики гладкие, ступенчатые, жесткие; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,63...0,16	50...60	До 600
		Оси, валики; $5$ мм $< d < 50$ мм; $l$ – не ограничивается		6; 5	0,08...0,04	20...25	До 1000
Обкатывание однорольковым обкатником упругого действия	Отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие и ступенчатые, жесткие; $d > 50$ мм; $l > 500$ мм		Способ неразмерный	0,63...0,08	20...40	До 5000
		Оси, валы гладкие, маложесткие; $d > 10$ мм; $l < 50$ мм		Способ неразмерный		20...50	
Обкатывание одношариковым обкатником ( $r_{ш} = 10$ мм) упругого действия							

Обработка наружных цилиндрических поверхностей

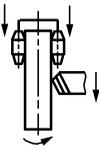
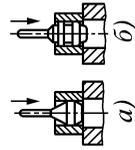
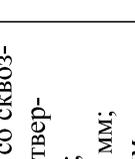
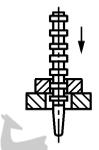
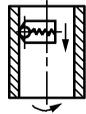


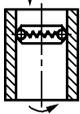
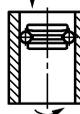
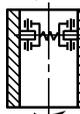
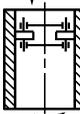
Продолжение табл. П.1

Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры	Принципиальная схема	Достижимая точность, квалитет	Максимальный параметр шероховатости поверхности $R_a$ , мкм	Степень наклепа в % к исходной	Глубина наклепа, мкм
Обкатывание многошариковыми обкатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие; $d > 8$ мм, $l$ – не ограничивается					До 5000
Обкатывание трехроликовым обкатником упругого действия: $a$ – с принудительной подачей заготовки; $b$ – с самоподачей заготовки	Калибрование, отделка	Оси, валы, трубы гладкие и ступенчатые, мало- жесткие; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,63...0,08	20...50	До 15 000
Обкатывание жесткими многошариковыми обкатниками		Оси, валы гладкие ступенчатые, радиально уравновешенные; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается		8; 7	0,63...0,004		

Обкатывание жесткими многороликовыми обкатниками	Калибрование, отделка	Оси, валы гладкие ступенчатые, радиально неуравновешенные; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается		8; 7	0,063...0,04	До 15 000
Обкатывание между роликами	Рихтование, калибрование, отделка, упрочнение	Оси, валики гладкие, ступенчатые, конические радиально уравновешенные; $d = 1...5$ мм; $l < 50$ мм		20...50	0,32...0,04	До 100
Вибрационное накатывание подшипниковым обкатником упругого действия	Отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие, маложесткие; $d > 10$ мм; $l < 50$ мм		Способ неразмерный	10...0,04	До 5000
Ударная обработка шариковыми головками инерционного действия	Отделка, упрочнение	Оси, валы; $d > 10$ мм, $l$ – не ограничивается		8; 7	0,63...0,16	До 500
Одновременное обкатывание шаром	Калибрование, отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие, $d < 500$ мм, $l$ – не ограничивается		8; 7	0,63...0,32	До 1000

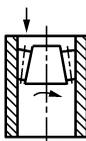
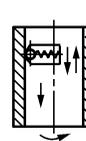
Продолжение табл. П.1

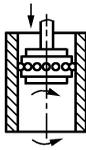
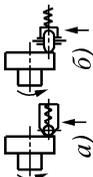
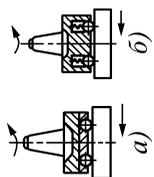
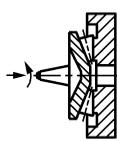
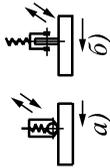
Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры	Принципиальная схема	Достижимая точность, квалитет	Максимальный параметр шероховатости поверхности $R_a$ , мкм	Степень наклепа в % к исходной	Глубина наклепа, мкм
Одновременное точение и обкатывание роликовым обкатником	Калибрование, отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие, $d < 200$ мм, $l$ — не ограничивается		8; 7	0,63...0,16	20...50	До 15 000
<b>Обработка отверстий</b>							
Прошивание выглаживающими прошивками: $a$ — цельными, $b$ — наборными	Калибрование, отделка	Детали со сквозными отверстиями; $d < 100$ мм; $l < 50$ мм		6; 5	0,63...0,32	40...50	До 5000
							
Протягивание выглаживающими протяжками	Калибрование, отделка	Детали типа втулок со сквозными отверстиями; $d < 100$ мм; $l$ — не ограничивается			0,32...0,16	20...40	
Раскатывание одношариковым раскатником упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями; $d < 100$ мм; $l < 20$ мм		Способ неразмерный	0,32...0,08	20...50	До 2000

Раскатывание многошариковыми регулирующими раскатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями, маложесткие неосесимметричные; $d > 40$ мм, $l$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,32...0,08	20...40	До 2000
						20...50	
Раскатывание жесткими регулирующими многошариковыми раскатниками	Калибрование, отделка	Детали со сквозными отверстиями; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается		8; 7	0,32...0,08	До 5000	
						До 15 000	
Раскатывание многороликовыми раскатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями, среднежесткие; $d > 60$ мм, $l$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,32...0,08	До 5000	
						До 15 000	
Раскатывание многороликовыми жесткими нерегулируемыми раскатниками с цилиндрическими роликами	Калибрование, отделка	Детали со сквозными и глухими отверстиями; $d > 6...8$ мм; $l > 30$ мм		6; 5	0,16...0,08	До 15 000	
						До 15 000	



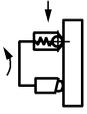
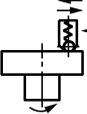
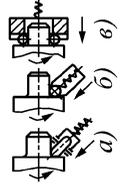
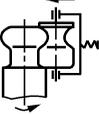
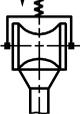
Продолжение табл. П.1

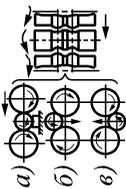
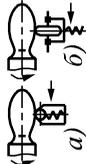
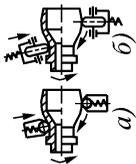
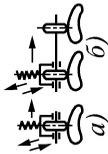
Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры	Принципиальная схема	Достижимая точность, квалитет	Максимальный параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа в % к исходной	Глубина наклепа, мкм
Раскатывание жесткими регулируемыми многороликовыми раскатниками с цилиндрическими и коническими роликами	Калибрование, отделка	Детали с глухими отверстиями, жесткие; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается		8; 7	0,32...0,08	20...50	До 15 000
Раскатывание жесткими нерегулируемыми многороликовыми раскатниками ударного действия		Детали со сквозными отверстиями; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается					
Раскатывание вибрирующим раскатником упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями, маложесткие; $d > 20$ мм, $l$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,32...0,08	20...40	До 2000

Ударная обработка шариковыми головками инерционного действия	Упрочнение, отделка	Детали с отверстиями; $d > 70$ мм; $l$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,63...0,16	15...30	До 500
<b>Обработка плоских поверхностей</b>							
Обкатывание одношариковым (а), однорольковым (б) обкатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали – тела вращения с торцовыми поверхностями; $d$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,32...0,04	20...40	До 5000
Обкатывание многошариковым обкатником: а – жестким; б – упругого действия	Калибрование, отделка, упрочнение (а); отделка, упрочнение (б)	Детали типа плит и плит. Габариты не ограничены					
Обкатывание многошариковым обкатником с вдавливанием	Калибрование, отделка, упрочнение	Детали с кольцевыми торцовыми поверхностями; $d < 300$ мм					
Обкатывание: а – шариком на поперечно-строгальном станке; б – роликом на продольно-строгальном станке	Отделка, упрочнение	Детали с плоскими поверхностями большой длины. Габариты не ограничены					



Окончание табл. П.1

Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры	Принципиальная схема	Достижимая точность, качество	Максимальный параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа в % к исходной	Глубина наклепа, мкм
Одновременное торцовое фрезерование и обкатывание шариком	Калибрование, отделение, упрочнение	Детали с плоскими поверхностями. Габариты не ограничены			1,25...0,32	20...40	До 1000
Виробкатывание торцовых поверхностей	Отделка, упрочнение	Диски, подпятники; $d$ и $l$ – не ограничиваются		Способ неразмерный	0,63...0,16		До 2000
Обкатывание радиусных галтелей: $a$ – роликом; $b$ – шариком; $в$ – шариками		Детали с галтелями и сферическими канавками; $r < 50$ мм			$a - 0,63...0,16$ $b - 0,32...0,08$	20...50	До 5000
<b>Обработка профильных поверхностей</b>							
Обкатывание профильных поверхностей роликом вдавливанием	Отделка	Детали – тела вращения жесткие; $d < 50$ мм; $l < 30$ мм		Способ неразмерный	0,63...0,32	15...20	До 200
Обкатывание сферических поверхностей двумя роликами вдавливанием		Детали со сферическими поверхностями; $r$ – не ограничивается			0,63...0,16		До 300

Обкатывание между роликами по трем схемам (а, б, в)	Калибровка, отделка	Профильные валики; $d < 50$ мм; $l < 80$ мм		8; 7	0,32...0,16	30...40	До 1500
Обкатывание профильных поверхностей обводом: а – шариком, б – роликом	Отделка, упрочнение	Детали – тела вращения жесткие; $d - 50$ мм; $l$ – не ограничивается		Способ неразмерный	0,63...0,16	15...20	До 300
Обкатывание шарообразных поверхностей обводом: а – шариками, б – роликом	Отделка	Детали с шарообразными поверхностями					
Обкатывание профильных линейчатых поверхностей сферическим роликом: а – без копира; б – по копиру	Отделка, упрочнение	Детали типа пластин, лопаток; $l$ – не ограничивается		11...9	1,25...0,63	10...20	До 300
Обкатывание внутренних профильных поверхностей жестким многорольковым обкатником вдавливанием	Калибровка, отделка	Детали типа втулок; $d < 200$ мм; $l < 100$ мм					

материала и оттеснение его микровыступами поверхности инструмента. Эти явления определяют следующие требования к инструменту: высокую твердость, малый коэффициент трения, малую склонность к адгезии и налипанию обрабатываемого металла, большую теплопроводность и теплоемкость, высокую степень гладкости. Указанным требованиям в наибольшей степени отвечает естественный природный алмаз, в несколько меньшей – синтетические сплавы типа баллас и карбонадо и в значительно меньшей – твердые сплавы и инструментальные стали. Твердые сплавы (BK8 и другие) используются при обработке ППД грубообработанных поверхностей деталей, которые термически не обработаны или же обработаны с невысокой твердостью (до 40 HRC), прерывистых поверхностей, а также в тех случаях, когда необходимо использование сферических наконечников, размер которых, как правило, не превышает 3 мм.

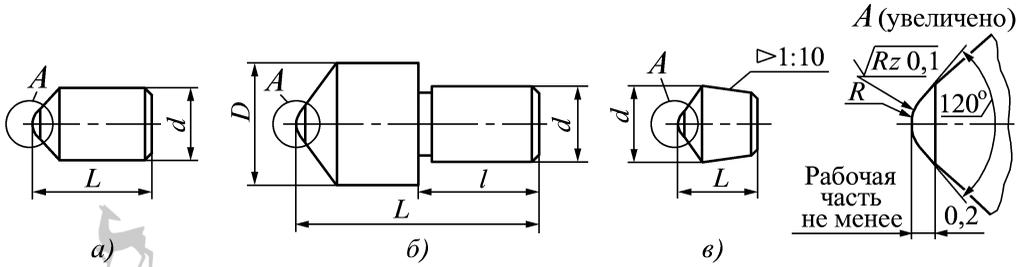
Твердость алмаза превышает твердость твердых сплавов в 6 раз, а инструментальных сталей – в 10 раз. Это определяет его высокую износостойкость. В сочетании с высокой прочностью на сжатие, высокой теплопроводностью и малым коэффициентом линейного расширения, который в 4,5...5,5 раза меньше, чем у твердого сплава, эти свойства позволяют использовать алмаз с наибольшей эффективностью как инструмент для холодной отделочно-упрочняющей обработки металлов ППД.

Из других свойств алмаза следует отметить высокую температуру плавления (около 4000 °С); алмаз – диэлектрик, немагнитен, не смачивается водой.

Выглаживатели изготавливают из природных и синтетических алмазов. Крупные синтетические алмазы (размером свыше 3 мм) в виде поликристаллов (баллас и карбонадо) имеют преимущества перед природными: они изотропны в отношении физико-механических свойств и позволяют использовать их при работе с переменными нагрузками.

Для выглаживателей в промышленности наиболее широко используются синтетические алмазы типа баллас шаровидной и вытянутой формы, позволившие исключить применение природных алмазов. Эти алмазы по стойкости мало отличаются от природных. Ресурс их работы при выглаживании закаленных сталей и высокопрочных материалов составляет около 100 км пути, чугуна – 50...70 км, мягких материалов – до 200 км и более. В переводе на машинное время это составляет 10...30 ч.

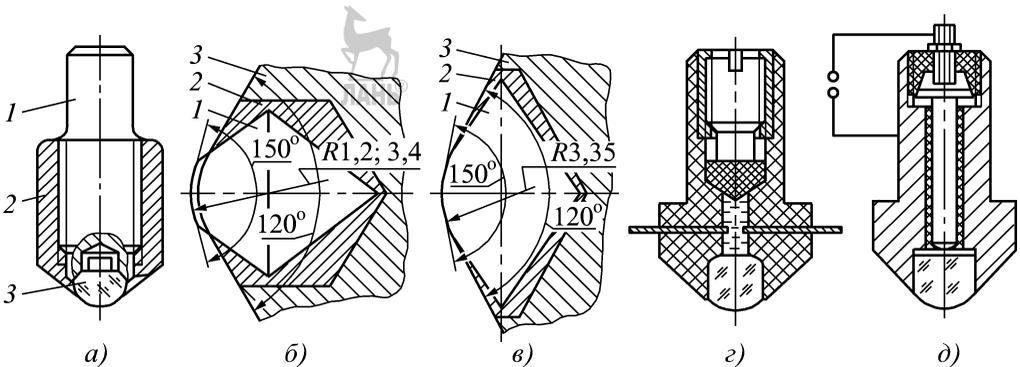
В зависимости от условий выглаживания и упрочнения, определяемых формой обрабатываемых поверхностей, рабочей поверхности алмаза придают заточкой различную форму (рис. П.8): сферическую (рис. П.8, *a*) – для обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей; цилиндрическую (рис. П.8, *б*) – для обработки только наружных цилиндрических поверхностей; тороидальную (рис. П.8, *в*) – для обработки поверхностей различной формы алмазами большого размера (применяется редко); коническую – для обработки наружных цилиндрических поверхностей малого диаметра; дисковую – для обработки прерывистых поверхностей; форму полостного гиперболоида – для обработки поверхностей кромок режущего инструмента; плоскую, переходящую на конус или сферу, – для обработки поверхностей различной формы с повышенной подачей.



**Рис. П.8. Формы рабочей части алмазов выглаживающего инструмента**

Наибольшее распространение имеют алмазные наконечники со сферической формой рабочей части алмаза. Они выпускаются двух типов: без хвостовика и с хвостовиком. Радиус сферы от 0,5 до 4 мм.

При использовании ненормализованных алмазных наконечников конструкция оправок и заделка в них алмазов различны в зависимости от условий их использования (рис. П.9). Практически такими же способами (чаще всего с механическим креплением) могут быть установлены в оправках твердосплавные пластины или цилиндрики. Для облегчения пайки в вакууме применяется державка с дилатометрическим датчиком (рис. П.9, з). Поскольку кристаллы природных алмазов имеют сложную неопределенную форму, они, как правило, крепятся в державках пайкой (рис. П.9, б, в). Имеющие определенную (чаще всего цилиндрическую) форму синтетические алмазы, как правило, закрепляются механически затяжкой гайки, завальцовыванием или запрессовкой (рис. П.9, а). При недопустимо большом расшатывании кристалла алмаза токопроводящая жидкость (рис. П.9, д) вытекает в образовавшийся зазор, разрывая электрическую цепь, останавливая выполняемый в автоматическом цикле процесс выглаживания или упрочнения, исключая возможность появления брака.



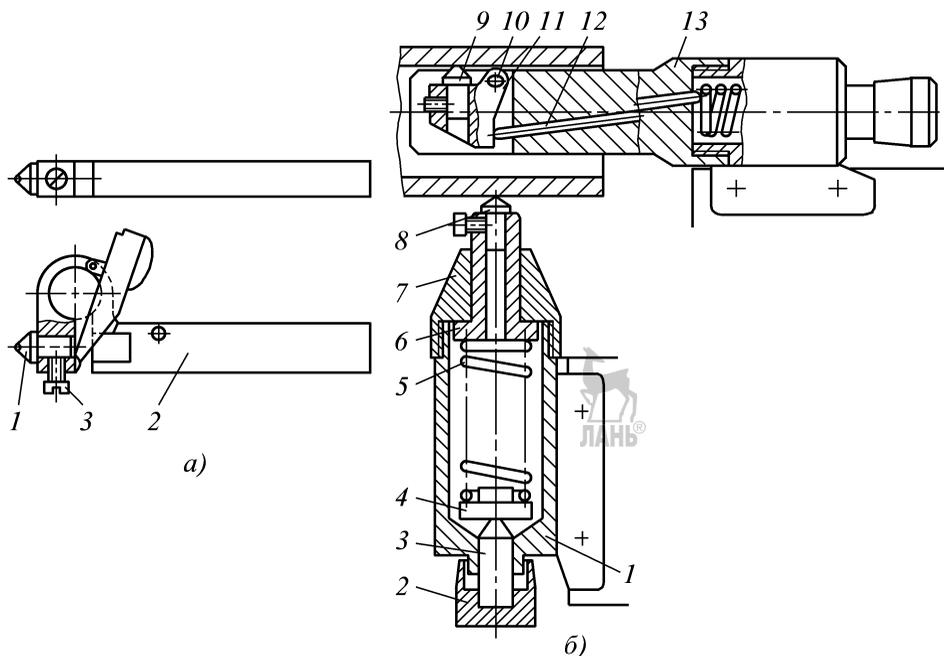
**Рис. П.9. Конструкция выглаживателей:**

- а – с резьбовой пробкой (1 – пробка; 2 – державка; 3 – кристалл);
- б, в – с креплением кристалла пайкой (1 – кристалл; 2 – припой; 3 – державка);
- з – с дилатометрическим датчиком; д – с токопроводящей жидкостью

Приспособления для выглаживания и упрочнения – это различные устройства, конструкция которых определяется конструктивными параметрами обрабатываемой заготовки (материалом, твердостью, формой, габаритными размерами, точностью, жесткостью), требованиями к обработке, масштабами производства.

Во всех случаях осуществляется упругий контакт инструмента с обрабатываемой поверхностью заготовки. Это позволяет снизить требования к точности и жесткости технологической системы, к выверке установки заготовок, а также обеспечить образование более однородной микрогеометрии, микроструктуры, микротвердости и напряжений в приповерхностном слое изготовленной детали. Упругим элементом чаще всего являются пружины, реже используются гидравлика, пневматика, гидропласт. Число деформирующих элементов – от одного до трех-четырех и более. В отдельных случаях выглаживание сочетается с получистовой или чистовой обработкой точением. Наиболее простые, надежные и универсальные однокомпонентные выглаживатели с упругой державкой и с пружиной показаны на рис. П.10.

Упругими элементами выглаживателя (рис. П.10, *а*) являются державка и дугообразная перемычка толщиной 2...5 мм. При обработке заготовок, биение которых превышает 0,02 мм, следует применять державку 2 с толщиной перемычки 2 мм. При меньшем биении нужно использовать более жесткую державку, в передней части которой винтом 3 закрепляется деформирующий элемент 1.



**Рис. П.10. Выглаживатели:**  
*а* – с упругой державкой; *б* – с пружиной

Упругий контакт деформирующего элемента с поверхностью обеспечивается упругими свойствами державки, а требуемая сила выглаживания или упрочнения – натягом, т.е. усилием поджатия державки к обрабатываемой заготовке, устанавливаемой по тарировочному графику. Недостатком таких выглаживателей является малая чувствительность упругого элемента и недостаточная точность установки требуемой силы выглаживания и упрочнения. Более совершенными в этом отношении являются выглаживатели с упругим элементом в виде пружин (рис. П.10, б). Корпус 1 устанавливается и закрепляется в суппорте токарного станка, и выглаживатель подводится до касания с обрабатываемой заготовкой. Перемещением гайки 2 шток 3 сжимает тарированную пружину 5, и через диск 4 давление пружины 5 через плунжер 6 передается на закрепленный в нем алмазный наконечник 8; плунжер перемещается в направляющем отверстии головки 7 корпуса. При обработке внутренних цилиндрических поверхностей заготовка с плунжером устанавливается в переходник 13 со штоком 12. В этом случае сила выглаживания или упрочнения передается через шток 12 и рычаг 11, установленный на оси 10, на алмазный наконечник 9.

Когда нужно обрабатывать маложесткие заготовки и приложение одностороннего давления недопустимо, используются многоэлементные выглаживатели. Также они широко применяются для повышения производительности выглаживания и упрочнения. В первом случае алмазные наконечники устанавливаются друг напротив друга (рис. П.11, а), во втором – в линию (рис. П.11, б). При необходимости совмещения двух проходов в один в двухалмазный выглаживатель устанавливаются два деформирующих алмазных элемента разного радиуса (рис. П.12). Державка 2 алмазных наконечников имеет вилкообразную форму и оснащена двумя алмазными наконечниками 1 и 3, которые расположены под одинаковым углом к направлению прилагаемой общей нагрузки, которая создается пружиной 6, установленной в корпусе 5; шарнир 4 обеспечивает самоустанавливаемость державки 2 относительно заготовки. Алмазный наконечник с алмазом большего радиуса, работающий с меньшим удельным давлением, осуществляется как бы первый проход, а наконечник с алмазом меньшего диаметра – второй проход.

При выглаживании происходит изменение формы детали в поперечном сечении в пределах сокращенного уменьшения высоты исходных неровностей. Однако улучшение формы изготавливаемой детали по сравнению с заготовкой незначительно и находится в пределах нескольких микрометров. Это относится к точности как в поперечном, так и в продольном сечениях. В малых пределах сокращаются погрешности геометрической формы: бочкообразность, конусообразность, седлообразность, огранка. Припуск под выглаживание, как правило, не оставляют. В крайнем случае нужно стремиться выдерживать размер заготовок под выглаживание для наружных цилиндрических поверхностей по верхнему, а для внутренних – по нижнему пределу значений полей допусков.

Остаточная деформация  $\Delta d$  (см. рис. П.1), определяющая изменение размера, может быть определена (кроме полых деталей) по формуле

$$\Delta d \approx 1,35(R_{\text{исх}} - R).$$

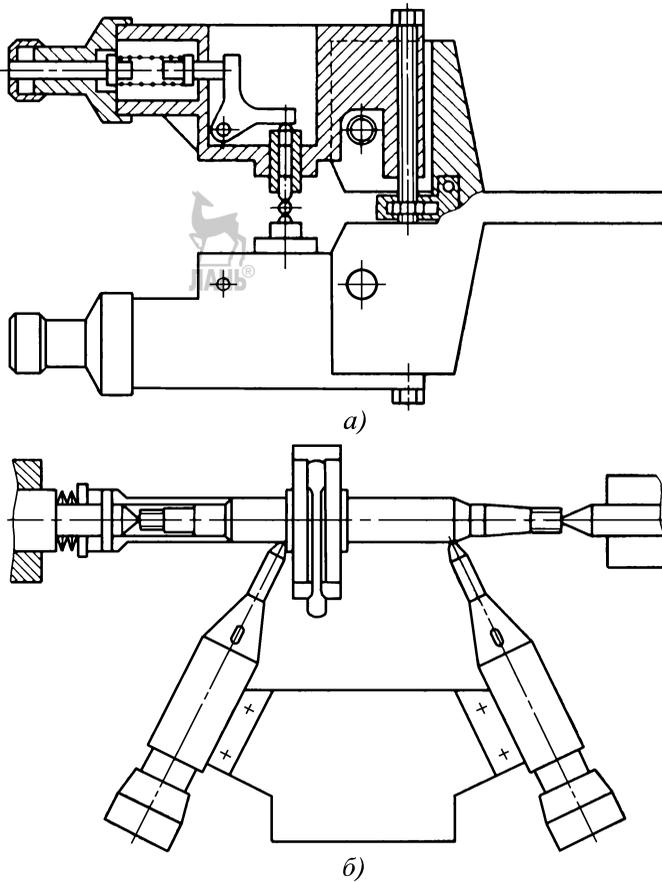


Рис. П.11. Двухалмазные выглаживатели

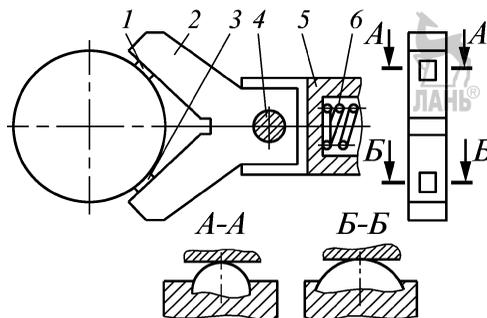


Рис. П.12. Двухалмазный выглаживатель с алмазами различного радиуса

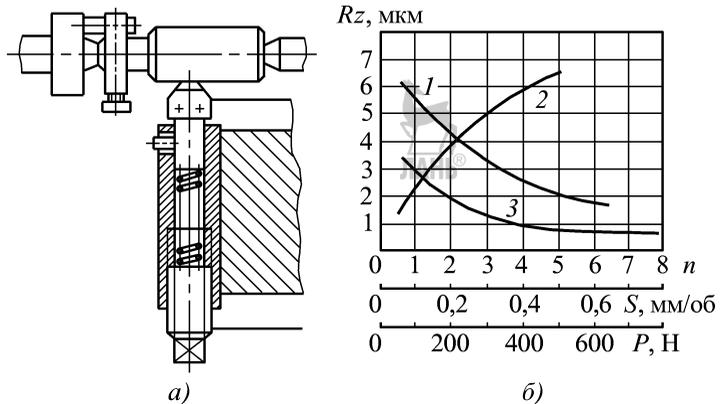
Типовые графики зависимостей значений микрогеометрических параметров от параметров режима выглаживания даны в табл. П.2.

На рис. П.13 показан пример твердосплавного выглаживателя и графики зависимости параметров микрогеометрии от параметров режима выглаживания.

**П2. Типовые графики зависимостей значений параметров качества поверхностей от значений параметров режима обкатывания**

Параметр режима обкатывания	Параметр качества			
	Шероховатость $Ra$ , мкм	Степень наклепа $H_{\mu}$ , МПа	Глубина наклепа $h$ , мкм	Измерение размера $\Delta d$ , мм
Исходная твердость металла $H$				
Исходная высота неровностей $R_{исх}$ , мкм				
Сила обкатывания $P$ , Н				
Радиус сферы ролика в осевом сечении $r$ , мм				
Подача $S$ , мм/об				
Число проходов $n$				
Скорость обкатывания $v$ , м/с				

**Рис. П.13. Твердосплавный выравниватель (а) и рабочие графики зависимости значений микрогеометрических параметров от значений параметров режима выравнивания (б): 1 –  $P$ ; 2 –  $S$ ; 3 –  $n$**



## 4.2. Обработка одно- и многороликовыми обкатниками

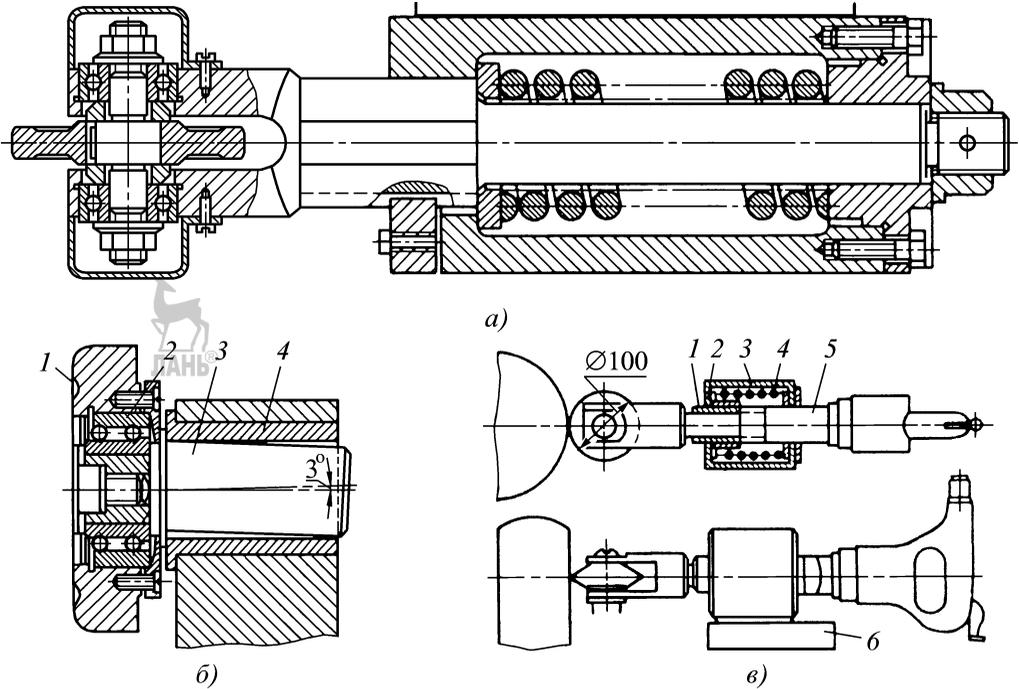
Назначение способов обработки обкатыванием роликами – сглаживание неровностей исходной поверхности, упрочнение приповерхностного слоя, калибрование, т.е. повышение точности формы и размеров, а чаще всего сочетание первых двух или всех трех задач. Схемы обкатывания наружных цилиндрических поверхностей показаны в табл. П.1.

*Однороликовый инструмент* в зависимости от назначения процесса, конструкции и жесткости, габаритов изготавливаемых деталей, серийности производства и других условий разнообразен: с роликами, свободно сидящими на осях и вращающимися от трения о заготовки; с роликами, свободно лежащими на опорах (с постоянным и переменным углом оси роликов относительно оси заготовки); с упругим и жестким контактом роликов с заготовкой; с одно- и многороликовыми обкатниками.

Наиболее распространены однороликовые обкатники упругого действия, достаточно производительные в условиях единичного и мелкосерийного производства, различной конструкции. Они применяются для отделки и упрочнения жестких заготовок. Преимущества обкатывания роликами с использованием обкатников упругого действия те же, что и выглаживателей упругого действия. Они в сочетании с трением скольжения обеспечивают высокие показатели как в отношении сглаживания исходных неровностей до  $Ra = 0,16 \dots 0,08$  мкм, так и упрочнения в сравнении с исходной микротвердостью до 25...35 %; способствуют созданию благоприятных сжимающих напряжений с сохранением исходной точности формы и размеров. В качестве примеров различные конструкции однороликовых накатников упругого действия с роликами различной формы приведены на рис. П.14.

Оптимальным значением угла разворота ролика в горизонтальной плоскости к оси заготовки является угол, при котором на ней образуется отпечаток каплевидной формы, который соответствует наилучшим условиям течения металла. Отпечаток при обработке твердых материалов дает наилучший результат, если он имеет форму укороченной капли, а при обработке мягких материалов – капли удлинённой.

Регулирование положения ролика относительно оси заготовки осуществляется при использовании накатников типа, показанного на рис. П.14, б. Ролик 1 смонтирован на шарикоподшипнике 2, установленном на оси 3. Ось вставлена в эксцентрично расположенное отверстие буксы. Поворотом буксы относительно кожуха, на котором нанесены градусные деления, можно изменять угол наклона ролика. В случаях, когда нужно создать упрочнение на значительную глубину, может быть использован обкатник пульсирующего действия типа (рис. П.14, в). Ролик вдавливается в заготовку спиральной пружины и получает дополнительные пульсирующие усилия от пневматического устройства. За счет этого на постоянную силу обкатывания накладываются переменные ударные силы. Таким образом сочетаются статические нагрузки, характерные для обычного обкатывания, с динамическими, осуществляемыми при таких процессах,



**Рис. П.14. Однороликовые обкатники:**

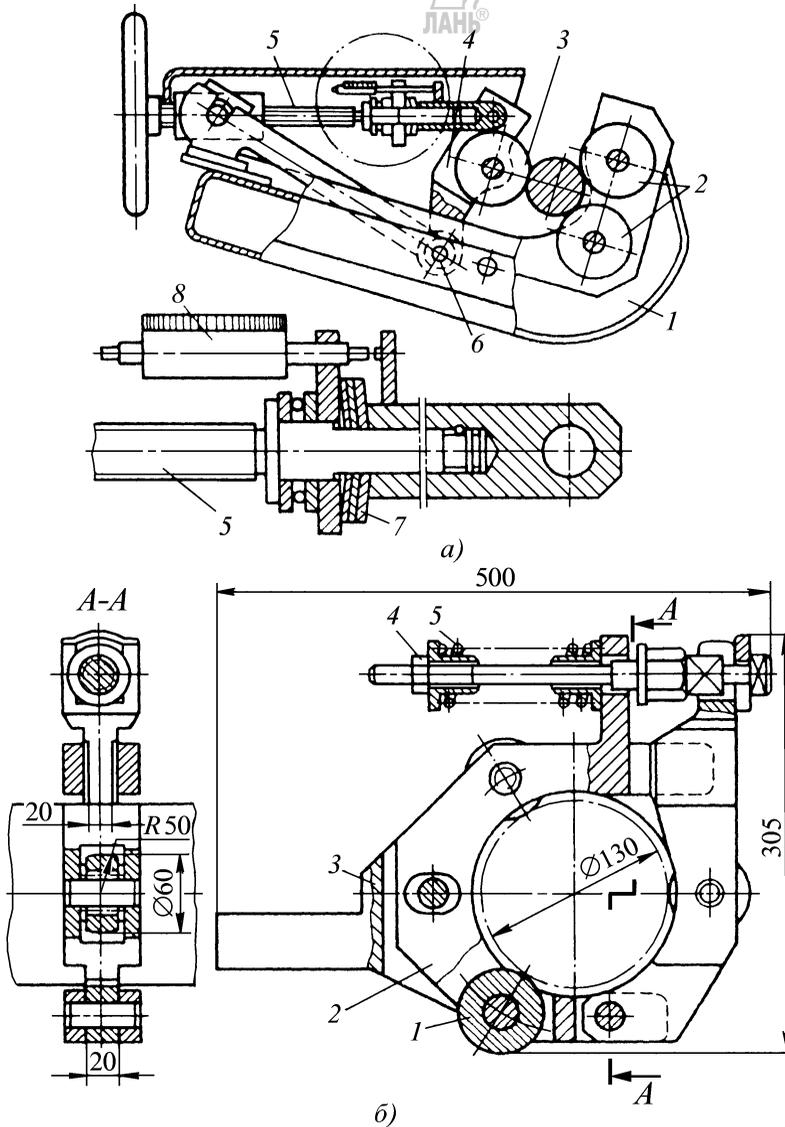
*а* – с нерегулируемой установкой цилиндрического ролика; *б* – с регулируемой установкой полусферического ролика; *в* – с пульсирующим треугольным роликом

как чеканка. Обкатник состоит из обычного клепального молотка (энергия удара 34 Дж, число ударов 1100 в минуту). На стержень 5 напрессована втулка 1. На резьбу стержня навинчена втулка 2, дополнительно крепящая втулку 1. Спиральная пружина 4 упирается с одной стороны в дно корпуса 3, с другой стороны – в борт втулки 2. К корпусу 3 приварена пластина 6. С ее помощью обкатник закрепляется в суппорте токарного станка. В квадратное отверстие втулки 1 смонтирован квадратный хвостовик сменной роликовой оправки.

*Многороликовый инструмент.* Расположение обкатных роликов вокруг обрабатываемой заготовки, как правило, через  $120^\circ$  позволяет уравновесить давления, создаваемые роликами. В результате этого деформации заготовок не происходит, а элементы станка, воспринимающие через заготовку значительные односторонние нагрузки, испытывают их в значительно меньшей степени. Технологическая система в этом случае более жесткая. Пропорционально числу роликов увеличивается скорость подачи.

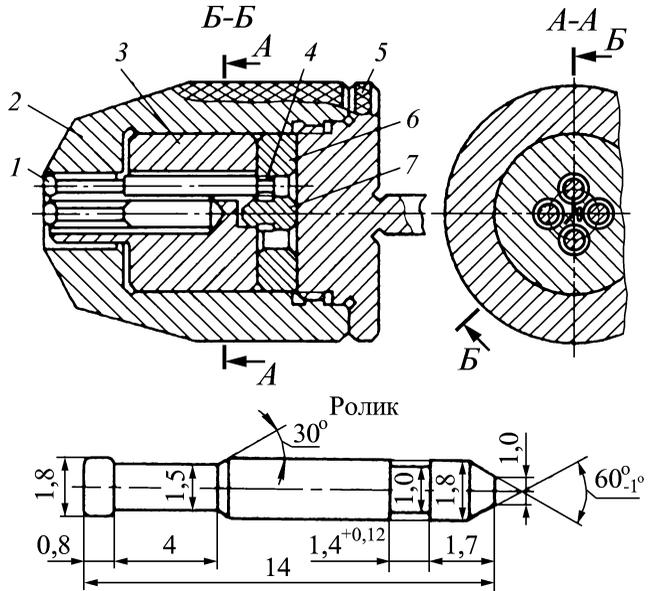
Многороликовые обкатники упругого действия выполняются трехроликовыми в трех вариантах: механические, гидравлические и пневматические.

Допускаемые силы обкатывания определяются жесткостью технологической системы и нормируются по высоте центров; так, при высоте центров 200 мм допускаемая сила равна 5000 Н, при высоте центров 300 мм – 9000...45 000 Н,



**Рис. П.15. Трехроlikовые обкатники упругого действия:**  
*а* – с тарельчатой пружиной; *б* – со спиральной пружиной

при высоте центров 500 мм усилие составляет 16 000...25 000 Н. Трехроlikовые обкатники упругого действия с пружинами, используемыми в качестве упругих элементов, показаны на рис. П.15. На рис. П.15, *а* показан обкатник с тарельчатой пружиной для отделочной и упрочняющей обработки валов и осей среднего диаметра. Он устанавливается на токарном станке взамен суппорта. Два ролика 2 закреплены в нижней части корпуса 1, а третий ролик 3 установлен в коромысле 4, которое тягой 6 шарнирно соединяется с корпусом. Такое соединение

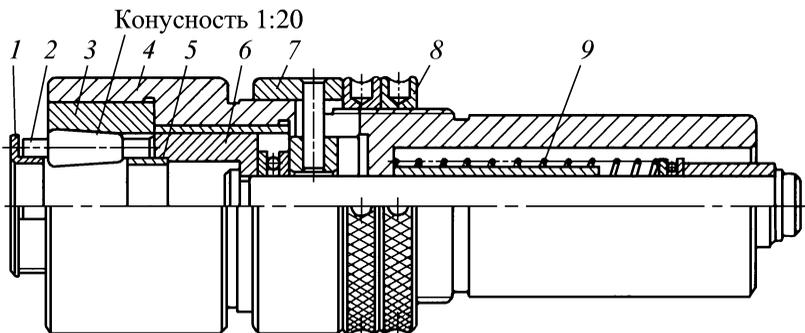


**Рис. П.16. Жесткий четырёхрольный обкатник без принудительной оси вращения роликов:**  
 1 – ролик; 2 – корпус;  
 3 – сепаратор; 4 – полукольцо;  
 5 – пробка; 6 – кольцо;  
 7 – штырь

обеспечивает возможность покачивания, т.е. самоустанавливания обкатника относительно заготовки. Рабочее усилие обкатывания создает ролик 3 при подаче его вместе с коромыслом к заготовке с помощью рукоятки, сидящей на винте 5, через тарельчатые пружины 7. Величина усилия фиксируется динамометром 8.

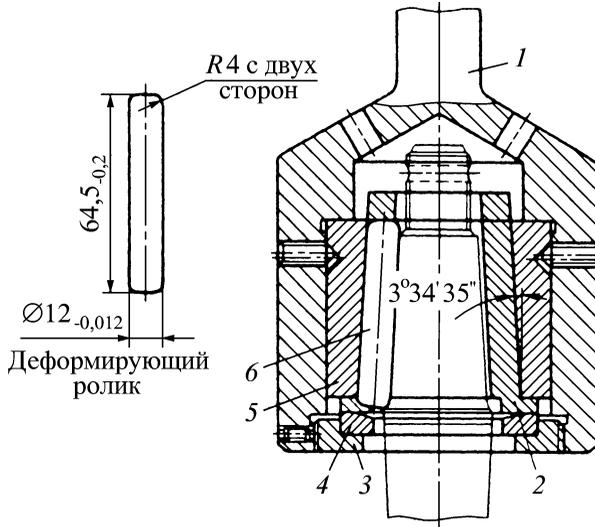
Трёхрольный обкатник упругого действия со спиральной пружиной для отделки и упрочнения шеек трансмиссионных валов рольгангов прокатных станов (диаметр 130 мм, длина 6...8 м) показан на рис. П.15, б. Разъемная обойма 2 с роликами 1 расположена в вилке 3, установленной в резцедержателе токарного станка. Вилка крепит обойму в направлении оси, обеспечивая самоустанавливаемость в радиальной плоскости, что при биении заготовок позволяет ей «плавать». Рабочее усилие обкатывания создается и регулируется гайкой 4, сжимающей пружину 5.

На рис. П.16 – П.18 показаны конструкции многороликовых обкатников.



**Рис. П.17. Многороликовый обкатник:**  
 1 и 5 – обоймы; 2 – ролик; 3 – нажимной корпус; 4 – корпус;  
 6 – сепаратор; 7 – кольцо; 8 – гайка; 9 – пружина





**Рис. П.18. Многороликовый обкатник с цилиндрическими роликами для обработки конических поверхностей:**

1 – корпус; 2 – сепаратор; 3 – гайка; 4 – упорное кольцо; 5 – втулка; 6 – ролики

### 4.3. Обработка одно- и многошариковыми обкатниками

Область рентабельного применения шарикового инструмента: обработка заготовок мало- и неравножестких, а также малопрочных деталей; чистовая упорчяющая обработка деталей твердостью до 40...42 HRC практически любой формы и размера в условиях от индивидуального до серийного производства (производительность обработки повышается за счет использования многошарикового инструмента, имеющего до 40 шариков, работающих одновременно).

Применение в качестве деформирующих элементов шариков от шарикоподшипников облегчает и удешевляет применение шарикового инструмента (рис. П.19). Условием вращения шарика без проскальзывания и остановки относительно обрабатываемой поверхности является соблюдение неравенства

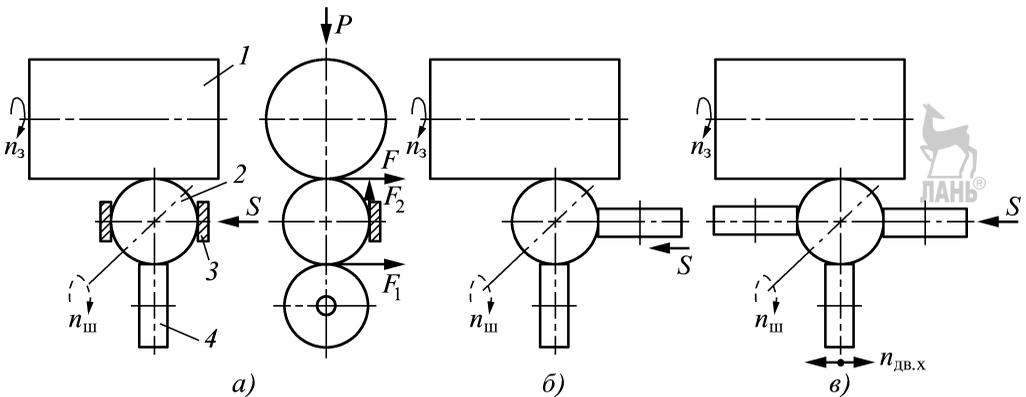
$$Fr_{\text{ш}} > F_1 r_{\text{ш}} + F_2 r_{\text{ш}}, \quad (\text{П.2})$$

где  $Fr_{\text{ш}}$  – момент, приводящий шарик во вращение;  $F_1 r_{\text{ш}}$  и  $F_2 r_{\text{ш}}$  – моменты, противодействующие вращению шарика;  $r_{\text{ш}}$  – радиус шарика;  $F$  – сила трения между шариком и заготовкой;  $F_1$  и  $F_2$  – силы трения между шариком и опорой, воспринимающей соответственно радиальную и осевую составляющие силы обкатывания.

Трение между шариком и обрабатываемой поверхностью должно быть больше, чем трение между шариком и опорами.

В данном неравенстве

$$F = Pf; \quad F_1 = Pf_1; \quad F_2 = (F + F_1)f_2$$



**Рис. П.19. Схема конструкций одношариковых обкатников с опорой шариков на шарикоподшипники:**

*а* – один; *б* – два; *в* – три; *1* – заготовка; *2* – шарик; *3* – сепаратор; *4* – шарикоподшипник

где  $P$  – сила обкатывания;  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения между шариком и опорой, воспринимающей соответственно радиальную и осевую составляющие силы обкатывания.

Тогда условие (П.2) примет вид:

$$\begin{aligned}
 Pf > Pf_1 + Pf_2 + Pf_1f_2; \\
 f > f_1 + ff_2 + f_1f_2; \\
 f(1 - f_2) > f_1(1 + f_2); \\
 f > f_1(1 + f_2) / (1 - f_2).
 \end{aligned}
 \tag{П.3}$$

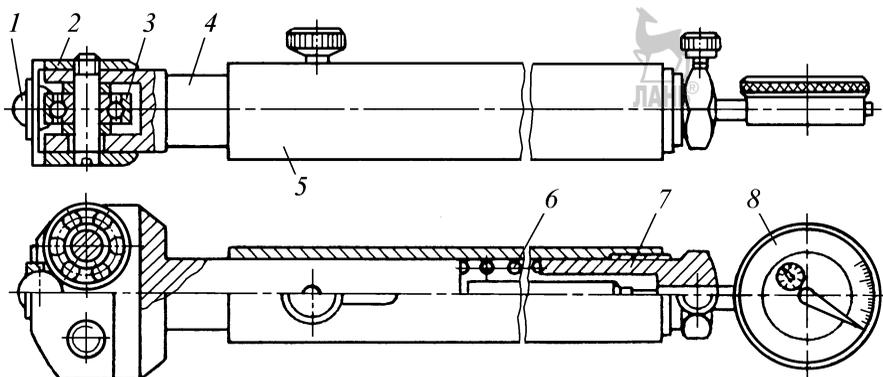
Поскольку в этом выражении величина  $(1 + f_2) / (1 - f_2) > 1$ , условие (3) имеет вид  $f > f_1$ .

Несоблюдение данного условия приводит к проскальзыванию шарика относительно заготовки, а при определенных условиях и к полной его остановке. В этом случае возрастает трение между шариком и заготовкой, их нагрев и, как следствие, ухудшается качество обрабатываемой поверхности и разрушается поверхностный слой металла.

*Одношариковый обкатник* упругого действия с опорой шариков на шарикоподшипник (рис. П.20) используется для обработки необработанных сталей.

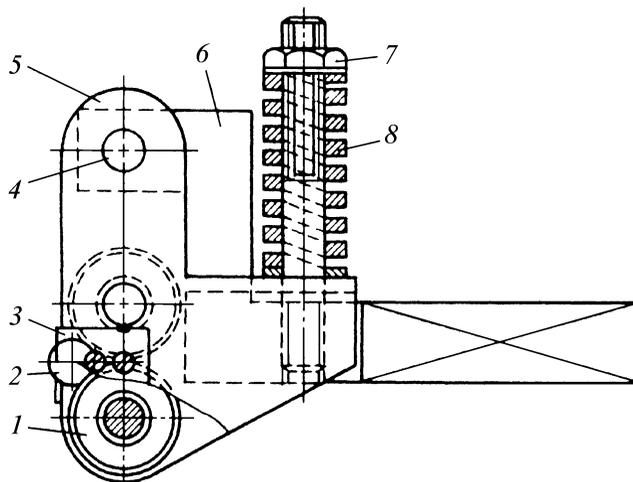
Для обработки открытых поверхностей закаленных деталей используются одношариковые обкатники рычажного типа (рис. П.21) с опорой шарика на два шарикоподшипника. Сила обкатывания создается пружиной.

*Многошариковые обкатники* обеспечивают повышение производительности обкатывания и необходимую степень упрочнения за один проход, позволяют избежать одностороннего давления деформирующего элемента на изготавливаемую деталь.



**Рис. П.20. Одношариковый обкатник с индикаторным устройством:**

1 – шарик; 2 – скоба-сепаратор; 3 – подшипник; 4 – оправка; 5 – корпус; 6 – пружина; 7 – втулка; 8 – индикатор с тарированной шкалой

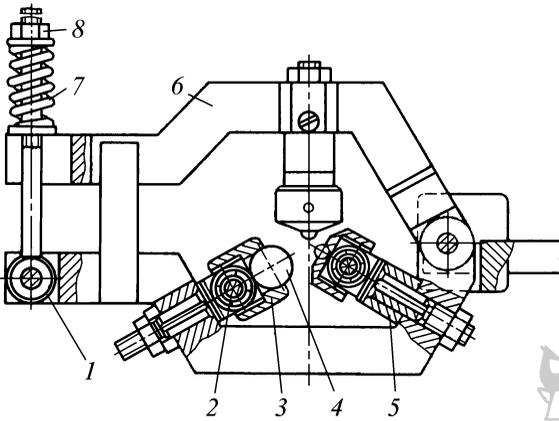


**Рис. П.21. Одношариковый обкатник рычажного типа для обработки открытых поверхностей закаленных деталей:**

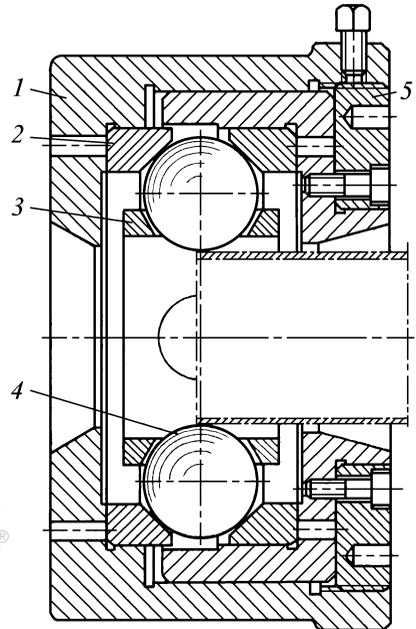
1 – шарикоподшипник; 2 – шарик; 3 – сепаратор; 4 – ось; 5 – державка; 6 – корпус; 7 – гайка; 8 – пружина

*Трехшариковый обкатник упругого действия* (рис. П.22) закрепляется в суппорте токарного станка и состоит из основания с двумя шариковыми головками и откидного рычага с одной головкой. В головках можно устанавливать шары различного диаметра: меньшего для упрочнения, большего для выглаживания.

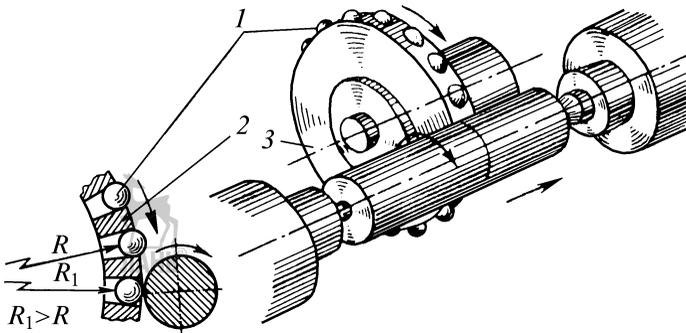
*Многошариковый жесткий обкатник* (рис. П.23) крепится в патроне или на планшайбе токарного станка, а заготовка – в суппорте или задней бабке. Обкатник может использоваться для калибрования и отделки равножестких прутков и труб правильной геометрической формы, отклонение от которой не превышает 0,01...0,02 мм. Точность размеров и формы повышается в пределах величин остаточной деформации.



**Рис. П.22. Многошариковый обкатник упругого действия:**  
 1 – основание; 2 – шарикоподшипник;  
 3 – сепаратор; 4 – шарик  
 5 – корпус; 6 – рычаг; 7 – пружина; 8 – гайка



**Рис. П.23. Многошариковый жесткий обкатник:**  
 1 – втулка-корпус; 2 – стальная закаленная опора; 3 – сепаратор;  
 4 – шарик (6 шт Ø 25,4 мм);  
 5 – гайка



**Рис. П.24. Схема обработки центробежным многошариковым обкатником**

Центробежные многошариковые обкатники являются инструментами упругого действия. Способ упрочнения и отделки поверхностей этими обкатниками основан на принципе динамического удара шариков об обрабатываемую поверхность (рис. П.24). Для удара используется центробежная сила шариков 1, которые свободно размещены в концентрично расположенных отверстиях сепаратора 2 диска 3, который вращается с большой скоростью. Точность обработки определяется величиной натяга  $h$  (см. рис. 1.9) и соответственно

определяется величиной натяга  $h$  (см. рис. 1.9) и соответственно энергии ударов шариков по обрабатываемой поверхности. Режимы центробежно-ударной обработки поверхностей шариками даны в табл. 1.16.

#### 4.4. Совмещенная обработка на токарных станках резанием и ППД

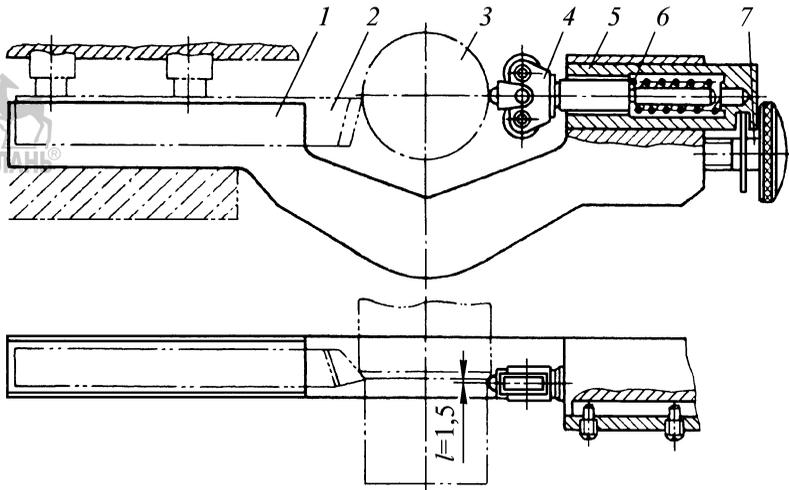
Эффективным способом повышения производительности и сокращения цикла изготовления деталей (в первую очередь, типа валов и осей) является совмещение обработки резанием с ППД. Совмещенная обработка может выполняться по двум схемам: деформирующий элемент (ролик) шарик расположен со стороны, противоположной резцу (рис. П.25), или за резцом (рис. П.26). Требуемая сила обкатывания устанавливается пружиной  $б$ . Такая обработка используется в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

При изготовлении деталей диаметром более 100 мм обработку целесообразно производить по схеме (см. рис. П.26) с применением одношарикового обкатника упругого действия.

Точность обработки повышается при использовании обкатника как момента и виброгасителя (рис. П.27, а). Условия повышения точности обработки:

$$P_{\text{обк}} = P_{\text{рез}}; \quad \beta_{\text{обк}} = \beta_{\text{рез}},$$

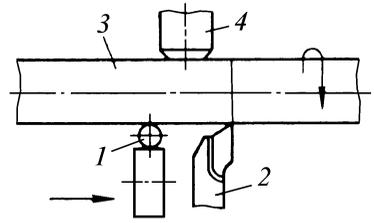
где  $P_{\text{обк}}$  и  $P_{\text{рез}}$  – соответственно сила обкатывания и сила резания;  $\beta_{\text{обк}}$  и  $\beta_{\text{рез}}$  – соответственно угол направления силы обкатывания и силы резания.



**Рис. П.25.** Схема одновременного точения и обкатывания при установке деформирующего элемента напротив резца:

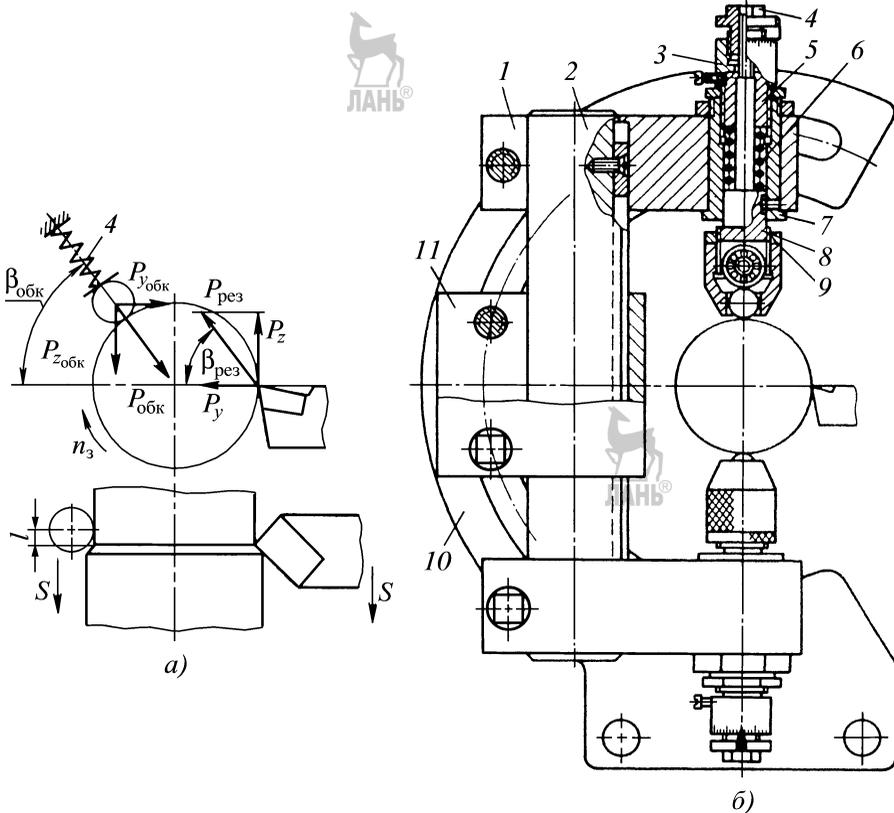
1 – корпус; 2 – резец; 3 – заготовка; 4 – одношариковая головка; 5 – втулка;  
6 – пружина; 7 – регулировочный винт

Для выполнения этого условия двухшариковая головка обкатника выполнена поворотной (рис. П.27, б). Обкатник закрепляется на суппорте токарного станка вместо подвижного люнета. При обработке валов из сталей 20 и 45 и дюралюминия достигается повышение точности с 8-го до 7-го квалитета и улучшение параметра шероховатости поверхности с  $Ra = 2,5...5$  мкм до  $Ra = 0,32...0,63$  мкм за один проход ( $d_{ш} = 10$  мм,  $d_3 = 25$  мм,  $l = 100$  мм,  $n_3 = 90$  м/мин,  $S = 0,15$  мм/об,  $P = 40$  Н – при упругом контакте шара с обрабатываемой поверхностью,  $P = 800$  Н – при полужестком контакте).

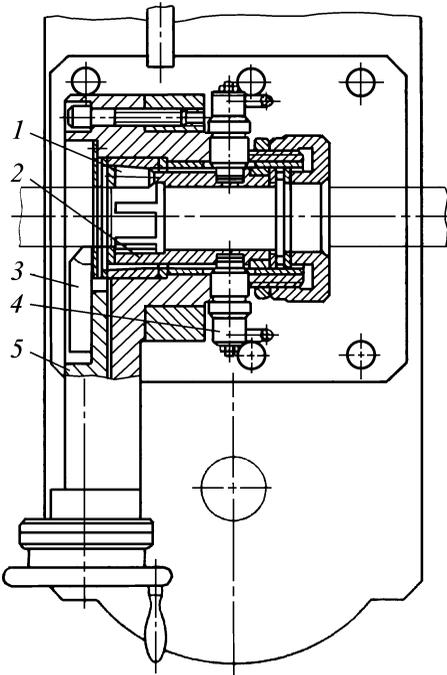


**Рис. П.26. Схема одновременного точения и обкатывания при установке шарика за резцом:**

- 1 – шарик; 2 – резец;
- 3 – заготовка; 4 – опора



**Рис. П.27. Схема одновременного точения и обкатывания шариком (а); двухшариковый обкатник для одновременного точения и обкатывания (б):**  
 1 – стойка; 2 – шток; 3 и 4 – гайки; 5 – барабан; 6 – пружина; 7 – втулка;  
 8 – вилка; 9 – гайка; 10 – кронштейн; 11 – зажим



**Рис. П.28. Многороликовый дифференциальный обкатник для одновременного точения и обкатывания:**

1 – ролик; 2 – сепаратор; 3 – резец;  
4 – эксцентрик; 5 – суппорт

мещенными в корпусе подвижного люнетно-деформирующего устройства размерообразующего узла.

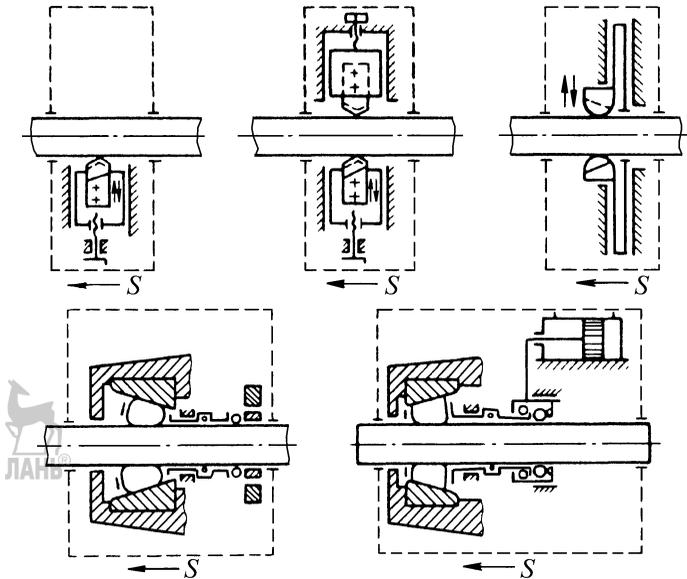
Размерообразующий узел, выполненный в виде комбинированного режуще-деформирующего устройства, состоит из конструктивных модулей (рис. П.29) с одной или несколькими последовательно работающими режущими и пластически деформирующими головками, предназначенными для черновой и выглаживающей обработки. Сочетание, т.е. комбинация головок в устройстве для совмещенной обработки, определяется конструкцией изготавливаемой детали, масштабом производства, величиной припуска, требуемой производительностью обработки, калибрующей способностью способа обработки.

Головки могут работать в люнетном, люнетно-деформирующем и выглаживающем режимах; это достигается сменой резцовых и люнетно-деформирующих головок, изменением режимов резания и ППД.

В первом случае обеспечивается стабильность требуемой точности, во втором – дальнейшее повышение точности в основном резцовыми головками при минимальной величине усилий на деформирующих роликах; в третьем – происходит сглаживание роликом, но без участия в работе резцовых головок.

Многороликовый дифференциальный обкатник для одновременной обработки резанием и ППД показан на рис. П.28. Он вместе с резцом устанавливается в специальном суппорте на токарном станке. При продольной подаче суппорта резец (с твердосплавной пластинкой) производит обточку (достигается 6-й квалитет точности и параметр шероховатости  $Ra = 2,5$  мкм), а ролики обкатника путем сглаживания микронеровностей, образующихся при точении, сокращают параметр шероховатости поверхности до  $Ra = 0,08...0,16$  мкм. И в этом случае обкатник служит одновременно люнетом. Это способствует повышению жесткости технологической системы.

Производительность совмещенной обработки резанием и ППД в 2–7 раз выше абразивной обработки, а по трудоемкости намного ниже, например, шлифования. При ударном вдавливании шарика в конструкционные материалы оптимальные значения энергии удара 15...50 Дж. В основе схем совмещенной обработки лежит принцип люнетной токарной обработки многолезцовыми головками, раз-



**Рис. П.29. Конструктивные модули устройств для совмещенной обработки**

Для черновой и получистовой обработки используются комбинированные устройства с неподвижными и жестко закрепленными одно- и двухрезцовыми головками, которые снабжены механизмами тонкой регулировки, поднастройки, ускоренным отводом. В процессе обработки неподвижными резцовыми головками снимается 60...90 % припуска, обеспечивается требуемая точность геометрической формы и размера детали, прямолинейность ее оси (табл. П.3). В качестве пластически-деформирующих устройств используются дифференциальные (планетарные) обкатники, работающие по схемам, показанным на рис. П.29.

**П.3. Влияние элементов технологической системы на точность обработки, %**

Источник погрешностей	Вид обработки	
	Токарно-однорезцовая	Совмещенная
Станок	60	10
Установка и закрепление заготовки	10	15
Инструмент (при настройке вне станка):		
износ	20	25
настройка	10	50
Инструмент (при настройке в процессе обработки):		
износ	5	5
настройка	25	70

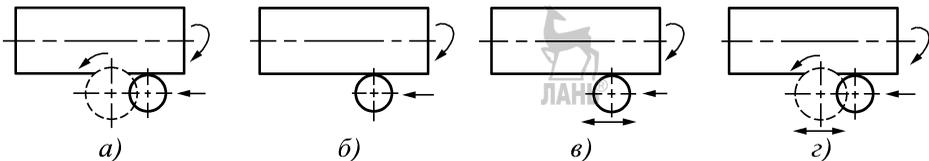
<i>Эксплуатационные характеристики устройств для совмещенной обработки</i>	
Диаметр изготавливаемых деталей, мм . . . . .	14...90
Длина, мм . . . . .	20...5000
Точность обработки (квалитеты) . . . . .	IT6...IT8
Минимальный параметр шероховатости $Ra$ , мкм . . . . .	0,05
Скорость обработки резанием, м/мин . . . . .	До 500
Скорость обработки давлением, м/мин . . . . .	До 270
Продольная подача, мм/об . . . . .	0,05...6,0
Производительность, мм/мин . . . . .	500...4500

#### 4.5. Вибрационное накатывание

Схемы вибронакатывания показаны на рис. П.30.

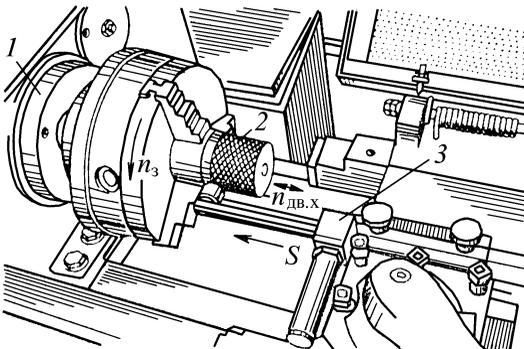
Наиболее распространена схема вибронакатывания, показанная на рис. П.30, в. Она проще и экономичнее реализуется при образовании регулярных микрорельефов на поверхностях практически любой формы.

На рис. П.31 показана схема виброголовки к токарному станку (обработка наружных, внутренних и торцовых поверхностей). Деформирующий элемент (шарик или сферический наконечник) совершает осцилляционное движение параллельно образующей обрабатываемой цилиндрической поверхности.



**Рис. П.30. Принципиальные схемы вибронакатывания:**

*a* – с принудительным вращением вокруг смещенной оси шарика; *б* – с осциллирующим по дуге шариком; *в* – с осциллирующим вдоль оси заготовки шариком; *г* – с принудительно вращающимся вокруг смещенной оси и осциллирующим вдоль заготовки шариком



**Рис. П.31. Схема виброголовки к токарному станку:**

*1* – станок; *2* – заготовка; *3* – виброголовка; параметры режима вибронакатывания:  $n_3$  – частота вращения заготовки;  $n_{дв.х}$  – частота осцилляций инструмента;  $S$  – подача инструмента

### 4.6. Ударное вибронакатывание

Вибронакатывание и центробежноударное накатывание не позволяют при образовании полностью регулируемого микрорельефа создавать мелкочейную структуру с большим числом элементов, приходящихся на единицу площади (только 9–12 на 1 мм<sup>2</sup>). Для ряда деталей необходимо число ячеек микрорельефа 20–25 на 1 мм<sup>2</sup>. Это обеспечивается за счет дискретного ударного контакта деформирующего элемента с обрабатываемой поверхностью со значительной частотой. Для этого используется сферический наконечник с малым радиусом сферы, а также электромагнитный привод (рис. П.32).

Основной параметр мелкочейного регулярного микрорельефа – плотность расположения элементов (ячеек) на единице площади поверхности – определяется по формуле

$$N = \{i\} / (\pi d_3 S) \quad \text{или} \quad N = 1 / (a S),$$

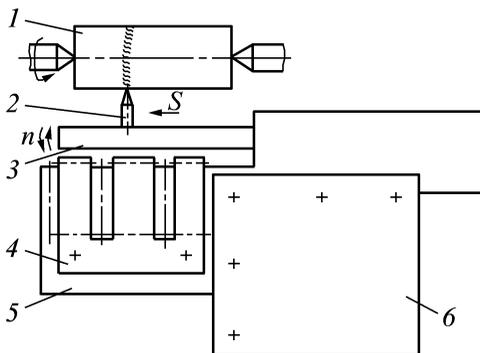
где  $\{i\}$  – величина дробной части параметра;  $a = (\pi d_3) / \{i\}$  – окружной шаг отпечатков.

Угол  $\gamma$ , характеризующий направление неровностей РМР, определяется соотношением

$$\gamma = \arctg S / (a \{i\}).$$

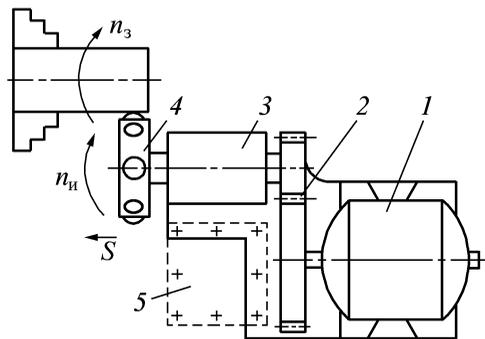
Приведение зависимости позволяет расчетным путем осуществить технологическое обеспечение РМР как при ударном, так и при обычном вибронакатывании.

На рис. П.33 показана схема установки для ротационно-ударного деформирования (РУД) на токарном станке. Автономный электродвигатель 1 постоянного тока имеет мощность 0,3...0,5 кВт и частоту вращения вала до 500 мин<sup>-1</sup>, модуль повышающей зубчатой передачи 2 составляет 1,5...2 мм. Инструмент 4 представляет собой диск, в сепараторах которого установлены шарики. При сближении с заготовкой шарики производят по ней дискретные удары. В результате



**Рис. П.32. Схема устройства для образования мелкочейистого РМР:**

- 1 – заготовка; 2 – инжектор; 3 – якорь электромагнита; 4 – электромагнит;
- 5 – основание; 6 – резцедержатель токарного станка



**Рис. П.33. Установка для ротационно-ударного деформирования:**

- 1 – электродвигатель; 2 – зубчатая передача; 3 – шпиндель; 4 – инструмент;
- 5 – резцедержатель токарного станка

ударов в зависимости от соотношения  $n_3$  и  $S$  на обрабатываемой поверхности образуется «узор» из отдельных регулярно расположенных лунок, т.е. полностью регулярный микрорельеф.

Скорости движения инструмента и заготовки связаны соотношением

$$i = (n_n z) n_3 = [i] + \{i\},$$

где  $n_n$  и  $n_3$  – частота вращения инструмента и заготовки;  $z$  – число деформирующих шариков.

Целая часть  $[i]$  параметра  $i$  определяется как ближайшее большее из выражения

$$\{i\} = \pi d_3 / (1 - k) d_n,$$

где  $d_3$  – диаметр заготовки;  $d_n$  – диаметр лунки;  $k$  – коэффициент степени перекрытия лунок (гексагональный РМ образуется при  $0,15 \leq k < 1$ , а тетрагональный  $0,3 \leq k < 1$ ).

Дробная часть  $\{i\}$  параметра  $i$  характеризует сдвиг смежных ячеек (образующихся при очередном обороте заготовки) по окружности. При  $\{i\} = 0$  получается четырехугольные ячейки (с тетрагональным РМ), а при  $\{i\} = 0,5$  – шестигонные ячейки (с гексагональным РМ).

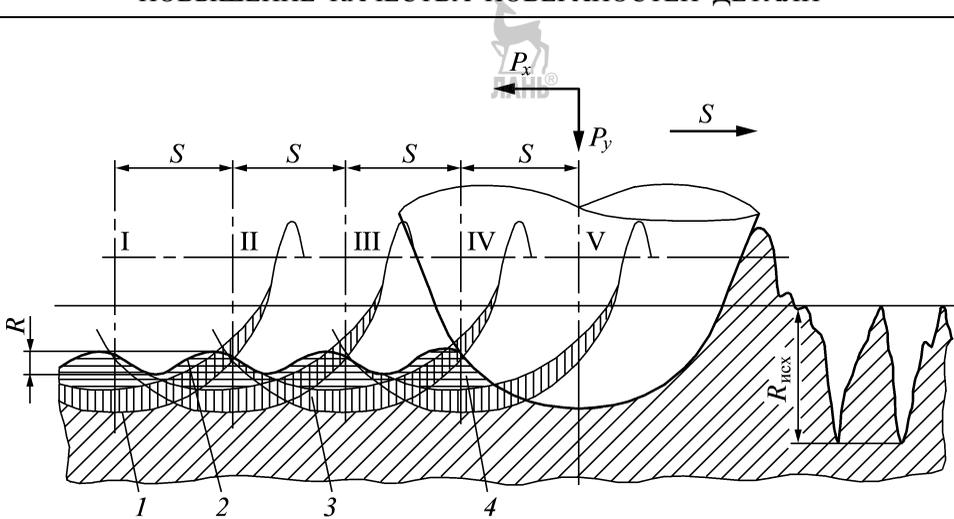
При создании РМ на обрабатываемой поверхности способом РУД достигаются такие же степень упрочнения и глубина наклепа, как и при обработке динамическим наклепом за один проход. Так, микротвердость стальных деталей после обработки повышается на 50 % по сравнению с исходной, латунных и медных – на 60 %, что в 1,5...2 раза выше микротвердости деталей, обработанных вибронакатыванием. Глубина наклепа при образовании РМ на поверхностях с одинаковыми микрогеометрическими параметрами у деталей, поверхности которых обработаны способом РУД, составляет 500...1000 мкм, тогда как у вибронакатанных при прочих равных условиях она не превышает 50 мкм.

## 5. ОБРАБОТКА ППД ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Назначение чистовой обработки ППД отверстий: калибрование (повышение точности размеров и геометрической формы), отделка, упрочнение и их сочетание. Эффективность обработки ППД еще в большей степени, чем обработка наружных цилиндрических поверхностей, зависит от правильности выбора способа обработки, инструмента, режима и условий ведения процесса в зависимости в первую очередь от конструкции, ее термической и предварительной механической обработки, предъявляемых требований к точности и качеству поверхности, серийности производства.

### 5.1. Обработка выглаживающими гладилками

Сущность процесса заключается в пластическом деформировании приповерхностных слоев обрабатываемого материала скользящим по поверхности алмазным кристаллом. При этом сглаживаются неровности исходной поверхности,



**Рис. П.34. Схема деформации поверхности при выглаживании в направлении подачи:**

- I–V – последовательные положения выглаживателя после каждого оборота детали:  
 1 – профиль следа движения выглаживателя; 2 – фактический профиль выглаженной поверхности; 3 – упругое восстановление поверхности;  
 4 – пластическое искажение профиля

повышается твердость приповерхностного слоя. В нем создаются сжимающие напряжения, что обуславливает значительное улучшение эксплуатационных свойств деталей. Алмаз обладает высокой твердостью, малым коэффициентом трения, высокой степенью гладкости и теплопроводности. Это определяет универсальность способа выглаживания, т.е. возможность обработки материалов твердостью до 60...65 HRC, поверхностей детали малой жесткости (малый радиус выглаживателя 0,75...4 мм) с силой выглаживателя 50...250 Н (рис. П.34).

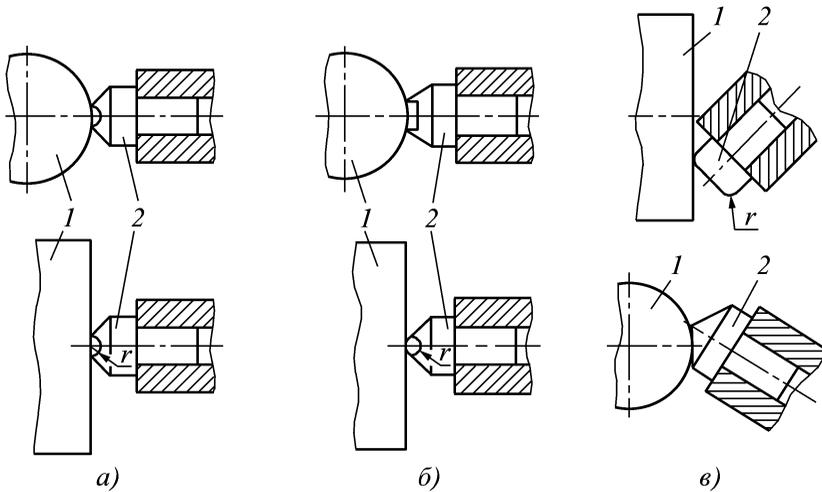
Основной силой, создающей нужное давление в зоне контакта инструмента с обрабатываемой заготовкой, является нормальная составляющая  $P_y$ . Составляющие  $P_z$  и  $P_x$  в 10...20 раз меньше  $P_y$ .

Коэффициент трения при выглаживании  $f_{тр} = 0,03...0,12$  ( $f_{тр} = P_z / P_y$ ). Изменение размера при выглаживании при прочих равных условиях зависит от исходной шероховатости и может быть определено по формуле

$$\Delta d = (4/3)(R_{исх} - R),$$

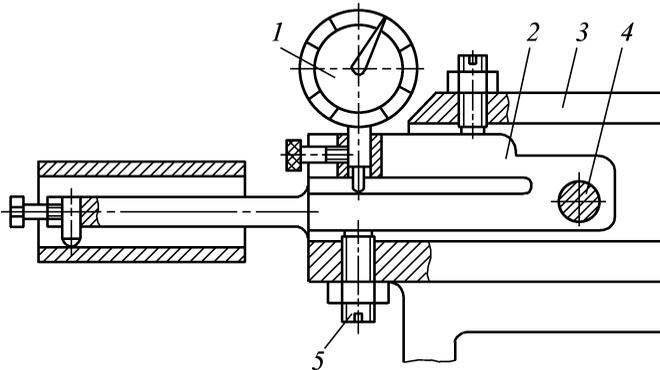
где  $R_{исх}$  и  $R$  – соответственно высоты неровностей до и после выглаживания.

При выглаживании пластическая деформация происходит путем сдвигов по плоскостям скольжения отдельных кристаллов материала раздробления крупных кристаллов материала, при этом структура приповерхностного слоя становится более мелкозернистой и получает ориентированную текстуру. Температура при выглаживании, при средних режимах лежит в пределах 150...300 °С. На глубине 0,1...0,3 мм от поверхности она снижается до комнатной и практически не влияет на микроструктуру приповерхностного слоя.



**Рис. П.35. Формы заточки рабочей части выглаживателей:**

*a* – сферическая; *б* – цилиндрическая; *в* – торцовая; *г* – коническая;  
 1 – заготовка; 2 – выглаживатель



**Рис. П.36. Одноалмазный выглаживатель  
 для обработки отверстий малого и среднего диаметра:**  
 1 – индикатор; 2 – скалка; 3 – корпус; 4 – ось; 5 – винт

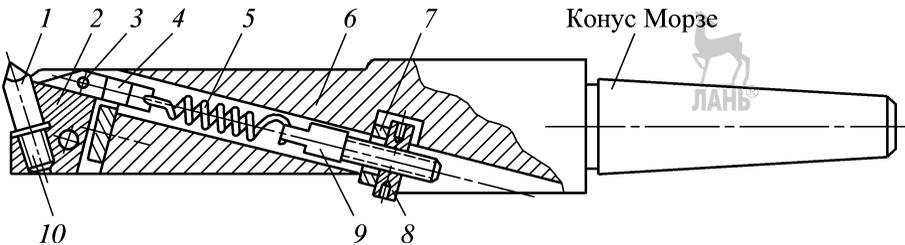
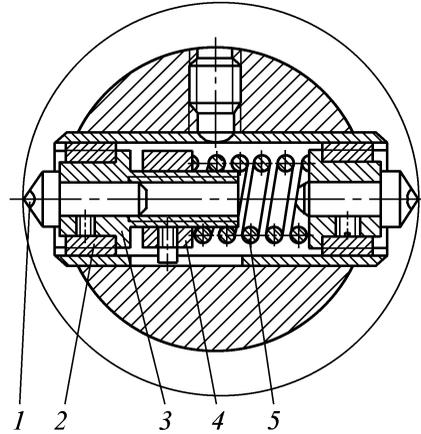
На рис. П.35 показаны различные формы заточки рабочей части выглаживателей. В качестве материала выглаживания чаще применяется алмаз, в меньшей мере – рубин и лейкосапфир, минералокерамика, твердые сплавы.

На токарных станках выглаживание жесткими оправками и борштангами с закрепленными на них упругими выглаживателями чаще всего осуществляется по схеме: заготовка вращается, инструмент перемещается в направлении подачи.

На рис. П.36 показан одноалмазный выглаживатель упругого действия для обработки отверстий малого и среднего диаметра. Винтами 5 в некоторых пределах регулируется жесткость скалки 2 (пружинная сталь), а по индикатору устанавливается сила вдавливания алмаза в заготовку.

**Рис. П.37. Двухалмазный  
выглаживатель для обработки  
отверстий большого диаметра:**

1 – алмаз; 2 – гайка; 3 – резьбовая втулка;  
4 – гайка; 5 – пружина



**Рис. П.38. Одноалмазный выглаживатель упругого действия:**

1 – алмаз; 2 – сухарь; 3 – серьга; 4 – прокладки; 5 – пружина; 6 – корпус;  
7 – шайба; 8 – гайка; 9, 10 – винты

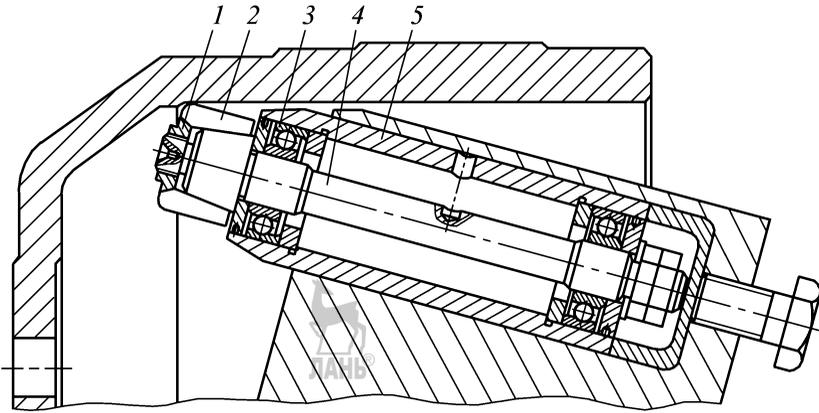
На рис. П.37 приведен двухалмазный выглаживатель для обработки отверстий большого диаметра. Сила вдавливания регулируется вращением резьбовой втулки 3, настройка выглаживателя на размер осуществляется гайками 2.

На рис. П.38 показан одноалмазный выглаживатель упругого действия для токарных станков для обработки отверстий диаметром от 28 мм.

## 5.2. Обработка односторонними многороликовыми раскатниками

*Однороликовые раскатники.* Они используются для обработки отверстий большого диаметра (более 100 мм) независимо от типа производства в случаях, когда применение многороликовых раскатников практически невозможно.

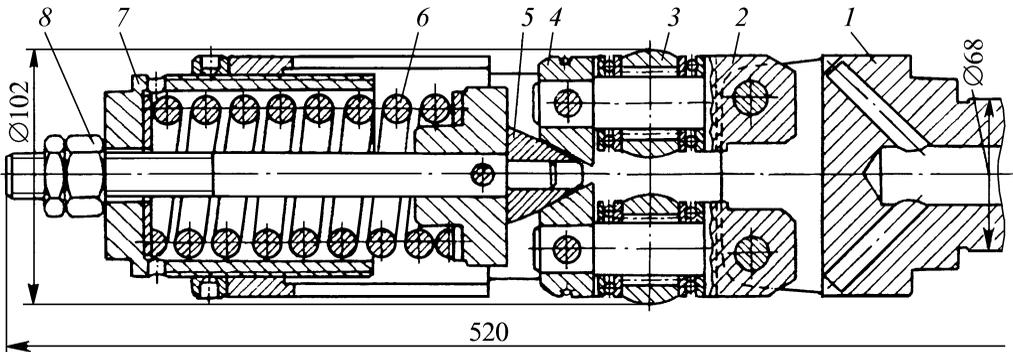
На рис. П.39 показан раскатник для обработки глухих отверстий (калибрования) на токарном станке одновременно с растачиванием. Калибрование по профилю сочетается с выглаживанием и упрочнением. Деформирующий ролик 2 (твердый сплав ВК8, диаметр равен 36 мм,  $L = 25$  мм, радиус сферы на рабочем участке 3 мм) закреплен на конусной оправке 4, гайкой 1; оправка вращается в подшипниках 3, смонтированных в стакане 5, расположенном под углом  $15^\circ$  к оси заготовки в державке, закрепленной в суппорте станка. Параметр шероховатости поверхности отверстия (диаметр 440 мм,  $L = 158$  мм,  $n_3 = 50$  мин<sup>-1</sup>,  $S = 0,3$  мм/об) снизился с  $Ra = 10$  мкм до  $Ra = 2,5$  мкм.



**Рис. П.39. Однороликовый раскатник для обработки глухих отверстий**

*Многоруликовые раскатники.* Они более производительны по сравнению с однороликовыми раскатниками, исключается одностороннее давление на заготовку. Их применяют для калибровки, отделки, упрочнения поверхностей отверстий или сочетания первых двух, а иногда и трех способов. В зависимости от этого их выполняют жесткими или упругого действия, а в зависимости от серийности производства – регулируемыми или постоянными на один размер.

Раскатник для обработки отверстия диаметром 102 мм с продольно расположенной винтовой пружиной 6 (рис. П.40) имеет малую жесткость; сила раскатывания регулируется в широком диапазоне гайкой 7. От пружины 6 сила передается на ролики 3 через клин 5, опорные сухари 4 и рычаги 2. Опорные поверхности сухарей расположены под углом  $30^\circ$  к продольной оси раскатника. Благодаря этому сила поджатия раскатника распределяется на два ролика и при данном соотношении длин плеч рычагов составляет 0,6 от необходимой силы раскатывания. Диаметральный размер раскатника по роликам устанавливается



**Рис. П.40. Двухроликовый нерегулируемый раскатник упругого действия для обработки отверстий  $\varnothing 102$  мм с подачей в двух направлениях**

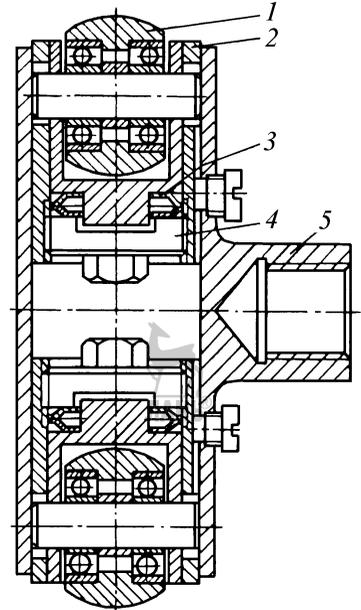
гайками 8 на заведомо бóльшую величину, чем диаметр раскатываемого отверстия. Раскатчик своим резьбовым хвостовиком корпуса 1 закрепляется на борштанге. Данный раскатчик может работать с подачей в двух направлениях, так как осевая составляющая силы раскатывания будет восприниматься упорными подшипниками, установленными с обеих сторон роликов.

Регулируемые на размер раскатники более универсальны, а поэтому и более экономичны.

На рис. П.41 показан двухроликковый раскатчик с раздельной регулировкой на размер и на силу раскатывания.

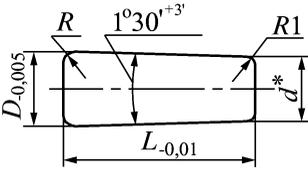
Раскатчик состоит из сварного полого корпуса 5, с двух сторон которого вставлены стаканы 2 с расположенными в них роликами 1 и тарированными тарельчатыми пружинами 3. Регулирование на требуемую силу раскатывания осуществляется сжатием пружины гайками 4, а установка на размер – удалением или сближением стаканов по конусу. При относительно небольших габаритах и весе диапазон регулирования 100...140 мм.

Недостатками раскатчиков с роликами кругового профиля являются малая площадь контакта и необходимость закрепления их на осях и высокая стоимость изготовления роликов. Указанных недостатков лишены многороликовые жесткие раскатники с коническими роликами без материальной оси их вращения (дифференциальные). Такие раскатники для обработки отверстий среднего диаметра (ориентировочно от 25 до 250 мм) получили наибольшее распространение. Это обусловлено их высокой производительностью. Большая длина линии контакта роликов с обрабатываемой поверхностью позволяет вести раскатывание с большими подачами (0,5 мм/об и более). Раскатники пяти типов (рис. П.42) нормализованы и служат для обработки отверстий различных диаметров (табл. П.4). Все они работают по одному принципу.

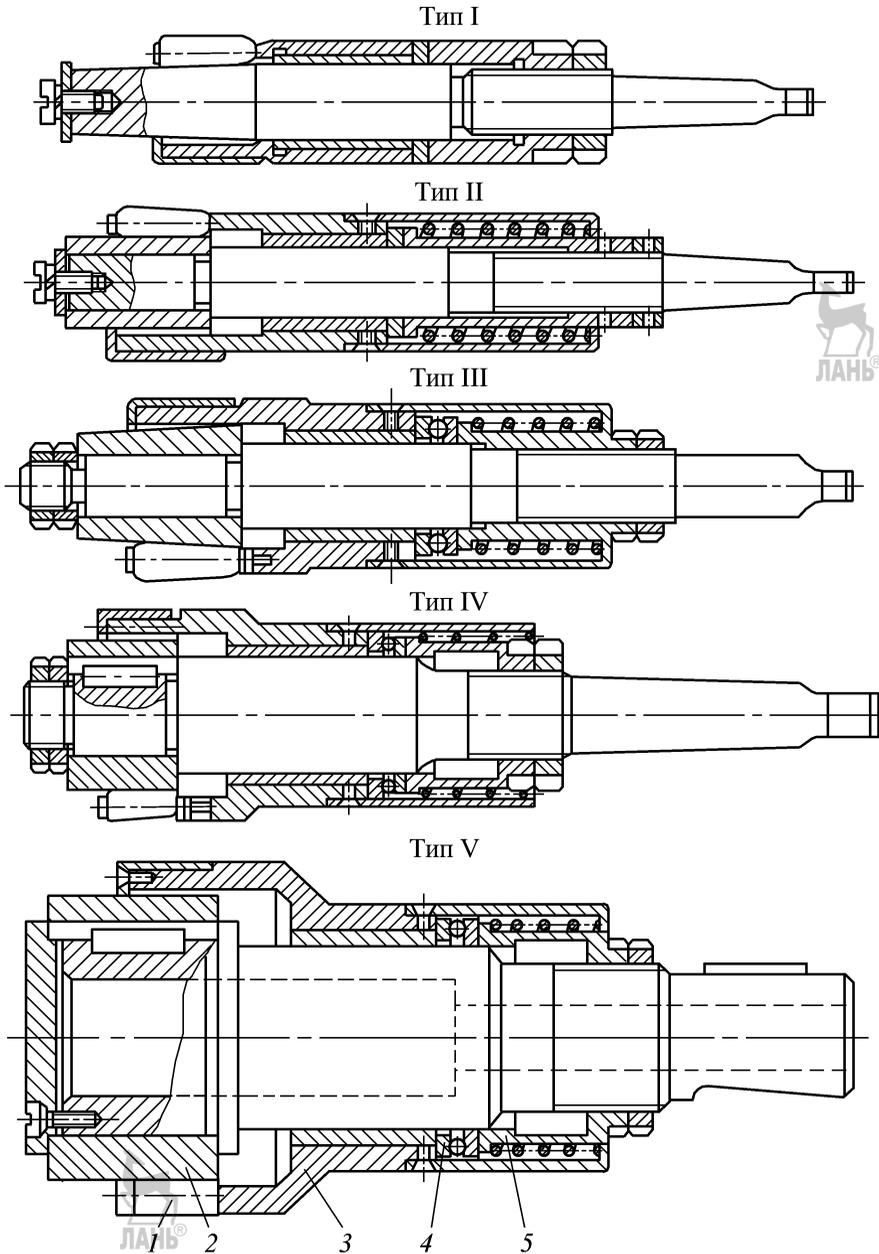


**Рис. П.41. Двухроликковый регулируемый раскатчик с раздельной установкой каждого ролика на размер и на силу раскатывания**

**П.4. Ролики, используемые в нормализуемых многороликовых дифференциальных раскатниках, мм**

	Диаметр обрабатываемых отверстий	D	d	L	R
	25...38	6	5,486	20	2
	40...105	9	8,215	30	3
	110...250	12	11,084	35	4

\* Размер для справок.



**Рис. П.42. Нормализуемые конструкции пяти типов дифференциальных раскатников**

Ролики 1 (рис. П.42, тип V), находясь под натягом, в процессе раскатывания катятся от трения с обрабатываемой поверхностью, опираясь на опорный конус 2, воспринимающий реактивную силу раскатывания. Не имея принудительной оси вращения, ролики фиксируются в требуемом положении относительно заго-

товки сепаратором 3 трубчатой формы, в окнах которого они расположены. Необходимый задний угол вдавливания роликов определяется соотношением конусности роликов и опорного конуса.

Диаметральный размер раскатников регулируется в пределах лишь нескольких десятых миллиметра перемещением сепаратора с роликами вдоль опорного конуса. Положение упорного подшипника 4, соответствующее заданному диаметру, фиксируется гайкой 5. В ряде раскатников используются винтовые пружины. Они подтягивают сепаратор до контакта с подшипником для восстановления рабочего диаметрального размера. Это позволяет применять дифференциальные раскатники на станках с вертикальной осью шпинделя.

Наиболее эффективны дифференциальные раскатники с коническими роликами простейшей формы трех типоразмеров (табл. П.5); ролики изготавливают из стали ШХ15 и закаливают до 62...64 HRC.

### П.5. Типоразмеры нормализуемых многороликовых дифференциальных раскатников

Параметр	Тип раскатки (см. рис. П. 42)				
	I	II	III	IV	V
Диапазон диаметров обрабатываемых отверстий, мм	25...29	30...35	36...80	85...135	140...250
Количество типоразмеров рядов диаметров:					
основного	2	3	16	10	12
дополнительного	1	1	5	1	4
Всего типоразмеров	3	4	21	11	16

Особенностью конструкции раскатника типа III является наличие в сепараторе сменной хромированной пяты, в которую хвостовой частью упирается ролик. Это повышает долговечность наиболее дорогой и трудоемкой в изготовлении детали раскатчика – сепаратора. Особенностью конструкции раскатника типа IV является посадка опорного конуса на шпонку: хвостовики раскатников типа I–IV выполнены коническими с конусами Морзе.

Раскатники типа V вместо конусного хвостовика имеют оправку цилиндрической формы. Фиксация опорного конуса в осевом направлении осуществляется специальным фланцем.

Производительность раскатывания, как и обкатывания, определяется величиной подачи и скоростью раскатывания.

Обработка нормализованными дифференциальными раскатниками производится с подачами  $S \leq 0,8$  мм/рол и скоростями  $v \leq 200$  м/мин.

Увеличение подачи ограничено недопустимым возрастанием радиальных и осевых сил, а также шероховатости обрабатываемой поверхности. Увеличение скорости раскатывания ограничивается недопустимым возрастанием дисбаланса заготовки и инструмента, нагревом заготовки и раскатника.

В отдельных случаях дифференциальные раскатники выполняются двухрядными.

Для калибрования, отделки и упрочнения высокоточных отверстий в мало- и неравножестких деталях используются раскатники ударного действия, работающие с меньшими силами, чем раскатники постоянного контакта деформирующего элемента с обрабатываемой поверхностью. К ним относятся так называемые импульсные раскатники.

Принцип действия импульсных раскатников состоит в том, что деформирующие элементы – цилиндрические ролики – не находятся в постоянном контакте с обрабатываемой поверхностью, а наносят по ней частые удары. Динамическое воздействие на обрабатываемый металл позволяет при относительно малых силовых воздействиях на заготовку увеличить долю остаточной деформации в сравнении с упругой и достичь требуемого выглаживания и упрочнения без деформации по всему сечению мало- и неравножестких деталей при высокой производительности процесса.

Импульсный раскатник (рис. П.43) состоит из: оправки 1 с конусным хвостовиком, обоймы 4 для роликов, комплекта роликов 3, промежуточных колец 2 и гайки 5, удерживающей обойму с роликами. Оправка имеет гладкую направляющую и профильную рабочую часть с продольными профильными канавками под цилиндрические ролики; канавки в 3–4 раза длиннее роликов, что позволяет при износе переставлять ролики на новые участки. После использования оправки по всей ее длине можно заменить ролики другими, большего диаметра (на 0,0025 мм). Точность изготовления раскатника: допуск на диаметр рабочей части и на расстояние между профильными канавками 0,025 мм, допуск на несоосность рабочей канавки оправки и хвостовика 0,020 мм, допуск на конусообразность и эллиптичность рабочей поверхности оправки 0,005 мм.

Оправку и ролики изготавливают из стали ШХ12, обойму – из стали 40Х, кольца – из стали У10А; все детали подвергают закалке. Твердость оправки, роликов и колец 61...64 HRC, а обоймы – 28...32 HRC. Во избежание срезания металла при вводе роликов в обрабатываемое отверстие на их торцовых поверхностях созданы фаски шириной 1,5...2,0 мм под углом 5°. Пластическое деформирование металла происходит следующим образом: ролики введенного в отверстие раскатника на какой-то момент заклиниваются между поверхностями

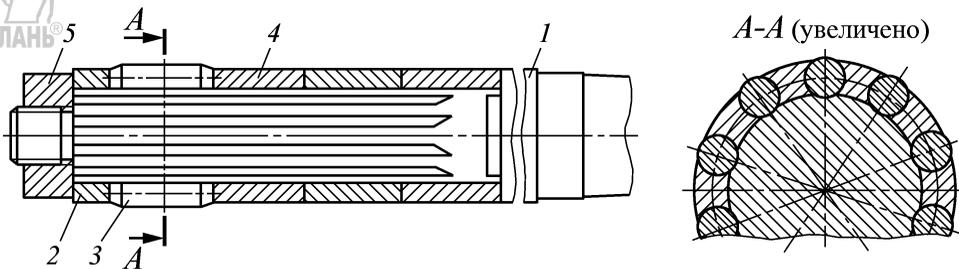


Рис. П.43. Импульсный раскатник ударного действия для обработки отверстий  $\varnothing 35^{+0,027}$  мм

отверстия и канавок оправки и, соскакивая с выступа, с силой ударяют по заготовке. Частота ударов в минуту равна числу оборотов шпинделя, умноженному на количество роликов в раскатнике.

Величина подачи импульсного раскатника при калибровании отверстий в чугуне равна 20 мм/мин, в стали – 30...40 мм/мин. Для достижения в результате раскатывания  $Ra = 0,63$  мкм предварительная обработка тонким растачиванием и развертыванием должна быть выполнена с параметром шероховатости  $Ra$ , не превышающим 1,5...7,5 мкм при обработке чугуна и 2...2,5 мкм – при обработке стали; припуск под раскатывание отверстий в чугуне не должен превышать 0,025...0,035 мм, а в стали – 0,035...0,050 мм. Превышение этих значений может привести к перенаклепу приповерхностных слоев обрабатываемого металла и их разрушению.

### 5.3. Обработка одно- и многошариковыми раскатниками

Эти раскатники отличаются отсутствием принудительной оси вращения шариков и соответственно их проскальзывания, малой площадью контакта шарика с обрабатываемой поверхностью. Шариковые раскатники в основном выполняются упругого действия. При их применении размер изменяется, а геометрическая форма отверстия практически остается неизменной.

Одношариковый вибронакатник упругого действия показан на рис. П.44. Он устанавливается в суппорте токарного станка типа 1К62. Корпус раскатника сварной и состоит из трех частей: втулки 10, угольника 21 и основания 22; на основании корпуса установлен электродвигатель 23 ( $n = 1400$  мин<sup>-1</sup>;  $N = 0,4$  кВт). Вращение вала электродвигателя с помощью сменного эксцентрика 16 преобразовывается в возвратно-поступательное движение штока 7 с шариковой головкой. Шариковая головка состоит из рабочего шарика 4, опирающегося на пружинное кольцо шарикоподшипника 5. На оси 6, запрессованной в корпусе (при работе шариками диаметром более 6 мм), вместо подшипника может быть установлен фторопластовый подпятник. Сепаратор 3 удерживает шарик от выпадания. Резьбовое кольцо 2 фиксирует положение, которое должно обеспечить свободное вращение шарика без проскальзывания при минимальном зазоре между ним и стенками отверстия сепаратора. Хвостовиком шариковая головка устанавливается в отверстии штока 7 и закрепляется винтом 1. Штифтом 13 шток шарнирно соединен с втулкой 9. Поворот штока на оси ограничен с одной стороны винтом 8 и с другой – наконечником 18, передающим силу тарированной пружины на шток. Втулка 9 посредством оси 14 и регулируемой по длине тяги 15 связана со сменным эксцентриком 16, сидящим на валу электродвигателя. Крутящий момент от вала передается на эксцентриковую втулку через шпонку 17.

При вращении вала электродвигателя втулка 9, а вместе с ней шток 7 с шариковой головкой совершают возвратно-поступательное движение параллельно оси вращения обрабатываемой заготовки с числом двойных ходов, равным числу оборотов вала, и длиной хода, равной эксцентриситету эксцентрика 16. Винт 11 предотвращает поворот втулки 9 в направляющих вкладышах 12.

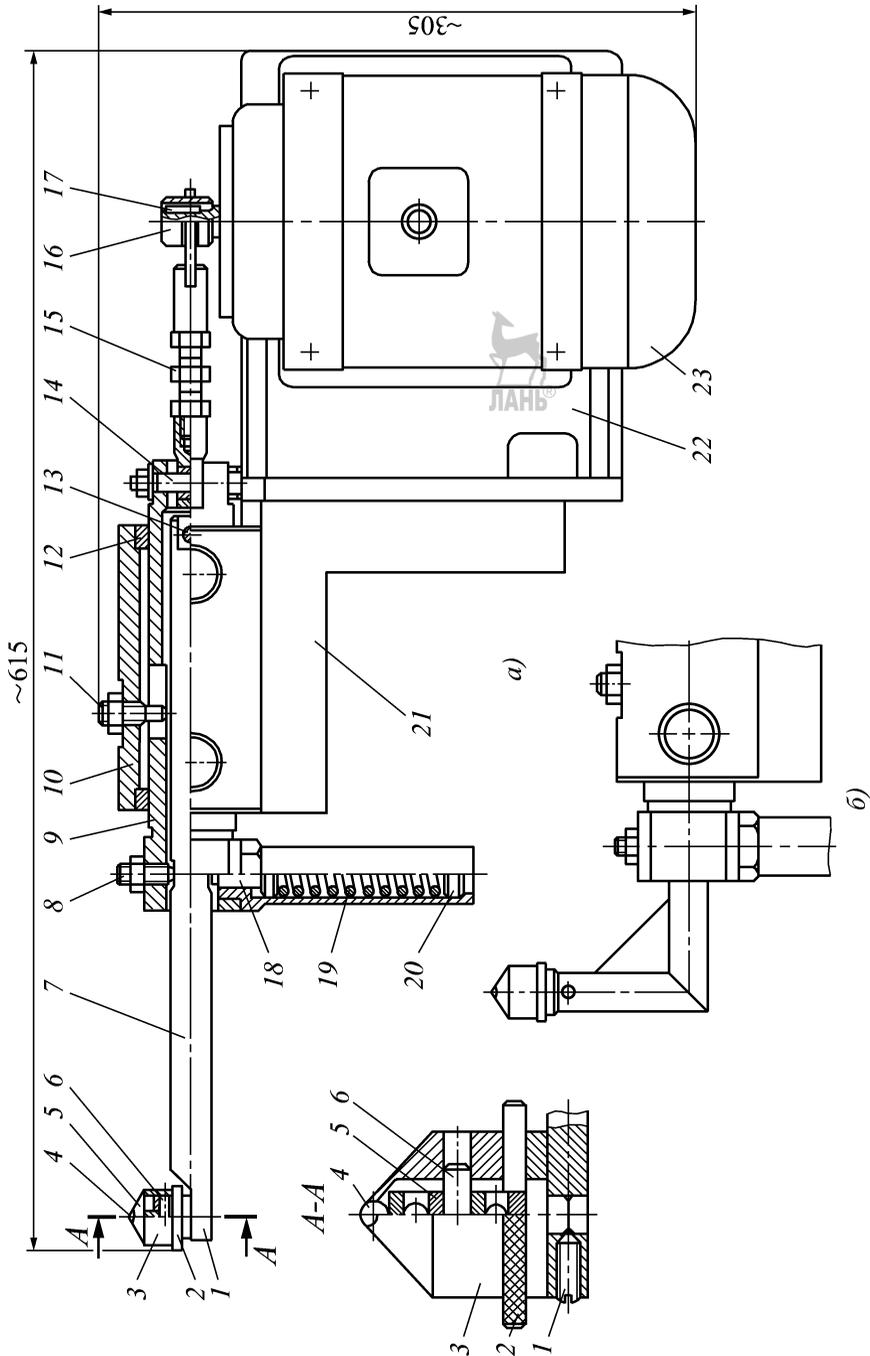


Рис. П.44. Одношариковый раскатник для вибрационного раскатывания (а);  
приставка для вибрационного раскатывания наружных  
цилиндрических поверхностей (б)

Сила вдавливания шарика в заготовку определяется степенью сжатия тарированной пружины 19 и зависит от соотношения расстояний между осью шарика и осью наконечника 18 до оси штифта 13. Рычаговая пробка 20 служит для предварительного сжатия пружины. Окончательная установка на необходимое для раскатывания давление выполняется дополнительным перемещением всей виброголовки в направлении, перпендикулярном оси вращения заготовки; при этом шток 7 отходит от головки винта 8. Раскатник в данном исполнении предназначен для обработки отверстий диаметром от 20 мм и более, длиной до 125 мм. Заменяв шарик алмазным сферическим наконечником, можно виброраскатывать отверстия диаметром от 6...8 мм, а сменив шток 7 на более длинный и жесткий – отверстия длиной до 300 мм и более.

Многошариковые раскатники для гладкого раскатывания (без образования РМР) выполняются жесткими и упругими, нерегулируемыми и регулируемыми. Жесткие раскатники требуют более точной установки и выверки заготовок и раскатников на станке. Их следует применять лишь в тех случаях, когда отделка и упрочнение поверхности отверстий сочетаются с повышением их точности путем калибрования.

Многошариковые жесткие раскатники приведены на рис. П.45. На рис. П.45, а показана конструкция жесткого раскатника. Он состоит из корпуса 5 с хвостовиком, опорного стержня 3, закрепляемого в корпусе двумя шпильками 4, и обоймы 1 с шариками 2. Конструкция предусматривает возможность раскатывания с подачей инструмента лишь в одном направлении, при котором обойма 1 упирается уступом в торец корпуса 5, а шарик лежит на цилиндрической поверхности стержня 3. Диаметр стержня 3 определяет рабочий размер раскатника. Более совершенным является жесткий раскатник, показанный на рис. П.45, б. Он состоит из: стального корпуса 2, опорных подшипников 6,

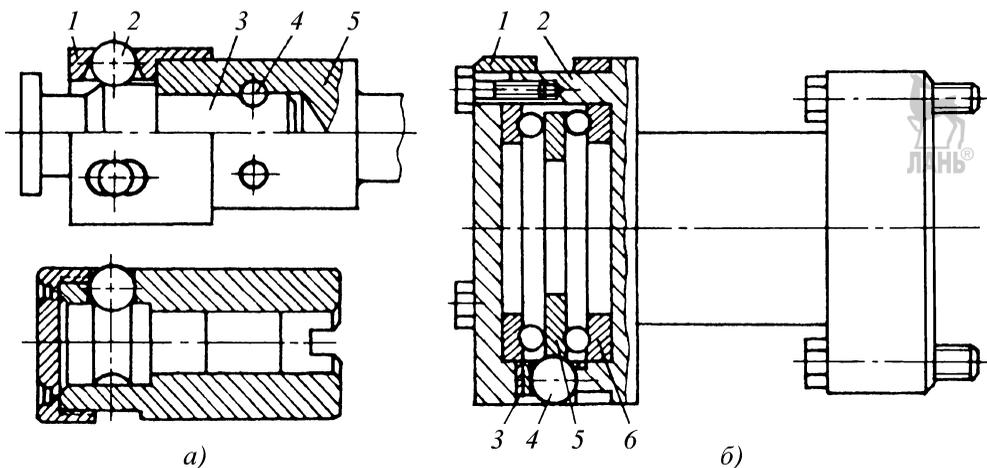
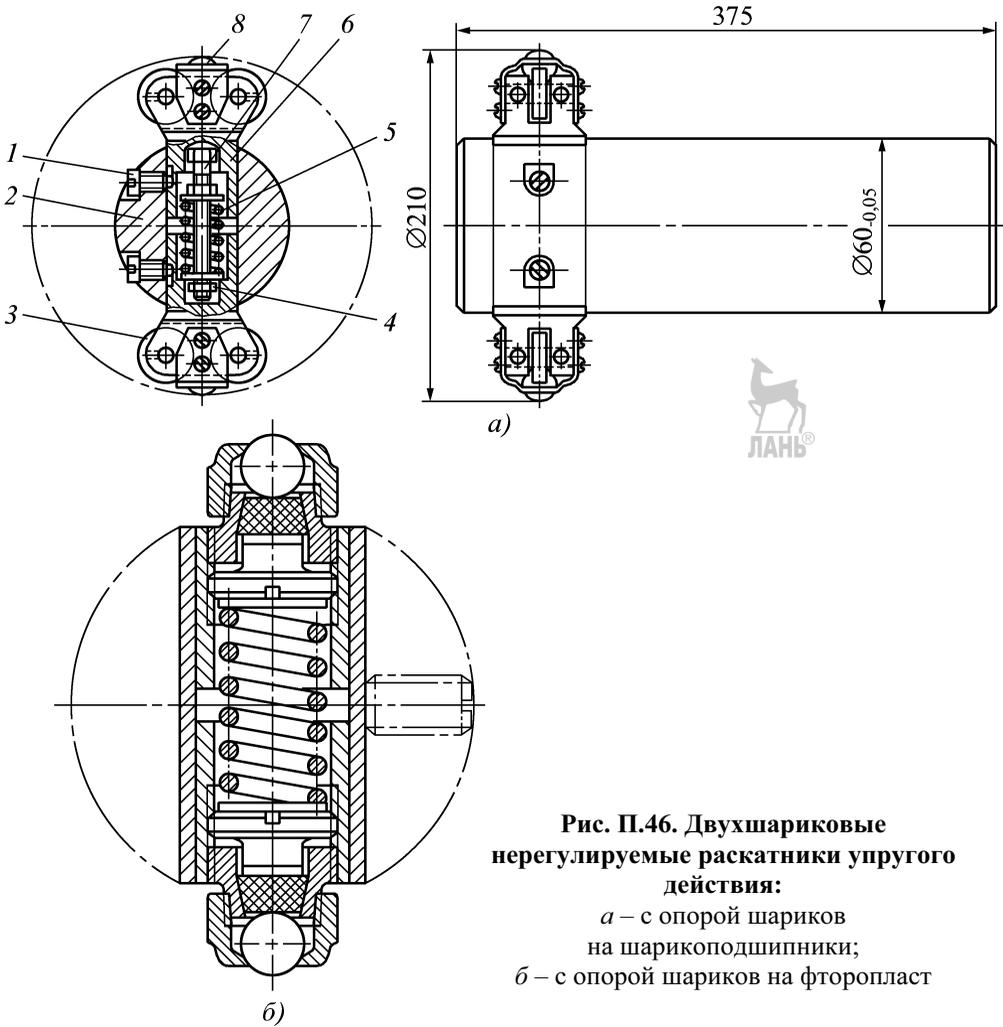


Рис. П.45. Многошариковые жесткие раскатники со сменными опорами:  
а – стержнями; б – дисками



**Рис. П.46. Двухшариковые нерегулируемые раскатники упругого действия:**

- a* – с опорой шариков на шарикоподшипники;  
*б* – с опорой шариков на фторопласт

опорного диска 5, шариков 4, бронзовых втулок 3 и крышки 1. Перепад размеров сменных дисков и их число определяются степенью точности предварительной и окончательной обработки отверстий. Такие раскатники применяют для чистой обработки отверстий диаметром 42...250 мм с целью калибрования и отделки.

Двухшариковый нерегулируемый раскатник упругого действия (рис. П.46, *a*) состоит из круглой оправки 2, в поперечном прямоугольном пазу которой расположены две колодки 6 с шариковыми головками с опорой каждого шарика 8 на два шарикоподшипника 3. В глухие отверстия колодок входит болт 7 с тарированной пружиной 5. Пружина предварительно сжата гайками 4 и распирает колодки в обе стороны от центра, создавая требуемую силу раскатывания; перемещение колодок ограничено винтами 1. Заменяя оправку и пружину, можно использовать одни и те же колодки с шариковыми головками для обработки отверстий различного диаметра и длины.

Вместо шарикоподшипников можно использовать фторопластовые подпятники (рис. П.46, б). Это обеспечивает малый коэффициент трения и достаточную износостойкость (при работе шариками диаметром более 6 мм). При работе шариками меньшего диаметра удельные давления столь значительны, что (даже при чистовой обработке давлением) может произойти разрушение, т.е. расслаивание фторопласта.

Двухшариковый регулируемый раскатник упругого действия показан на рис. П.47. Он состоит из корпуса 1, в котором расположены две одинаковые шариковые головки. Проворот последних предотвращается стопорными винтами. Головки закрепляются в пружинящей части корпуса винтами. Каждая головка состоит из стакана 3, в котором перемещается вилка 11, поджимаемая тарированной пружиной 5. Натяг пружины регулируется резьбовой пробкой 2. Винт 4 ограничивает ход втулки и предохраняет ее от проворота вокруг оси. Опорой шарика 6 служит шарикоподшипник 8, установленный на оси 9. Колпачок 7 (из бронзы), удерживающий шарик от выпадания, контрится гайкой 10.

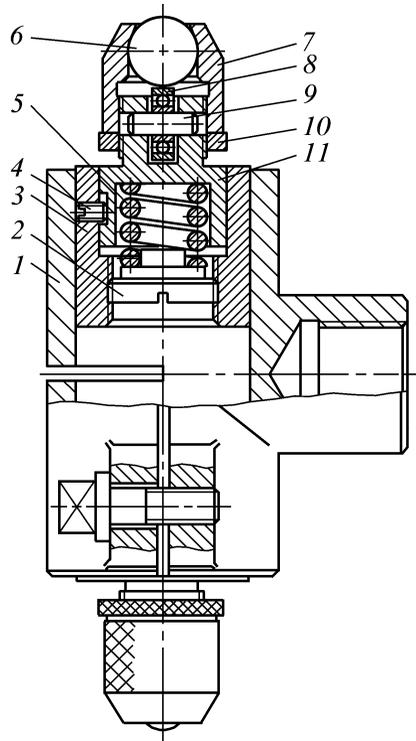


Рис. П.47. Двухшариковый регулируемый раскатник упругого действия

На рис. П.48, а показан трехшариковый раскатник упругого действия с опорой шариков на диски для обработки отверстий диаметром 30...60 мм.

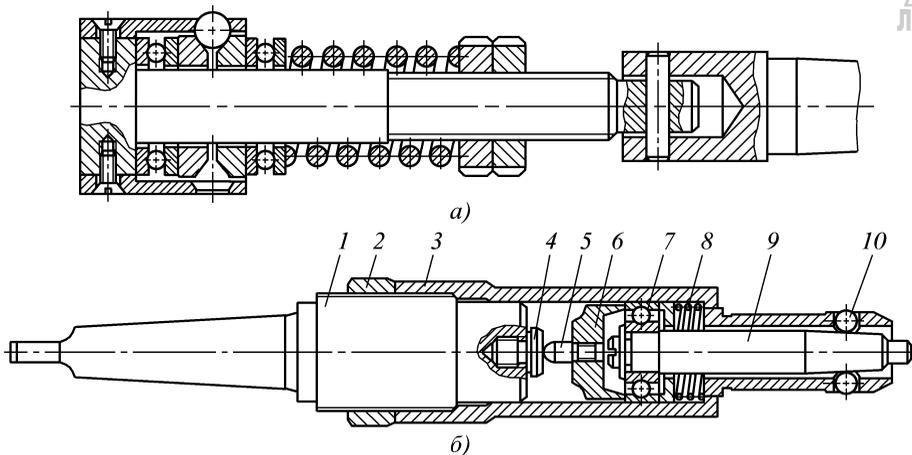


Рис. П.48. Многошариковые раскатники упругого действия

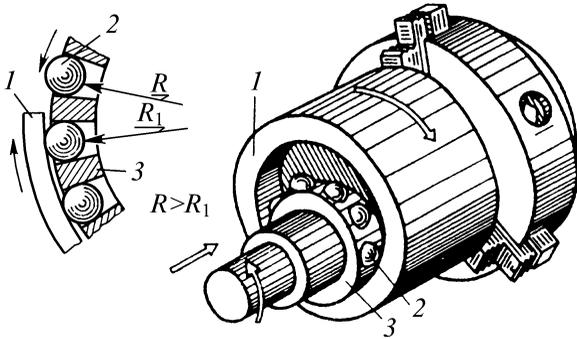


Рис. П.49. Схема обработки многошариковым центробежным раскатником упругого действия

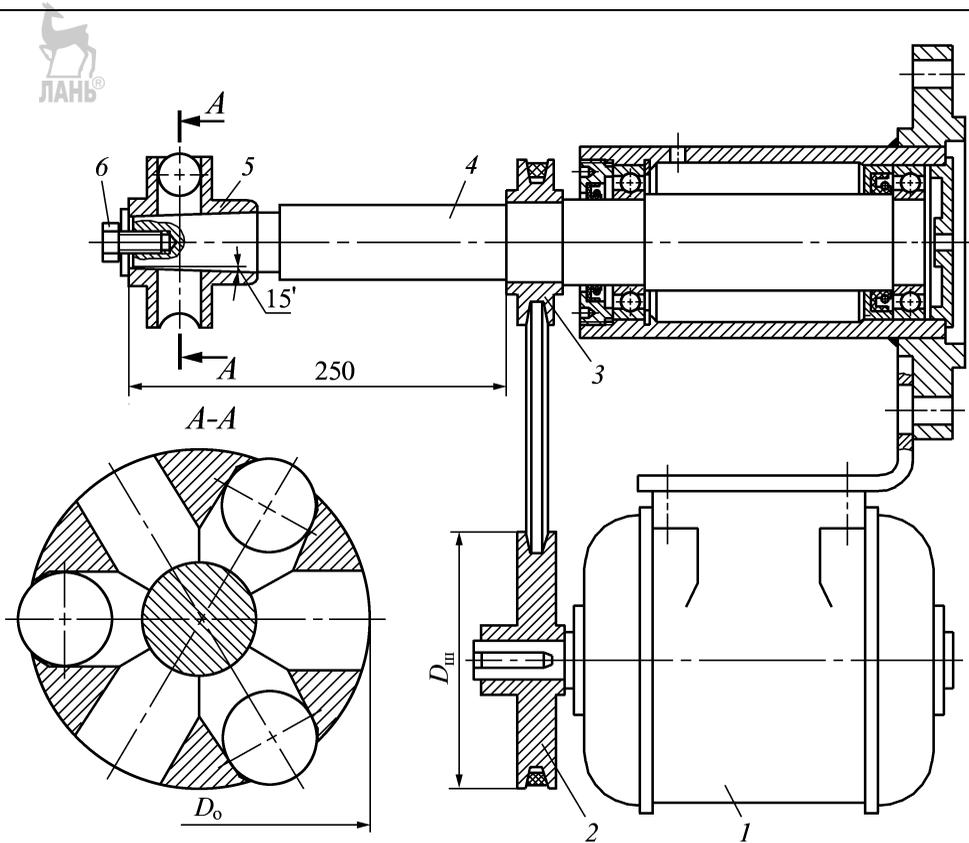
Многошариковый раскатник упругого действия (рис. П.48, б) с опорой шариков 10 на жесткий опорный конус 9 состоит из оправки 1, на которую навинчен корпус 3, контящийся гайкой 2; вставлен в корпус стакана б с шарикоподшипником 7 и пружиной 8. Регулировка на требуемую силу осуществляется сжатием пружины при навинчивании корпуса на оправку. Осевая составляющая силы раскатывания воспринимается штырем 5, опирающимся на ввинченную в оправку пята 4. Раскатник применяется для отделки и упрочнения отверстий диаметром 15...30 мм.

Значение параметров режима при обработке стали шариковыми раскатниками упругого действия приведены в табл. П.6.

### П.6. Значение параметров режима при обработке стали шариковыми раскатниками упругого действия

Параметр	Пределы диаметров обрабатываемых отверстий, мм			
	30...60	60...130	130...160	160...400
Сила раскатывания, Н	300	600	700	800
Подача, мм/об	0,15...0,25	0,2...0,3	0,3...0,5	
Скорость раскатывания, м/мин	50...60			
Параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм:	исходный			
	5...2,5			
достигаемый	0,16...0,3	0,32...0,63		

Центробежный многошариковый раскатник ударного действия работает по схеме, показанной на рис. П.49. Он используется для обработки отверстий различного диаметра на токарных станках с помощью специальных головок. В отверстие заготовки 1, вращающейся с относительно небольшой окружной скоростью (15...20 м/мин), вводится вращающийся с большой скоростью (20...30 м/с) диск с шариками 2, свободно расположенными в гнездах сепаратора 3. Диаметр диска по шарикам меньше диаметра обрабатываемого отверстия. Под действием центробежной силы шарика перемещаются от центра, приходят в соприкосновение



**Рис. П.50. Многошариковый центробежный раскатник  
упругого действия со сменными головками**

с обрабатываемой поверхностью и наносят по ней большое число ударов. Кинематическая энергия последних определяется скоростью вращения диска, массой шарика и величиной натяга, равной разности радиусов  $R$  и  $R_1$ . Применение центробежных раскатников эффективно для упрочнения и отделки отверстий в заготовках тонкостенных маложестких деталей. Достигается повышение поверхностной твердости стальных деталей на 20...50 % в сравнении с исходной и снижение параметра шероховатости (с  $Ra = 2,5$  мкм до  $Ra = 0,63$  мкм). Достоинством способа обработки является универсальность и возможность отделки и упрочнения прерывистых поверхностей. Недостаток – относительно малая производительность, обусловленная малыми подачами (0,04...0,10 мм/об) при окружной скорости заготовок в пределах 15...25 м/мин.

Центробежный многошариковый раскатник непрерывного действия (рис. П.50) оснащен сменными шариковыми головками. Его устанавливают на суппорте токарного станка. От электродвигателя 1 через шкивы 2 и 3 вращательное движение передается на шпиндель 4 шариковой головки. На конусном конце последней закреплен болтом 6 сменный корпус 5 шариковой головки с тремя шариками. Шарика свободно размещены в радиальных пазах, которые

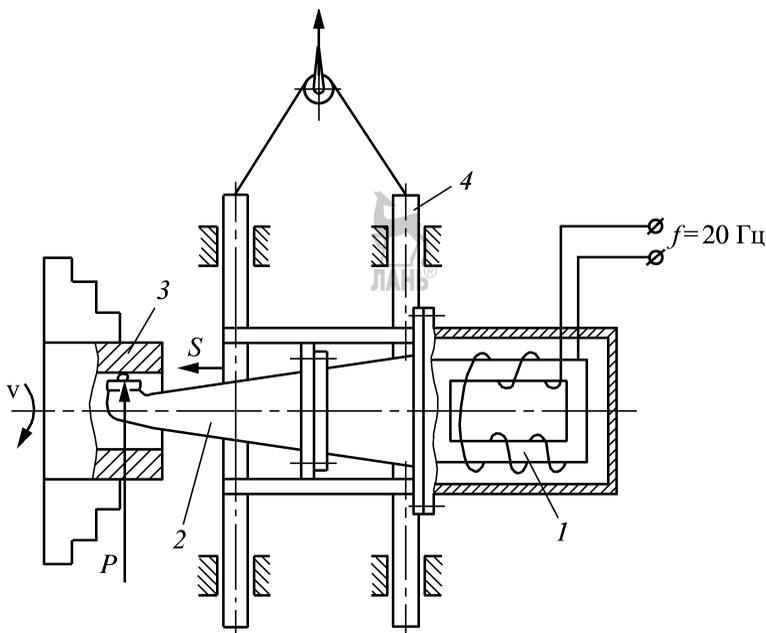


Рис. П.51. Схема ультразвукового одношарикового раскатника

смещены по высоте относительно друг друга на 1 мм. Выпадение шариков предотвращено развальцовкой наружного края отверстий, которая выполнена так, что шарики выступают из корпуса не более чем на 2,5 мм.

Ультразвуковая обработка отверстий с целью их отделки и упрочнения осуществляется ультразвуковым раскатником (рис. П.51).

Магнитострикционный преобразователь 1 устанавливается в специальном приспособлении на суппорте токарного станка с направляющими 4, расположенными перпендикулярно оси вращения обрабатываемой заготовки 3. Концентратор 2 за счет смещения массы частично преобразует продольные колебания в радиальные (нормальные относительно упрочняющей поверхности). Ультразвуковое раскатывание обеспечивает повышение микротвердости поверхности отверстия на 25...30 % по сравнению с исходной.

## Приложение 2. ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

### ВВЕДЕНИЕ

Токарная обработка металлов может сопровождаться наличием ряда вредных и опасных производственных факторов, к числу которых относятся:

- электрический ток;
- мелкая стружка и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости;
- отлетающие кусочки металла;
- высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструментов;
- повышенный уровень вибрации;
- движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;

– недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блескости, повышенная пульсация светового потока.

Токари при производстве работ согласно имеющейся квалификации обязаны выполнять требования безопасности, изложенные в настоящей типовой инструкции.

В случае невыполнения положений настоящей типовой инструкции работники могут быть привлечены к дисциплинарной, административной, уголовной и материальной ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации в зависимости от тяжести последствий.

### 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. К самостоятельной работе на токарных станках допускается обученный персонал, прошедший медицинский осмотр, инструктаж по охране труда на рабочем месте, ознакомленный с правилами пожарной безопасности и усвоивший безопасные приемы работы.

1.2. Токарю разрешается работать только на станках, к которым он допущен, и выполнять работу, которая поручена ему администрацией цеха.

1.3. Рабочий, обслуживающий токарные станки, должен иметь: костюм хлопчатобумажный или полукOMBинезон, очки защитные, ботинки юфтевые.

1.4. Если пол скользкий (облит маслом, эмульсией), рабочий обязан потребовать, чтобы его посыпали опилками, или сделать это сам.

1.5. Токарю запрещается:

– работать при отсутствии на полу под ногами деревянной решетки по длине станка, исключающей попадание обуви между рейками и обеспечивающей свободное прохождение стружки;

– работать на станке с оборванным заземляющим проводом, а также при отсутствии или неисправности блокировочных устройств:

– стоять и проходить под поднятым грузом;

– проходить в местах, не предназначенных для прохода людей;

– заходить без разрешения за ограждения технологического оборудования;

– снимать ограждения опасных зон работающего оборудования;

– мыть руки в эмульсии, масле, керосине и вытирать их обтирочными концами, загрязненными стружкой.

1.6. О каждом несчастном случае токарь обязан немедленно поставить в известность мастера и обратиться в медицинский пункт.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ

### 2.1. Перед началом работы токарь обязан:

- принять станок от сменщика: проверить, хорошо ли убраны станок и рабочее место. Не следует приступать к работе до устранения выявленных недостатков;
- надеть спецодежду, застегнуть рукава и куртку, надеть головной убор, проверить наличие очков;
- проверить наличие и исправность защитного кожуха зажимного патрона, защитного экрана, предохранительных устройств защиты от стружки, охлаждающих жидкостей;
- отрегулировать местное освещение так, чтобы рабочая зона была достаточно освещена и свет не слепил глаза;
- проверить наличие смазки станка. При смазке следует пользоваться только специальными приспособлениями;
- проверить на холостом ходу станка: а) исправность органов управления; б) исправность системы смазки и охлаждения; в) исправность фиксации рычагов включения и переключения; г) срабатывание защиты – патрон должен остановиться при откинутах кожухе, станок не должен включиться, пока кожух не будет поставлен в исходное положение.

### 2.2. Токарю запрещается:

- работать в тапочках, сандалиях, босоножках и т.п.;
- применять неисправные и неправильно заточенные режущие инструменты и приспособления;
- прикасаться к токоведущим частям электрооборудования, открывать дверцы электрошкафов. В случае необходимости следует обращаться к электромонтеру.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

### 3.1. Во время работы токарь обязан:

- устанавливать и снимать тяжелые детали со станка только с помощью грузоподъемных средств;
- не опираться на станок во время его работы и не позволять делать это другим;
- поданные на обработку и обработанные детали укладывать устойчиво на подкладках;
- при возникновении вибрации остановить станок, проверить крепление заготовки, режущего инструмента и приспособлений, принять меры к устранению вибрации;
- при обработке деталей из металлов, дающих ленточную стружку, пользоваться стружколомателем;
- остерегаться наматывания стружки на обрабатываемую деталь или резец и не направлять вьющуюся стружку на себя;
- для удаления стружки со станка использовать специальные крючки и щетки-сметки;
- остановить станок и выключить электрооборудование в следующих случаях: а) уходя от станка даже на короткое время; б) при временном прекращении работы; в) при перерыве в подаче электроэнергии; г) при уборке, смазке, чистке станка; д) при обнаружении какой-либо неисправности, которая грозит опасностью; е) при подтягивании болтов, гаек и других крепежных деталей;
- в кулачковом патроне без подпоры задней бабки можно закреплять только короткие, длиной не более 2 диаметров, уравновешенные заготовки; в других случаях для подпоры следует пользоваться задней бабкой;
- при обработке в центрах деталей длиной, равной 12 диаметрам и более, а также при скоростном и силовом резании деталей длиной, равной 8 диаметрам и более, применять дополнительные опоры (люнет);

- при обработке деталей в центрах проверить крепление задней бабки, смазать центр после установки изделия;
  - при работе с большими скоростями применять вращающийся центр, прилагаемый к станку;
  - при обточке длинных деталей следить за центром задней бабки;
  - следить за правильной установкой резца, использовать подкладки, равные площади резца;
  - резец зажимать с минимально возможным вылетом и не менее чем тремя болтами.
- 3.2. Во время работы на станке токарю запрещается:
- работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами без резиновых напальчников;
  - удалять стружку непосредственно руками и инструментом;
  - обдувать сжатым воздухом из шланга обрабатываемую деталь;
  - пользоваться местным освещением напряжением выше 42 В;
  - брать и подавать через работающий станок какие-либо предметы, подтягивать гайки, болты и другие соединительные детали станка;
  - тормозить вращение шпинделя нажимом руки на вращающиеся части станка или детали;
  - на ходу станка производить замеры, проверять рукой чистоту поверхности обрабатываемой детали, производить шлифовку шкуркой или абразивом;
  - находиться между деталью и станком при установке детали краном;
  - во время работы станка открывать и снимать ограждения и предохранительные устройства;
  - работать со сработанными или забитыми центрами;
  - затачивать короткие резцы без соответствующей оправки;
  - пользоваться зажимными патронами, если изношены рабочие плоскости кулачков;
  - при отрезании тяжелых частей детали или заготовок придерживать отрезаемый конец руками;
  - применять центр с изношенными или забитыми конусами. Размеры токарных центров должны соответствовать центровым отверстиям обрабатываемых деталей;
  - оставлять ключи, приспособления и другие инструменты на работающем станке.

#### **4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

- 4.1. В случае поломки станка, отказа в работе пульта управления токарь должен отключить станок и сообщить об этом мастеру.
- 4.2. В случае загорания замасленной ветоши, оборудования или возникновения пожара необходимо немедленно отключить станок, сообщить о случившемся администрации и другим работникам цеха и приступить к ликвидации очага загорания.
- 4.3. В случае появления аварийной ситуации, опасности для своего здоровья или здоровья окружающих людей следует отключить станок, покинуть опасную зону и сообщить об опасности непосредственному руководителю.

#### **5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТЫ**

По окончании работы токарь обязан:

- выключить станок и электродвигатель;
- привести в порядок рабочее место: а) убрать со станка стружку и металлическую пыль; б) очистить станок от грязи; в) аккуратно сложить заготовки и инструменты на отведенное место; г) смазать трущиеся части станка;
- сдать станок сменщику или мастеру и сообщить обо всех неисправностях станка;
- снять спецодежду и повесить ее в шкаф, вымыть лицо и руки теплой водой с мылом или принять душ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Анурьев В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. Т. 3. 2006. 847 с.
2. **Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А.** Обработка специальных материалов в машиностроении: справочник. М.: Машиностроение, 2002. 264 с.
3. **Обработка** отверстий: справочник. М.: Изд-во ИТО, 2002. 51 с.
4. **Справочник** технолога-машиностроителя: в 2 т.: справочник / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещеряковой, А.Г. Сулова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003.
5. **Производство** деталей металлорежущих станков: учеб. пособие / А.В. Мухин, О.В. Спиридонов, А.Г. Схиртладзе и др. М.: Машиностроение, 2001. 559 с.
6. **Марков Н.Н.** Метрологическое обеспечение в машиностроении. М.: Изд-во "Станкин", 1993. 319 с.
7. **Замятин В.К.** Технология и оснащение сборочного производства машиноприборостроения: Справочник. М.: Машиностроение, 1995. 607 с.
8. **Справочник** слесаря-монтажника технологического оборудования / под ред. П.П. Алексеенко, Л.А. Григорьева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2002. 671 с.
9. **Маслов А.Р.** Приспособления для металлообрабатывающего инструмента: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2002. 251 с.
10. **Протасьев В.Б.** и др. Прогрессивные конструкции затыловочных инструментов / под ред. Ю.С. Степанова. М.: Машиностроение, 2003. 223 с.
11. **Смазочно-охлаждающие** технологические средства и их применение при обработке резанием: справочник / под общ. ред. Л.В. Худобина. М.: Машиностроение, 2006. 544 с., ил.
12. **Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю.** Станочник широкого профиля. М.: Высш. шк., 1989. 456 с.
13. **Схиртладзе А.Г.** Работа оператора на станках с программным управлением. М.: Высш. шк. 1990. 356 с.
14. **Верейна Л.И., Усов Б.А.** Конструкция и наладка токарно-затыловочных станков. М.: Высш. шк., 1980. 216 с.
15. **Пекелис Г.Д., Гельберг Б.Т.** Технология ремонта металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1984. 194 с.
16. **Режимы** резания труднообрабатываемых материалов: справочник. М.: Машиностроение, 1976. 176 с.
17. **Технический** справочник от SANDVIK Coromant: руководство по металлообработке, М., 2005.
18. **Общий** каталог металлорежущего инструмента ISCAR Member IMC Group, М., 2005.
19. **Обработка металлов** резанием: справочник технолога / под ред. А.А. Панова. М.: Машиностроение, 2003. 762 с.
20. **Оптимизация** технологических условий механической обработки деталей авиационных двигателей / В. Ф. Безъязычный, Т. Д. Кожина, А. В. Константинов и др. М.: Изд-во МАИ, 1993. 184 с.